

# ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

## Кафедра комп'ютеризованих мехатронних систем, інструменту і технологій

Затверджую:

Декан факультету машинобудування

 Красовський С. С.

«    »                      2018 р.

Гарант освітньої програми:

доктор техн. наук, професор

 Ковальов В. Д.

«    »                      2018 р.

Розглянуто і схвалено

на засіданні кафедри

комп'ютеризованих мехатронних

систем інструменту і технологій

Протокол № 1 від 28 серпня 2018 р.

Завідувач кафедри

 Васильченко Я. В.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів»

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

ОПП (ОНП) «Галузеве машинобудування»

Професійне (наукове) спрямування «Комп'ютеризовані мехатронні верстати та системи», «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти»

Факультет машинобудування

Розробник: Міранцов С.Л., доцент кафедри комп'ютеризованих мехатронних систем, інструменту і технологій, канд. техн. наук, доцент

Краматорськ – 2018 р.

## 1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна форма навчання	заочна форма навчання
Денна	Заочна	Галузь знань: 13 «Механічна інженерія». Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування». ОПП (ОНП): «Галузеве машинобудування»	Дисципліна вільного вибору	
Кількість кредитів				
6,0	4,5			
Загальна кількість годин				
180	135			
Модуль – 1		Професійні спрямування: <u>«Комп'ютеризовані мехатронні верстати та системи»</u> ; <u>«Комп'ютерно-інтегровані технології інструментального виробництва»</u> , <u>наукове спрямування «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти»</u>	Рік підготовки:	
Змістовних модулів – 1			1	1
Індивідуальне науково-дослідне завдання  (назва)			Семестр	
			1	1
			Лекції	
			45	10
			Практичні, семінарські	
			–	2 год.
			Лабораторні	
			15	–
			Самостійна робота	
			120 год.	123 год.
			Індивідуальні завдання:	
			16 год.	
			Вид контролю:	
			Іспит	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 (5) самостійної роботи студента – 6		Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>		

### Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 60/120  
для заочної форми навчання – 12/123

## 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Дослідження та випробування верстатів і верстатних комплексів» покликана сформувати у майбутніх фахівців спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» комплекс теоретичних знань і практичних навичок, необхідних при вирішенні задач дослідження і випробування металорізального устаткування та їх впливу на якість, працездатність та довговічність обладнання.

Основна мета дисципліни полягає в розкритті ролі випробувань і дослідження технологічного обладнання, як процесів вироблення нових знань про властивості верстата і оцінки його якості на основі певного набору вихідних параметрів. Дослідження покликане забезпечити конструктора відсутньої інформацією, без якої утруднені пошук і об'єктивна оцінка нових технічних рішень.

Предметом навчальної дисципліни є вивчення:

- показники якості обладнання;
- вихідні параметри верстатів;
- методи вимірювання вихідних параметрів верстатів;
- аналітичні і експериментальні методи досліджень;
- статистичні методи обробки результатів досліджень;
- прилади для вимірювання вихідних параметрів обладнання.

Завдання викладання дисципліни - дати студентам знання, сформувати уміння та навички, які перелічено нижче.

Програмні компетентності:

- вміти використовувати системний підхід при проведенні досліджень;
- вміти формувати ціль і задачі досліджень;
- вміти вибрати відповідний метод та застосувати його для вирішення конкретної задачі дослідження або випробування;
- вміти оцінювати працездатність верстата, встановити її значення та визначити як довго вона знаходитиметься в допустимих межах;
- вміти використовувати персональну ЕОМ при проведенні досліджень та випробувань верстатів.

Практична частина дисципліни спрямована на отримання навиків:

- з організації проектно-конструкторських та розрахункових робіт по розробці конструкцій верстатних та мехатронних систем;
- оцінювати техніко-економічні показники машин, та знаходити шляхи їх підвищення;
- оцінювати працездатність верстатів в цілому.

Загальні компетентності – знання, розуміння, навички та здатності, якими студент оволодіває у рамках виконання програми навчання, мають універсальний характер.

Загальні компетентності

- здатність до аналізу та синтезу;
- уміння застосовувати знання на практиці;
- грамотне планування та розподіл часу;

- застосування базових знань професії на практиці;
- усне та письмове спілкування;
- робота з сучасною комп'ютерною технікою;
- дослідницькі уміння;
- здатність до самонавчання;
- навички роботи з інформацією;
- здатність до самокритики та критики;
- здатність адаптуватися до нових ситуацій;
- здатність генерувати нові ідеї;
- здатність до прийняття рішень;
- здатність працювати в команді фахівців з різних підрозділів;
- уміння спілкуватися з непрофесіоналами галузі;
- уміння працювати автономно;
- уміння проявляти ініціативність підприємництва;
- дотримання етики.

Вивчення дисципліни ведеться в 1 триместрі. В програмі передбачені лекції, лабораторні заняття та самостійна робота, а також виконання контрольної роботи.

Знання, отримані при вивченні дисципліни «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів » використовується при виконанні випускних магістерських робіт.

### 3. ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Види навчальних занять та розподіл годин між учбовими тижнями для денного та заочного відділення наведений у таблицях 3.1 і 3.2

Таблиця 3.1 – Види навчальних занять та розподіл годин між учбовими тижнями для денного відділення

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями															Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Лекції	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	46
Практичні роботи																
Лабораторні роботи		2		2		2		2		2		2		2		14
Самостійна робота	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	120
Консультації							К								К	
Контр. роботи															КР1	
Модулі	ВК												СР		М1	
Модульний контроль							А								МК	

Таблиця 3.2 – Види навчальних занять та розподіл годин між учбовими тижнями для заочного відділення

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями															Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Лекції	4	4										2				10
Практичні роботи																
Лабораторні роботи		2														2
Самостійна робота	9	9	8	8	8	8	9	8	8	8	8	8	8	8	8	123
Консультації							К								К	
Контр. роботи							КР1								КР2	
Модулі															М1	
Модульний контроль															МК	

ВК – вхідний контроль; ПР - захист практичної роботи; КР1– письмова контрольна робота; СР – захист самостійної роботи; К – консультація; А – атестація.

## 4 ЛЕКЦІЇ

### Модуль 1 – Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів

*Змістовний модуль 1 – Системний підхід при дослідженні верстатів*

Тема 1. Дослідження й випробування верстатів

*Лекція 1. – Дослідження й випробування верстатів*

Введення в курс. Мета й основні задачі прикладних досліджень в області верстатобудування. Основні етапи експериментального дослідження верстатів. Два рівні дослідження – емпіричний і теоретичний. Вимоги до математичних моделей.

Основні види випробувань верстатів: приймання дослідних зразків і приймальноздаточні верстатів, що випускаються. Типова методика випробувань металорізальних верстатів. П'ять груп перевірок у процесі випробувань. Підготовка верстата до випробувань.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [1, с. 376 - 383, с. 402 - 411].

Контрольні питання:

1. