



## РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Технології машинобудування
Статус дисципліни	Вибіркові освітні компоненти
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Приходько Василь Петрович, <a href="mailto:prykhodko.vasyi@kpi.ua">prykhodko.vasyi@kpi.ua</a> 095-679-1-697 Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент Приходько Василь Петрович Лабораторні:
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NDU0Mjk1Mjl4MDIz">https://classroom.google.com/c/NDU0Mjk1Mjl4MDIz</a>

#### Програма навчальної дисципліни

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

"Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів" є прикладною дисципліною технологічного спрямування, яка вивчає методологію розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів (ТП) обробки деталей та її використання для прогнозування і оцінки можливостей технологічних процесів забезпечити необхідну точність оброблюваних деталей, а, при необхідності, і для знаходження шляхів їх вдосконалення. Вона відноситься до циклу професійної підготовки.

**Предметом** вивчення дисципліни "Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів" є методологія та основні алгоритми розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів (ТП) обробки деталей та їх використання студентами при проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей машин що надійно забезпечуватимуть задану точність, у курсовому та дипломному проектуванні, а також безпосередньо в умовах машинобудівного виробництва.

Зміст дисципліни сформовано та базується на знаннях, одержаних при вивченні таких дисциплін: "Технологія машинобудування", "Технологічні процеси для верстатів з ЧПУ", "Технологічна оснастка", "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання", "Проектування технологічних процесів".

**Метою** викладання дисципліни "Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів" є формування у студентів необхідного рівня знань та практичних здатностей з розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів обробки деталей для забезпечення розробки ефективних і надійних технологічних процесів. Для досягнення поставленої мети розглядаються методи і способи представлення структури розмірних зв'язків технологічних процесів, побудови та розрахунку операційних розмірних ланцюгів, їх використання при моделюванні та аналізі технологічних процесів, а також при розрахунках окремих технологічних параметрів.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для вивчення даної дисципліни необхідно вивчити наступні дисципліни: "Технологія машинобудування", "Технологічні процеси для верстатів з ЧПУ", "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання", "Проектування технологічних процесів". Ця дисципліна є однією із базових дисциплін для проектування ТП, а також для подальшої діяльності на виробництві.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Розподіл навчальних годин за семестрами і видами навчальних занять

Семестр	Всього, год	Розподіл за семестрами та видами занять, год.								Семестр атестац.
		Лекції	Практ. занят	Семінари	Лабор. занят.	Комп'ютерн. практикум	Контрольні роботи (кільк.)	СРС		
								Всього	У т.ч. на виконання ІСЗ(інд. практ. робота)	
2	180	36	36	–	-	-	1	108	38	Екз.
Всього	180	36	36	–	-	-	1	108	38	

Найменування розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять, год.						
	Всього	Лекції	Практичні	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Семестр 2</b>							
<b>Розділ 1</b> <i>ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ</i>							
Тема 1.1. Розмірне моделювання – його цілі та роль у розробленні технологічних процесів	4	2					2
<b>Розділ 2</b> <i>МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ</i>							

<i>ПРОЦЕСІВ</i>							
Тема 2.1. Основи теорії побудови та розрахунку розмірних ланцюгів (РЛ)	16	4	6				6
Тема 2.2. Основні етапи розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів	6	2					4
Тема 2.3. Підготовка та представлення ТП для проведення розмірного моделювання	12	2	4				6
Тема 2.4. Оцінка прогностичних величин параметрів точності технологічних розмірів оброблюваних деталей	24	6	6				12
<b>Розділ 3.</b> <i>РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ</i>							
Тема 3.1. Методи представлення структури розмірних зв'язків ТП та їх використання в розмірному аналізі	16	6	4				6
Тема 3.2. Розрахунок розмірних параметрів технологічного процесу. Основні залежності та алгоритми розрахунків.	28	6	8				14
Тема 3.3. Моделювання та аналіз точності розташування поверхонь	16	4	2				10
Тема 3.4. Автоматизація розмірного моделювання технологічних процесів із використанням ПЕОМ	16	2	4				10
Тема 3.5. Приклади виконання розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів оброблення деталей	4	2	2				
Індивід. практична робота	38						38
Всього:	150	36	36				78

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Основна література

1. Приходько В.П. РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» – Електронні текстові дані (1 файл: pdf.- 15.2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с. Доступ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826>
2. Рудь В.Д., Герасимчук О.О., Маркова Т.П. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій. Навч. посібник.- Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2008 - 344с.
3. Кравченко, Л. С. К78 Розмірний аналіз при проектуванні, виготовленні і складанні [Електронний ресурс] : навч. посібник для студ. машинобудівних спеціальностей / Л. С. Кравченко: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» - Електронні текстові дані - Харків : НТУ «ХПІ», 2009 - 356 с. ISBN 978-966-593-750-0
4. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. Київ. 1993. Міносвіти України, інститут системних досліджень освіти України.

### Додаткова література

5. Зелинский А.Н. Основы математического моделирования. Учебное пособие. Киев:УМКВО, 1991 - -233с.
6. Кравченко, Л. С. К78 Розмірний аналіз при проектуванні, виготовленні і складанні [Електронний ресурс] : навч. посібник для студ. машинобудівних спеціальностей / Л. С. Кравченко: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» - Електронні текстові дані - Харків : НТУ «ХПІ», 2009 - 356 с. ISBN 978-966-593-750-0
7. Приходько В.П. Використання матриць для представлення структури технологічних процесів при розмірному моделюванні і аналізі. Праці міжнародної науково-технічної конференції.т II, НТУУ, Київ,1998,с. 139-145.
- 8.Бондаренко С.Г. и др. Размерный анализ конструкций. Справочник. К.:Техника, 1989 - 150с.
- 9.Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування. Навчальний посібник. К.:ІСДО,1996 - 300с.
10. Якимов А.В., Линчевский П.А., Якимов А.А. Обоснование маршрута обработки и размерный анализ технологических процессов. Учебное пособие. Киев: УМКВО, 1993 - 128с.

*Зазначається: базова (підручники, навчальні посібники) та додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни.*

*Можна надати рекомендації та роз'яснення:*

- *де можна знайти зазначені матеріали (бібліотека, методичний кабінет, інтернет тощо);*
- *що з цього є обов'язковим для прочитання, а що факультативним;*
- *як саме студент/аспірант має використовувати ці матеріали (читати повністю, ознайомитись тощо);*
- *зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни.*

Бажаємо зазначити не більше п'яти базових джерел, які є вільно доступними, та не більше 20 додаткових.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

#### 5.1. Лекційні заняття

##### Розділ I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

*Тема 1.1 Розмірне моделювання – його цілі та роль у розробленні технологічних процесів*

**Лекція 1. Розмірне моделювання – його цілі та роль у розробленні технологічних процесів.**

Предмет, зміст і завдання дисципліни. Мета, завдання та місце розмірного моделювання та аналізу (РМА) у розробленні технологічних процесів. Актуальність і можливості використання РМА на сучасному етапі розвитку машинобудування. Взаємозв'язок РМА з іншими методами прогнозування та оцінки точності технологічних процесів. Структурно – логічна схема дисципліни.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література: (1,2,3,4)

Завдання на СРС: уявити мету, завдання та місце розмірного моделювання і аналізу (РМА) при розробці технологічних процесів.

##### Розділ II. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*Тема 2.1. Основи теорії побудови та розрахунку розмірних ланцюгів (РЛ)*

**Лекція 2. Основи теорії побудови та розрахунку розмірних ланцюгів (РЛ).**

Основні поняття, визначення, ланки розмірних ланцюгів (РЛ), умовні позначення. Класифікація РЛ за характером розміщення ланок (лінійні, плоскі, просторові, кутові) та за призначенням (конструкторські, технологічні, вимірвальні). Правила побудови розмірних ланцюгів .

**Лекція 3. Методи та основні залежності для розрахунку РЛ**

Позначення параметрів розмірів та основні залежності для розрахунку РЛ. Методи розрахунку допусків (полів розсіювання) замикаючих ланок (методи максимуму-мінімуму та ймовірнісний), особливості їх використання.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація..

Література : (1,2,3,4);

Завдання на СРС: вивчити основні поняття, визначення, ланки розмірних ланцюгів (РЛ), методику побудови та основні залежності для розрахунку РЛ.

*Тема 2.2. Основні етапи розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів*

**Лекція 4. Технологічні розмірні ланцюги (ТРЛ) та їх використання для розв'язання технологічних задач. Основні етапи розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів**

Технологічні розмірні ланцюги (ТРЛ), їх види - операційні розмірні ланцюги (ОРЛ), розмірні ланцюги технологічної системи (РЛ ТС). Особливі ланки ОРЛ. Окремі технологічні задачі та їх розв'язання за допомогою побудови і розрахунку розмірних ланцюгів - розрахунок припусків, визначення нерівномірності припуску та інші. Особливі ланки ОРЛ. Загальний алгоритм та основні етапи РМА технологічних процесів обробки деталей, їх зміст і послідовність виконання.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література : (1,2,3,4);

Завдання на СРС: вивчити види ТРЛ, їх застосування для розв'язання окремих технологічних задач, загальний алгоритм і основні етапи РМА технологічних процесів.

*Тема 2.3. Підготовка та представлення ТП для проведення розмірного моделювання*

**Лекція 5. Підготовка та представлення ТП для проведення РМА**

Особливості підготовки і представлення ТП для проведення РМА. Позначення та кодування поверхонь і розмірів деталей та заготовок, у тому числі, на операційних ескізах. Структура кодів поверхонь і осей. Позначення та кодування розмірів. Приклад представлення ТП для розмірного моделювання.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література : (1);

Завдання на СРС: вивчити особливості підготовки і представлення ТП для проведення РМА, позначення та кодування поверхонь і розмірів деталей та заготовок, в тому числі на операційних ескізах.

*Тема 2.4. Оцінка прогнозних величин параметрів точності оброблюваних деталей*

**Лекція 6. Прогнозування точності технологічних розмірів, що забезпечується ТП (Оцінка точності технологічних (операційних) розмірів)**

Види ТР, їх зв'язок із способами формування та залежності для розрахунку прогнозних величин полів розсіювання.

Послідовність та основні етапи розрахунку прогнозних величин полів розсіювання технологічних розмірів ( $\omega F_i$ ) з урахуванням впливу основних факторів: середньої економічної точності обробки, похибок базування та просторових відхилень технологічних баз. . Вплив просторових відхилень технологічних та настроювальних баз на величини полів розсіювання ТР, особливості їх врахування при оцінці точності розмірів.

**Лекція 7. Формалізація розрахунку похибок базування та установки заготовок на основі використання теорії РЛ**

Розрахунок похибок базування (особливості, методика побудови РЛ і розрахунку похибок). Врахування похибок установки заготовок при прогнозуванні точності ТР

### **Лекція 8. Призначення технологічних розмірів, їх представлення на операційних ескізах та оцінка точності**

Сутність взаємокомпенсації похибок технологічних розмірів. Врахування взаємокомпенсації похибок технологічних розмірів при оцінці точності конструкторських розмірів.

Приклади призначення та представлення технологічних розмірів і розрахунку прогнозних величин їх полів розсіювання ( $\omega F_i$ ).

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація та збірник завдань.

Література: (1,2,3).

Завдання на СРС: вивчити правила та особливості призначення операційних допусків розмірів, методики оцінки параметрів точності технологічних розмірів (розрахунку прогнозних величин полів розсіювання) та розрахунку похибок базування з використанням РЛ.

## **Розділ III. РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

*Тема 3.1. Методи представлення структури розмірних зв'язків технологічних процесів та їх використання в розмірному аналізі*

### **Лекція 9. Представлення розмірних зв'язків ТП за допомогою графів**

Термінологія і основні поняття теорії графів. Граф, як геометрична структура розмірних зв'язків технологічного процесу. Графи - вихідний (конструкторських розмірів і припусків), похідний (технологічних розмірів), змішаний.

Порядок і особливості побудови вихідного, похідного та змішаного графів, критерії перевірки правильності їх побудови.

### **Лекція 10. Виявлення і формування ОРЛ з використанням графів розмірних зв'язків**

Особливості представлення, за допомогою графів, розмірних зв'язків при обробленні циліндричних поверхонь. Правила формування та критерії перевірки правильності ОРЛ.

### **Лекція 11. Представлення структури розмірних зв'язків ТП за допомогою матриць та розмірних схем**

Матриця як модель структури розмірних зв'язків технологічного процесу. Порядок і особливості побудови матриць, критерії перевірки правильності їх побудови. Побудова розмірних схем лінійних розмірів і приклад їх використання для формування ОРЛ. Виявлення і побудова ОРЛ на основі розмірних схем технологічних процесів.

Області ефективного застосування різних методів представлення розмірних зв'язків при розмірному моделюванні технологічних процесів.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література: (1,2,3).

Завдання на СРС: вивчити методи представлення структури розмірних зв'язків технологічних процесів та навчитись їх використовувати для виявлення і формування ОРЛ.

### *Тема 3.2. Розрахунок розмірних параметрів технологічного процесу*

#### **Лекція 12. Методи та способи розрахунку ОРЛ, критерії і алгоритм їх вибору**

Мета розрахунку ОРЛ-визначення невідомих параметрів конструкторських і технологічних розмірів, припусків. Типи задач при розрахунку ОРЛ (пряма, обернена, змішана).

Методи розрахунку (max- min, ймовірнісний), критерії і алгоритм їх вибору. Способи розрахунку ОРЛ (відхилень, координат середин полів допусків, середніх значень, граничних значень) та області їх використання.

Алгоритми розрахунку ОРЛ (спосіб середніх значень)

Розрахунок ОРЛ способом середніх значень. Алгоритм та основні залежності для перетворення вихідних даних в середні значення.

#### **Лекція 13. Опис алгоритмів повного розрахунку ОРЛ**

Алгоритми та основні залежності, що використовуються при розв'язанні прямої (проектної) та перевіркової задач. Розрахунок ОРЛ, в яких замикаюча ланка – припуск. Використання алгоритму розв'язання прямої задачі для визначення розмірних параметрів технологічних розмірів. Використання алгоритму розв'язання перевіркової задачі для визначення розмірних параметрів конструкторських розмірів. Використання алгоритму розв'язання змішаної задачі для визначення розмірних параметрів технологічних розмірів і припусків.

#### **Лекція 14. Оцінка можливостей технологічного процесу щодо забезпечення заданої точності конструкторських розмірів**

Оцінка можливостей ТП щодо забезпечення необхідної точності конструкторських розмірів на основі розрахунку коефіцієнтів запасу точності. Можливі способи коригування технологічного процесу з метою забезпечення необхідної точності.

Приклади практичного використання алгоритмів розрахунків для визначення розмірних параметрів розмірів.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література: (1,2,4).

Завдання на СРС: вивчити методи розрахунку, алгоритми та основні залежності, що використовуються при розрахунку ОРЛ способом середніх значень, оцінку можливостей ТП щодо забезпечення необхідної точності конструкторських розмірів та способи коригування технологічного процесу для забезпечення необхідної точності.

### *Тема 3.3. Моделювання та аналіз точності розташування поверхонь*

#### **Лекція 15. Призначення операційних допусків форми і взаємного розташування поверхонь**

Визначення необхідної кількості технічних вимог розташування поверхонь на кресленнях деталей і заготовок.



Кількість ТВ для визначення положень поверхонь деталі – тіла обертання. Кількість ТВ для визначення положень поверхонь тривимірних деталей (типу паралелепіпеда).

### **Лекція 16. Побудова розмірних схем відхилень розташування поверхонь і їх використання для формування ОРЛ**

Побудова розмірних схем радіальних розмірів і їх використання для формування ОРЛ.

Побудова розмірних схем відхилень розташування поверхонь.

Побудова комбінованих розмірних схем і їх використання для формування ОРЛ.

Формування розмірних ланцюгів відхилень розташування за допомогою розмірних схем.

Побудова і розрахунок РЛ відхилень розташування поверхонь, їх аналіз і можлива корекція.

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література: (1,2,3,4).

Завдання на СРС: вивчити правила та особливості призначення операційних допусків форми і взаємного розташування поверхонь, побудови розмірних схем, формування і розрахунку ланцюгів.

*Тема 3.4. Автоматизація розмірного моделювання технологічних процесів з використанням ПЕОМ*

### **Лекція 17. Автоматизація розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів**

Актуальність, можливості та засоби автоматизації розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів. Аналіз доступних програм автоматизації розмірного аналізу технологічних процесів, їх можливості, особливості використання.

Програма автоматизації розмірного моделювання та аналізу ТП «РМА ТП v4.0». Опис побудови, загальної схеми роботи та можливостей програми «РМА ТП v4.0». Загальний алгоритм та блок-схема побудови програми «РМА ТП v4.0».

Демонстрація прикладів використання програми «РМА ТП v4.0».

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація.

Література : (1) .

Завдання на СРС: Ознайомитись з принципами побудови, можливостями та прикладами використання програми РМА ТП.

*Тема 3.5. Приклади виконання розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів обробки деталей*

### **Лекція 18. Приклади розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів оброблення деталей: тіла обертання та корпусної деталі**

РМА технологічних процесів виготовлення деталей «Вал» і «Корпус редуктора».

Вихідні дані, виявлення і класифікація замикаючих ланок (ЗЛ) розмірних ланцюгів, розрахунок необхідних параметрів розмірів. Формування таблиці вихідних даних. Представлення структури розмірних зв'язків технологічного процесу. Виявлення і побудова операційних розмірних ланцюгів (ОРЛ), визначення

послідовності їх розрахунку. Розрахунок ОРЛ, аналіз одержаних результатів, оцінка можливості забезпечення технологічним процесом заданої точності розмірів і розробка варіантів корекції ТП. Повний розрахунок ОРЛ (номінальних, граничних розмірів, їх відхилень). РМА технологічного процесу оброблення деталі «Стакан» з використанням програми «РМА ТП v4.0»

Як дидактичні засоби застосовується електронна презентація, програма «РМА ТП v4.0».

Література: (1,2,3,4).

Завдання на СРС: вивчити та освоїти практичну реалізацію алгоритму РМА на прикладах розмірного аналізу технологічних процесів оброблення деталей: тіла обертання та корпусної деталі згідно індивідуальних завдань.

## **5.2. Практичні заняття**

*Тематика та організація практичних занять повинна забезпечувати формування здатностей розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів виготовлення деталей різних типів.*

*Практичні заняття охоплюють основні теми лекційного матеріалу і розглядають питання практичного застосування отриманих знань.*

Мета виконання практичних занять – закріплення знань, одержаних в курсі лекцій та оволодіння практичними навичками виконання РМА технологічних процесів обробки деталей і експериментальної оцінки точності технологічних розмірів, що забезпечуються технологічною системою.

Цикл практичних занять передбачає виконання РМА технологічних процесів для простих різнотипних деталей (втулка, вал, простий корпус).

Практичні роботи складаються з трьох частин.

### **Ч 1. – Розмірне моделювання та аналіз технологічного процесу обробки деталі тіла обертання (Вал, вісь, втулка)**

Дана частина включає 10 практичних занять і може передбачати поетапне виконання, бригадами чи окремо кожним студентом, РМА ТП:

- 1) для лінійних розмірів;
- 2) для діаметральних розмірів і відхилень від співвісності;
- 3) для просторових відхилень взаємного розташування поверхонь.

*Практичне заняття 1.* Підготовка технологічного процесу оброблення деталі "Вісь" для проведення розмірного моделювання та аналізу.

Розроблення ТП, позначення поверхонь, розмірів, представлення операційних ескізів, варіантів технологічних розмірів. (ПЗ 1 зв'язане з темами Т2.3,2.4).

*Практичне заняття 2.* Оцінка прогнозованої точності технологічних розмірів: визначення величин полів розсіювання технологічних розмірів, що характеризують середню економічну точність; розрахунок похибок установки заготовок і просторових відхилень ТБ; розрахунок операційних допусків для всіх технологічних розмірів та технічних вимог. Призначення припусків.

(ПЗ 2 зв'язане з темою Т2.4)

*Практичне заняття 3.* Моделювання структури розмірних зв'язків ТП обробки деталі "Вісь".

Побудова розмірних схем, графів і матриць розмірних зв'язків технологічного процесу. Формування (побудова і запис рівнянь) ОРЛ.

Формування бази даних для розрахунку ОРЛ. (ПЗ 3 зв'язане з темами Т3.1)

*Практичне заняття 4.* Розрахунок ОРЛ, оцінка точності конструкторських розмірів, що забезпечуються ТП, аналіз одержаних результатів щодо можливостей розробленого ТП забезпечити задану точність. Розробка, при необхідності, варіантів корекції ТП. (ПЗ 4 зв'язане з темами Т2.1,2.2,3.2)

*Практичне заняття 5.* Підготовлення технологічного процесу оброблення деталі "Вал" для проведення розмірного моделювання і аналізу.

Розроблення ТП, позначення поверхонь, розмірів, представлення операційних ескізів, варіантів технологічних розмірів. (ПЗ 5 зв'язане з темами Т2.3,2.4).

*Практичне заняття 6.* Оцінка прогнозованої точності технологічних розмірів: визначення величин полів розсіювання технологічних розмірів, що характеризують середню економічну точність; розрахунок похибок установки заготовок і просторових відхилень ТБ; розрахунок операційних допусків для всіх технологічних розмірів та технічних вимог. Призначення припусків.

(ПЗ 6 зв'язане з темою Т2.4)

*Практичне заняття 7.* Моделювання структури розмірних зв'язків ТП обробки деталі "Вал".

Побудова розмірних схем, графів і матриць розмірних зв'язків технологічного процесу. Формування (побудова і запис рівнянь) ОРЛ.

Формування бази даних для розрахунку ОРЛ. (ПЗ 7 зв'язане з темами Т3.1)

*Практичне заняття 8.* Розрахунок ОРЛ, оцінка точності конструкторських розмірів, що забезпечуються ТП, аналіз одержаних результатів щодо можливостей розробленого ТП забезпечити задану точність. Розроблення, при необхідності, варіантів корекції ТП. (ПЗ 8 зв'язане з темами Т2.1,2.2,3.2)

*Практичне заняття 9.* Моделювання структури розмірних зв'язків ТП обробки деталі "Вал" для радіальних розмірів і відхилень від співвісності.

Побудова розмірних схем розмірних зв'язків технологічного процесу для радіальних розмірів і відхилень від співвісності. Формування (побудова і запис рівнянь) ОРЛ.

(ПЗ 9 зв'язане з темою Т3.3)

*Практичне заняття 10.* Моделювання структури розмірних зв'язків ТП обробки деталі "Вал" для просторових відхилень взаємного розташування поверхонь.

Побудова розмірних схем зв'язків технологічного процесу для просторових відхилень взаємного розташування поверхонь. Формування (побудова і запис рівнянь) ОРЛ.

(ПЗ 10 зв'язане з темами Т3.3)

## ***Ч 2. Розмірне моделювання та аналіз технологічного процесу обробки корпусної деталі***

Дана частина включає 4 практичних заняття і передбачає поетапне виконання бригадами чи окремо кожним студентом РМА ТП корпусної деталі для лінійних і радіальних розмірів одного координатного напрямку:

*Практичне заняття 11.* Підготовлення технологічного процесу оброблення деталі "Корпус" для проведення розмірного моделювання та аналізу.

Розроблення ТП, позначення поверхонь, розмірів, представлення операційних ескізів, варіантів технологічних розмірів. (ПЗ 11 зв'язане з темами Т2.3,2.4).

*Практичне заняття 12.* Оцінка прогнозованої точності технологічних розмірів: визначення величин полів розсіювання технологічних розмірів, що характеризують

середню економічну точність; розрахунок похибок установки заготовок і просторових відхилень ТБ; розрахунок операційних допусків для всіх технологічних розмірів та технічних вимог. Призначення припусків.

(ПЗ 12 зв'язане з темою Т2.4)

*Практичне заняття 13.* Моделювання структури розмірних зв'язків ТП обробки деталі "Корпус".

Побудова графів і матриць розмірних зв'язків технологічного процесу. Формування (побудова і запис рівнянь) ОРЛ.

Формування бази даних для розрахунку ОРЛ. (ПЗ 13 зв'язане з темами Т3.1,3.2)

*Практичне заняття 14.* Розрахунок ОРЛ, оцінка точності конструкторських розмірів, що забезпечуються ТП, аналіз одержаних результатів щодо можливостей розробленого ТП забезпечити задану точність. Розроблення, при необхідності, варіантів корекції ТП. (ПЗ 14 зв'язане з темами Т 2.1,3.2)

### ***ЧЗ. Автоматизація розмірного моделювання технологічних процесів з використанням ПЕОМ***

*Практичні заняття 15,16,17.* РМА ТП деталі тіла обертання з використанням програми «РМА v4» .

(ПЗ 15,16,17 зв'язані з темами Т 2.1,2.3,2.4,3.4,3.5)

*Практичне заняття 18.* Підсумкове заняття – Проведення підсумкового тесту.

#### ***5.3. СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ***

Семінарські заняття робочим навчальним планом не передбачені

#### ***5.4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ***

Лабораторні роботи робочим навчальним планом не передбачені.

#### ***5.5. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ***

Передбачено індивідуальне виконання трьох практичних робіт.

Мета виконання індивідуальних робіт - засвоєння теоретичних знань та набуття практичних навичок виконання розмірного моделювання та аналізу технологічного процесу оброблення деталі для оцінки його можливостей щодо забезпечення необхідної точності, а також розроблення шляхів його вдосконалення.

Теми індивідуальних практичних робіт – “Розмірне моделювання та аналіз технологічного процесу оброблення деталі “Втулка” (“Вал”, “Корпус”).

Графічна частина роботи:

Представлення ТП оброблення деталі, згідно з вимогами РМА – 2-3 аркуші формату А4.

Представлення розмірних зв'язків та ОРЛ, що виникають при реалізації ТП (одним із методів – граф, матриця, розмірна схема), для лінійних розмірів і технічних вимог взаємного розташування поверхонь (для 1-2х координатних напрямів) – 1-2 аркуші формату А4.

Пояснювальна записка повинна містити обґрунтування та представлення вирішення таких основних завдань:

Ескізи деталі та заготовки з позначенням поверхонь.

Підготовка і представлення ТП для проведення РМА: представлення операційних ескізів з технологічними розмірами, кодування поверхонь і розмірів. Представлення розмірних зв'язків ТП за допомогою графа. Оцінка (прогнозування) точності

технологічних розмірів, що забезпечуються ТП, та оцінка його можливостей щодо забезпечення необхідної точності конструкторських розмірів на основі формування ОРЛ. При необхідності, розробка пропозицій щодо корекції ТП. Повний розрахунок ОРЛ та визначення параметрів усіх розмірів, необхідних для реалізації та контролю ТП.

Індивідуальна практична робота №3 може виконуватись на основі розробленого студентом технологічного процесу обробки деталі, запропонованої керівником, або на основі ТП, розробленого на практичних заняттях чи при виконанні курсового проекту по технології машинобудування.

### 5.6. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Модульна контрольна робота (МКР) за розділами 2, 3.

## 6. Самостійна робота студентів

№ з/п	Назва теми, при підготовці до аудиторних занять	Кількість годин СРС
1	Розділ 1.ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ Тема 1.1.Розмірне моделювання – його цілі та роль у розробленні технологічних процесів	2
2	Розділ 2.МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Тема 2.1.Основи теорії побудови та розрахунку розмірних ланцюгів (РЛ)	6
3	Тема 2.2. Основні етапи розмірного моделювання та аналізу технологічних процесів	4
4	Тема 2.3. Підготовка та представлення ТП для проведення розмірного моделювання	6
5	Тема 2.4. Оцінка прогнозних величин параметрів точності технологічних розмірів оброблюваних деталей	12
6	Розділ 3. РОЗМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ Тема 3.1.Методи представлення структури розмірних зв'язків ТП та їх використання в розмірному аналізі	6
7	Тема 3.2.Розрахунок розмірних параметрів технологічного процесу. Основні залежності та алгоритми розрахунків.	14
8	Тема 3.3. Моделювання та аналіз точності розташування поверхонь	10
9	Тема 3.4. Автоматизація розмірного моделювання технологічних процесів із використанням ПЕОМ	10
	Усього	78

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних) регламентується: «Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>; «Положення про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/121>;
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо) регламентується «Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/39>;
- правила захисту практичних робіт - кожен студент особисто здає практичні роботи;
- правила захисту індивідуальних завдань РР - кожен студент особисто здає розрахункову роботу ;
- у даній дисципліні наявні заохочувальні бали, які студент може отримати на добровільній основі, виконуючи певний перелік додаткових завдань, пов'язаних з тематикою дисципліни;
- політика дедлайнів та перескладань, регламентується «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/32>, «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/37> ;
- політика щодо академічної доброчесності регламентується «Положення про систему запобігання академічного плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/node/47>; положенням «Положення про вирішення конфліктних ситуацій в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <https://osvita.kpi.ua/2020-7-170>;

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань дисципліни згідно робочим навчальним планом.

Таблиця 8.1.

Семестр	Всього годин	Розподіл годин за видами занять					Кількість МКР	Вид інд. завд.	Семестрова атестація
		Лекції	Практичні заняття	Семінари	Лабораторні роботи	Комп' ют. практикум			

2 семестр	150	36	36	–	–	–	78	1	ІПР	Іспит
<i>Всього</i>	150	36	36	–	–	–	78	1		

### 8.1. СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ (ВАГОВИХ) БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Для оцінювання рівня засвоєння кредитного модуля застосовується рейтингова система. Підсумковий рейтинг успішності студента при вивченні кредитного модуля **"Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів"** складається з балів, які він отримує за виконання, передбачених навчальним планом, таких контрольних заходів:

- 1) комплексних практичних робіт, які включають індивідуальні завдання;
- 2) модульної контрольної роботи;
- 3) самостійної роботи студента по виконанню та захисту індивідуальної практичної роботи (РМА ТП корпусної деталі);
- 4) іспит (письмово).

Шкала оцінювання – загальноуніверситетська. Оцінювання практичних та розрахункової роботи проводиться за критерієм правильності та повноти виконання завдань основних етапів проектування і розмірного моделювання технологічного процесу оброблення запропонованої деталі.

Рейтингова шкала з дисципліни розраховується як сума балів контрольних заходів протягом семестру ( $R_c=60$ ) та балів з екзамену ( $R_e = 40$ ):

$$R = R_c + R_e = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Рейтинг студента  $R_c$  у 2-му семестрі складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання індивідуальних завдань з комплексних практичних робіт  $\Sigma R_1$
2. Виконання модульної контрольної роботи  $R_2$
3. Виконання індивідуальної практичної роботи  $R_3$

$$R_c = \Sigma R_1 + R_2 + R_3$$

**1. Практичні заняття.** Виконання всіх завдань практичних робіт та їх захист оцінюється максимум **20 балів**.

Необхідною умовою допуску до практичної роботи є наявність виконаної попередньої частини роботи.

Ваговий бал першої і другої практичної роботи становить 10 балів кожна (табл.8.2). Максимальна кількість балів за всі практичні роботи:  $\Sigma R_1 = 2$  роботи  $\times$  10 балів = 20 балів.

Максимальна кількість штрафних балів- мінус 3 бали або заохочувальних -плюс 3 бали за всі практичні заняття.

Рейтингові бали за одну практичну роботу

Таблиця 8.2.

Оцінка	Бали	Критерій оцінювання
<i>A</i>	<i>10(5,0)</i>	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання

<i>B</i>	9,0(4,5)	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань
<i>C</i>	8,0(4,0)	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань
<i>D</i>	7,0(3,5)	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання
<i>E</i>	6,0(3,0)	Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищено
<i>F<sub>x</sub></i>	0,0	Робота не виконана, звіт відсутній

## 2. Модульний контроль (R2)

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться перед другою атестацією. Ваговий бал МКР становить 20 балів.

1. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу складає:

$$R_2 = 20 \times 1 \text{ мод. контр. роботи} = 20 \text{ балів.}$$

Рейтингові бали за одну МКР

Таблиця 8.3

Оцінка	Бали	Критерій оцінювання
<i>A</i>	20	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
<i>B</i>	17	Вірна відповідь на 80 % питань
<i>C</i>	14	Вірна відповідь на 70 % питань
<i>D</i>	10	Вірна відповідь на 60 % питань
<i>E</i>	6	Вірна відповідь на 50 % питань
<i>F<sub>x</sub></i>	0,0	Вірна відповідь менш ніж на 50 % питань або студент був відсутній

**3. Індивідуальна практична робота (РМА ТП корпусної деталі).** Виконання всіх завдань роботи та її захист оцінюється максимум **20 балів**.

*Критерії оцінювання виконання завдань розрахункової роботи:*

**A (20 · 1 = 20, 0) балів** - повне вичерпне виконання всіх складових індивідуального завдання;

**B (20 · 0,9 = 18, 0) балів** - виконання роботи по суті із незначними неточностями в розрахунковій або графічній частинах;

**C (20 · 0,8 = 16, 0) бали** - виконання роботи по суті із незначними неточностями в розрахунковій або графічній частинах, але результати роботи представлені неохайно;

**D (20 · 0,7 = 14, 0) бал** - виконання роботи по суті, але допущено не суттєві помилки в розрахунковій або графічній частинах, що викликає похибку результатів, але остаточно не руйнує суть виконання завдання;

**E (20 · 0,6 = 12, 0) балів** - виконання роботи по суті, але допущено суттєві помилки в окремих завданнях розрахункової або графічної частини, що викликає значну похибку результатів, але остаточно не руйнує суть виконання завдання;

**F<sub>x</sub> (0 балів)** - при виконанні роботи допущено принципові помилки в розрахунковій або графічній частинах, що остаточно руйнує суть виконання завдання

### 3. Штрафні та заохочувальні бали за:

- відсутність на практичному занятті без поважної причини «-0,5» бала;



- несвоєчасне (із запізненням більше ніж на 2 тижні) виконання частин роботи та їх захист – «-0,5» бала;
- участь у модернізації практичних, розрахунково-графічних робіт, тестів, розробка презентацій лекційних занять, у тому числі іноземною мовою, може бути відзначено додатковими балами від «+5» до «+10».

Для студентів, які за виконання семестрових контрольних завдань отримали не менш ніж **0,9R<sub>c</sub> (54,0 бали)** за згодою студента, викладач має право для визначення семестрової оцінки додати рейтинг екзамену, що розраховується за формулою:

$$R_e = 40 \frac{(R_c)_\phi}{60},$$

де  $(R_c)_\phi$ - фактичний семестровий рейтинг студента.

Таким чином, студенти, які регулярно та наполегливо вивчають дисципліну та виконують поточні завдання, мають право за пропозицією викладача без складання екзамену (за згодою студента) одержати відповідну оцінку за затвердженою шкалою (табл. 2).

#### 4. Умови рубіжної атестації

На 8-й тиждень навчання (перша атестація) графіком передбачено: виконання і захист не менше 1 практичної роботи 10 балів. Отже, для отримання "задовільно" з першої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж  $10 \times 0,5 = 5,0$  балів.

На 14-й тиждень навчання (друга атестація) графіком передбачено: захист не менше 2 комплексних практичних робіт- 20 балів і половини ІІР 10 балів, що становить у сумі  $20 + 10 = 30$  балів. Отже, для отримання "задовільно" з другої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж  $30 \times 0,5 = 15$  балів.

#### 5. Критерій оцінювання іспиту

Іспит передбачає виконання індивідуального комплексного завдання. Максимальна кількість балів іспиту становить 40 балів.

Критерій оцінювання визначається як сума якості виконання завдання за таблицею 3.

Кількість балів за виконання завдання іспиту

Таблиця 8.4.

Оцінка	Бали	Критерій оцінювання
A	40,0	Повне вичерпне виконання всіх складових завдання (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
B	35,0	Виконання завдання по суті із незначними неточностями в розрахунковій або графічній частинах, (не менше 85% інформації),
C	30,0	Виконання завдання по суті, але допущено не суттєві помилки в розрахунковій або графічній частинах (не менше 75% інформації);

<i>D</i>	25,0	Виконання завдання по суті, але допущено окремі помилки в розрахунковій або графічній частинах (не менше 60% інформації)
<i>E</i>	20,0	Виконання завдання по суті, але допущено суттєві помилки в окремих завданнях розрахункової або графічної частини, (не менше 60% інформації)
<i>F<sub>x</sub></i>	0,0	При виконанні завдання допущені принципові помилки в розрахунковій або графічній частинах, (менше 60% інформації)

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

*Поточний контроль:* опитування за темою заняття, за результатами виконання практичних робіт, за результатами МКР.

*Календарний контроль:* провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

*Семестровий контроль:* іспит

*Умови допуску до семестрового контролю:* мінімально позитивні оцінки за індивідуальне завдання(ІПР) та МКР / зарахування усіх практичних робіт / семестровий рейтинг більше 30 балів.

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (наприклад, як додаток до силабусу);
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

### 9.1. Перелік питань для самопідготовки та закріплення теоретичних положень дисципліни

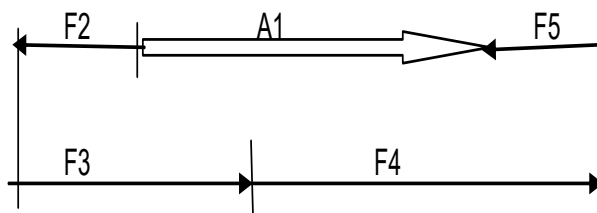
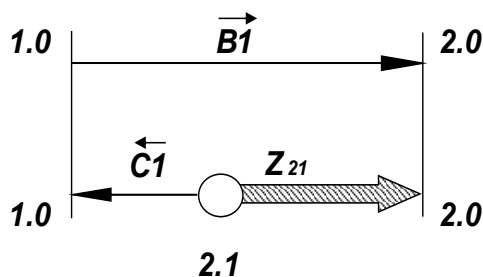
1. Мета та основні цілі розмірного моделювання і аналізу (РМА) технологічних процесів.
2. Завдання розмірного моделювання і аналізу (РМА) технологічних процесів.

3. Місце розмірного моделювання і аналізу (РМА) при розробці технологічних процесів.
4. Актуальність і можливості використання РМА на сучасному етапі розвитку машинобудування.
5. Взаємозв'язок РМА з іншими методами прогнозування і оцінки точності.
6. Класифікація РЛ за призначенням (конструкторські, технологічні, вимірвальні).
7. Порядок побудови розмірних ланцюгів.
8. Основні залежності для розрахунку РЛ
9. Розрахунок величин полів розсіювання замикаючих ланок ОРЛ методом максимуму-мінімуму, умови його використання.
10. Розрахунок величин полів розсіювання замикаючих ланок ОРЛ ймовірнісним методом, умови його використання.
11. Розмірні ланцюги технологічної системи (РЛ ТС), їх ланки, область використання
12. Операційні розмірні ланцюги (ОРЛ), їх ланки, область використання.
13. Загальний алгоритм і основні етапи РМА технологічних процесів обробки деталей.
14. Структура кодів поверхонь і осей.
15. Позначення і кодування розмірів..
16. Представлення ТП для проведення РМА.
17. Розрахунок прогнозних величин полів розсіювання технологічних розмірів ( $\omega F_i$ ) з урахуванням впливу основних факторів: середньої економічної точності обробки, похибок базування та просторових відхилень технологічних баз.
18. Розрахунок похибок базування (особливості, методика побудови РЛ і розрахунку похибок)
19. Типи технологічних розмірів та залежності для розрахунку полів розсіювання.
20. Порядок побудови вихідного, похідного та змішаного графів, критерії перевірки правильності їх побудови.
21. Виявлення і формування ОРЛ з використанням графів розмірних зв'язків.
22. Представлення за допомогою графів, розмірних зв'язків при обробці внутрішніх циліндричних поверхонь.
23. Представлення за допомогою графів, розмірних зв'язків при обробці зовнішніх циліндричних поверхонь.
24. Матриця як модель структури розмірних зв'язків технологічного процесу.
25. Порядок і особливості побудови матриць.
26. Области ефективного застосування різних методів представлення розмірних зв'язків при розмірному моделюванні технологічних процесів.

27. Побудова розмірних схем відхилень розташування поверхонь і їх використання для формування ОРЛ.
28. Побудова розмірних схем радіальних розмірів і їх використання для формування ОРЛ.
29. Мета розрахунку ОРЛ.
30. Типи задач при розрахунку ОРЛ (пряма, обернена, змішана).
31. Методи розрахунку (max- min, ймовірнісний), критерії і алгоритм їх вибору.
32. Розрахунок ОРЛ способом середніх значень.
33. Алгоритм та основні залежності для перетворення вихідних даних в середні значення.
34. Програма «РМА v4» для автоматизації процедур РМА, завдання, що вирішуються.
35. Актуальність і важливість автоматизації процедур РМА.
36. Вихідні дані для виконання РМА за допомогою програми «РМА v4».
37. Бази довідкових даних, що містить програма.
38. Етапи та завдання, що вирішуються в діалоговому режимі.
39. Етапи РМА, що реалізуються програмою в автоматизованому режимі.
40. Які дані (результати) і в якій формі є підсумком роботи програми?

## 9.2. Приклади завдань для перевірки та закріплення знань і практичних навичок з дисципліни РМА ТП

1. Для схем ОРЛ, представлених нижче, запишіть їх рівняння з позначенням ланок літерами, а для 2-х ОРЛ також з використанням кодових позначень.



2. Побудуйте схеми РЛ, що відповідають рівнянням ОРЛ, представленим нижче

ОРЛ 1.  $[A1] = F10$

ОРЛ 2.  $[A4] = F3$

ОРЛ 3.  $[A2] = F10 + F7 - F8$

ОРЛ 4.  $[A3] = F3 - F2$

ОРЛ 5.  $[Z11] = F5 - F1$

ОРЛ 6:  $[Z21^*] = -F1 + B1$

ОРЛ 7:  $[Z22^*] = -F7 + F4$

3. Побудуйте схеми РЛ, що відповідають рівнянням ОРЛ, представленим нижче, з використанням кодових позначень поверхонь.

ОРЛ 1.  $[A2]=F3$                      $[1.9 - 2.9]=(1.1f - 2.1f)$

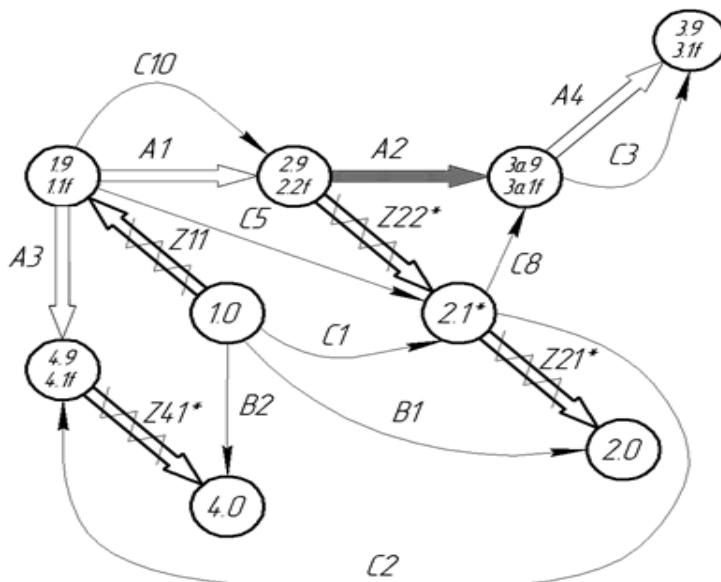
ОРЛ 2.  $[A1]=F3+F2$                  $[1.9 - 3.9]=(1.1f - 2.1f)+(2.1f - 3.1f)$

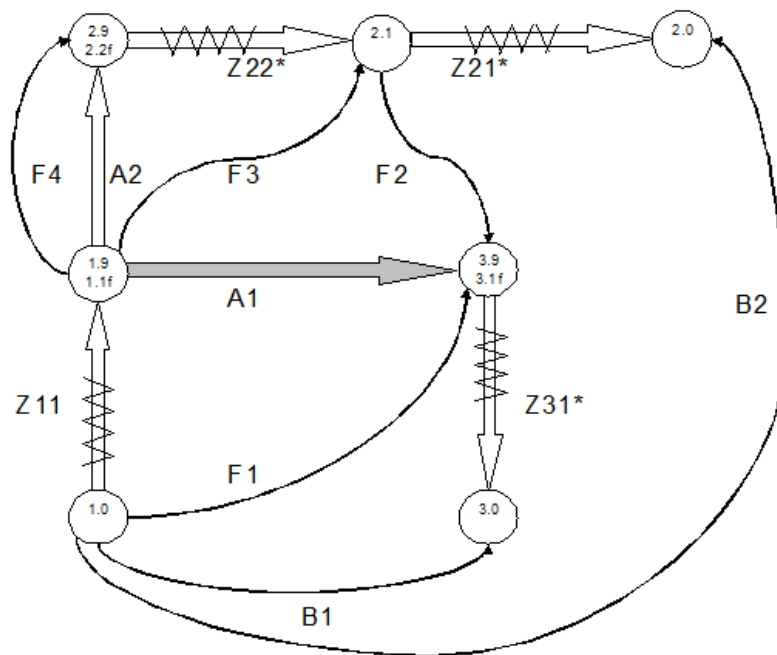
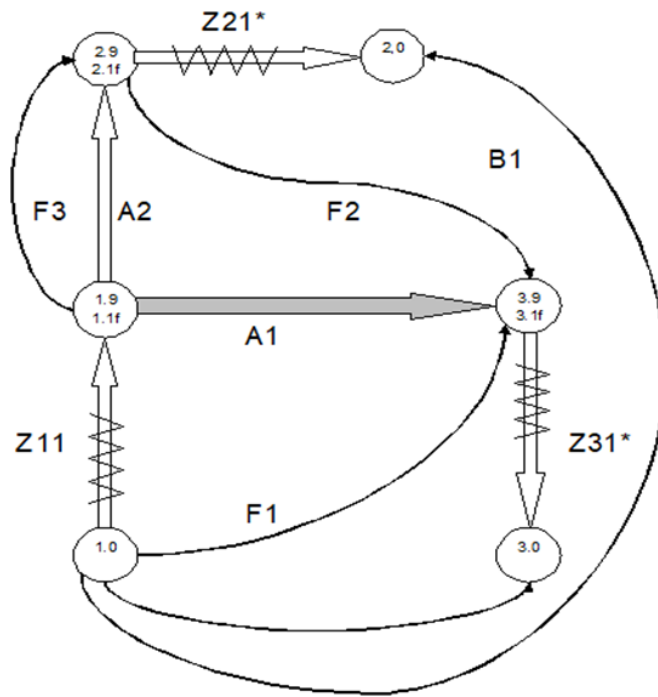
ОРЛ 3.  $[Z11]=F1-F2-F3$          $[1.0 - 1.1f]=(1.0 - 3.1f)-(3.1f - 2.1f)-(2.1f - 1.1f)$

ОРЛ 4.  $[Z31^*]=-F1+B1$          $[3.1f - 3.0]=-(3.1f - 1.0)-(1.0 - 3.0)$

ОРЛ 5.  $[Z21^*]=F2-F1+B2$        $[2.1-2.0]=(2.1-3.1f)-(3.1f-1.0)+(1.0-2.0)$

4. На основі графів розмірних зв'язків ТП, представлених нижче, сформулюйте і запишіть рівняння усіх ОРЛ





5. На основі ОРЛ, сформованих при виконанні попереднього завдання, розрахуйте, методами повної взаємозамінності та ймовірнісним, прогнозні величини полів розсіювання замикаючих ланок-КР, прийнявши:

для чорнового оброблення -  $\omega Fi = 0,22\text{мм.}$ ; для чистового оброблення -  $\omega Fi = 0,15\text{мм.}$ ;  
для розмірів заготовок -  $\omega Vi = 1,2\text{мм.}$

Порівняйте одержані результати, зробіть висновки.

### 9.3. Варіанти комплексних завдань для самостійної підготовки студентів і перевірки їх знань та умінь з дисципліни РМА ТП

#### Завдання 1.

**Зміст завдання:** Для запропонованого варіанту технологічного процесу виготовлення деталі виконати розмірне моделювання та аналіз і оцінити його здатність щодо можливості забезпечення необхідної точності лінійних розмірів (в одному координатному напрямку).

При самостійній підготовці, студентам доцільно виконувати завдання поетапно, по мірі вивчення розділів дисципліни. При підготовці до модульної контрольної роботи, до екзамену чи заліку завдання доцільно виконувати у повному обсязі та для кількох варіантів, для кращого засвоєння матеріалу. Дані комплексні завдання можуть використовуватись при проведенні практичних занять.

Для виконання комплексного завдання, згідно з алгоритмом РМА, необхідно послідовно вирішити і представити наступні задачі:

##### **1. Підготовка і представлення ТП для виконання РМА ТП**

Позначення (кодування) поверхонь і розмірів деталі та заготовки.

Представлення ТП обробки заданої деталі (операційні ескізи із зображенням та кодуванням оброблюваних поверхонь і технологічних баз, з позначенням одержуваних технологічних розмірів ( $F_i$ ,  $C_i$ ...)).

**2. Оцінка точності технологічних розмірів** (укрупнено можна прийняти: для розмірів 1 типу, заданих від необробленої поверхні  $\omega F_i = 0,6\text{мм.} - 0,8\text{мм.}$ , від обробленої поверхні -  $\omega F_i = 0,3\text{мм.}$ ; для розмірів 2 типу: чорнова обробка -  $\omega F_i = 0,22\text{мм.}$ , чистова -  $\omega F_i = 0,12\text{мм.}$ ).

**3. Представлення структури розмірних зв'язків ТП з використанням орієнтованого графа.**

**4. Формування на основі представленої структури розмірних зв'язків, операційних розмірних ланцюгів.**

**5. Оцінка можливостей ТП, щодо забезпечення заданої точності конструкторських розмірів (КР).**

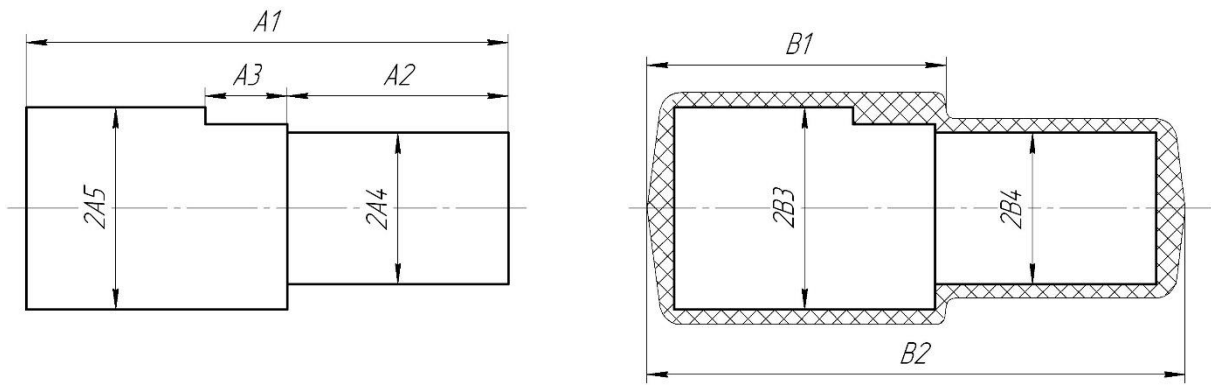
5.1. Розрахунок прогнозних величин полів розсіювання КР -  $[\omega A_i]$ .

5.2. Розрахунок для кожного КР, коефіцієнтів запасу точності  $\Psi A_i = T A_i / \omega A_i \geq 1,2$  та перевірка виконання умови забезпечення точності  $\Psi A_i = T A_i / \omega A_i \geq 1,2$ .

5.3. Формулювання висновків, щодо можливостей представленого ТП забезпечити задану точність КР. При необхідності, якщо точність окремих КР не забезпечується, надати рекомендації стосовно коригування ТП для підвищення точності.

**6. Для варіанту ТП, що забезпечує задану точність КР, виконати повний розрахунок ОРЛ та визначити розмірні параметри технологічних розмірів.**

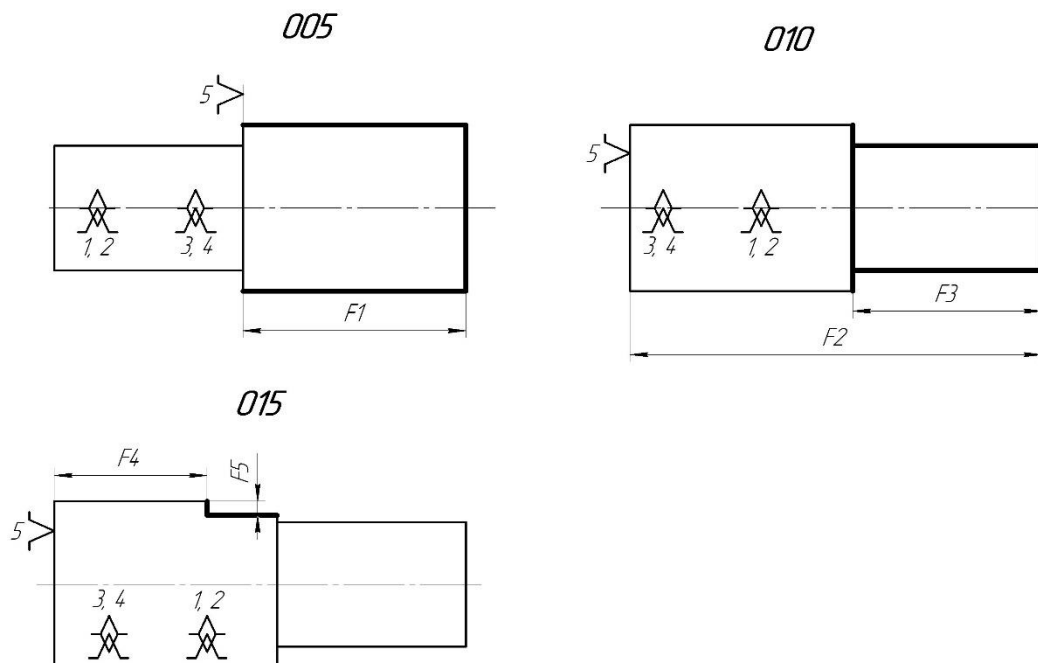
**Вихідні дані до завдання по виготовленню деталі „Вісь” 3.08**



Розмір, мм	Номер варіанту				
	1	2	3	4	5
A1	100 <sup>-0,35</sup>	250 <sup>-0,46</sup>	180 <sup>-0,4</sup>	220 <sup>-0,46</sup>	80 <sup>-0,35</sup>
A2	40 <sup>±0,05</sup>	110 <sup>±0,14</sup>	80 <sup>±0,15</sup>	150 <sup>±0,18</sup>	35 <sup>±0,12</sup>
A3	20 <sup>±0,07</sup>	30 <sup>±0,08</sup>	32 <sup>±0,05</sup>	30 <sup>±0,1</sup>	15 <sup>±0,09</sup>
2A4	25 <sup>-0,05</sup>	42 <sup>-0,09</sup>	38 <sup>-0,1</sup>	35 <sup>-0,05</sup>	25 <sup>-0,09</sup>
2A5	30 <sup>-0,07</sup>	86 <sup>-0,09</sup>	60 <sup>-0,09</sup>	57 <sup>-0,08</sup>	32 <sup>-0,09</sup>

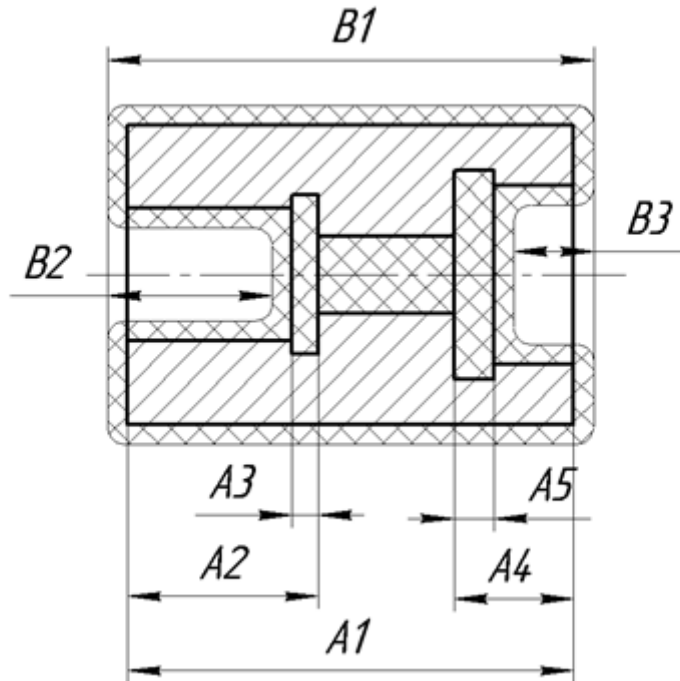
Розмір, мм	Номер варіанту				
	6	7	8	9	10
A1	120 <sup>-0,35</sup>	90 <sup>-0,35</sup>	75 <sup>-0,3</sup>	60 <sup>-0,3</sup>	70 <sup>-0,3</sup>
A2	50 <sup>±0,09</sup>	40 <sup>±0,06</sup>	30 <sup>±0,05</sup>	25 <sup>±0,06</sup>	30 <sup>±0,08</sup>
A3	25 <sup>±0,1</sup>	20 <sup>±0,05</sup>	10 <sup>±0,04</sup>	8 <sup>±0,07</sup>	12 <sup>±0,06</sup>
2A4	32 <sup>-0,04</sup>	25 <sup>-0,08</sup>	24 <sup>-0,03</sup>	20 <sup>-0,08</sup>	22 <sup>-0,03</sup>
2A5	50 <sup>-0,04</sup>	40 <sup>-0,1</sup>	35 <sup>-0,1</sup>	30 <sup>-0,25</sup>	45 <sup>-0,25</sup>

Незадані розміри та шорсткість поверхонь вибрати самостійно



**Вихідні дані до завдання по виготовленню деталі “Втулка”**  
**3.18**





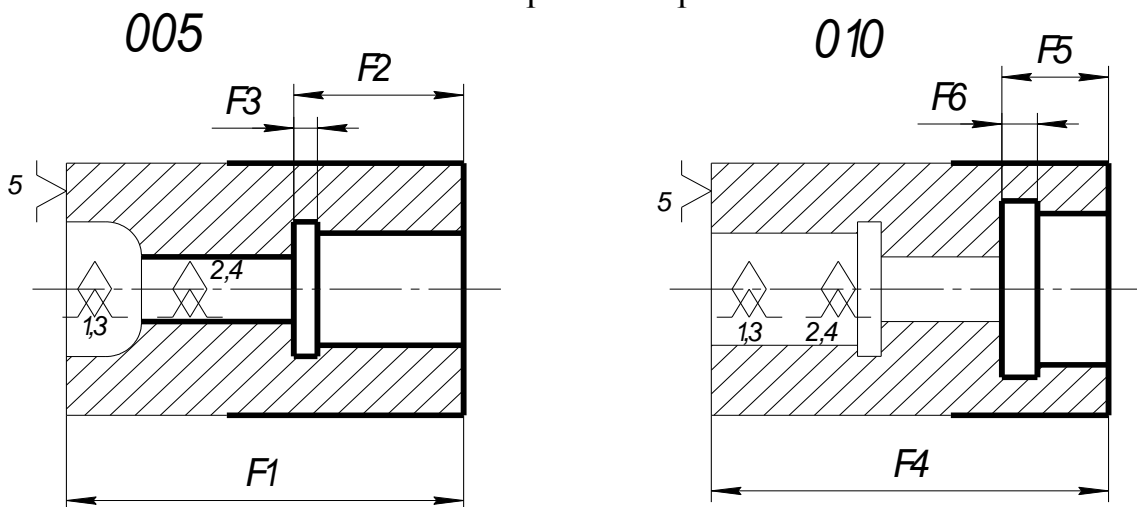
Номер  
варіанту

Розмір, мм

Номер варіанту	A1	A2	A3	A4	A5
1	$45^{+0.45}$	$20^{\pm 0.10}$	$5_{-0.10}$	$10^{\pm 0.07}$	$4_{-0.12}$
2	$60^{+0.30}$	$25^{\pm 0.10}$	$3_{-0.10}$	$15^{\pm 0.09}$	$3_{-0.10}$
3	$70^{+0.30}$	$30^{\pm 0.12}$	$6_{-0.12}$	$20^{\pm 0.10}$	$6_{-0.15}$
4	$80^{+0.35}$	$35^{\pm 0.12}$	$7_{-0.12}$	$25^{\pm 0.10}$	$7_{-0.15}$
5	$90^{+0.35}$	$40^{\pm 0.12}$	$8_{-0.12}$	$30^{\pm 0.22}$	$8_{-0.15}$
6	$100^{+0.35}$	$42^{\pm 0.12}$	$10_{-0.12}$	$32^{\pm 0.22}$	$10_{-0.18}$
7	$120^{+0.40}$	$50^{\pm 0.15}$	$12_{-0.15}$	$40^{\pm 0.22}$	$12_{-0.18}$
8	$140^{+0.40}$	$60^{\pm 0.15}$	$15_{-0.15}$	$40^{\pm 0.22}$	$15_{-0.18}$
9	$160^{+0.40}$	$70^{\pm 0.15}$	$15_{-0.15}$	$50^{\pm 0.15}$	$15_{-0.18}$

Незадані розміри та шорсткість вибрати самостійно

Схема чорнової обробки:



**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** к.т.н., доцентом Приходько Василем Петровичем

Ухвалено кафедрою Технології машинобудування (протокол № 5 від 08.12.2021)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17.12.2021)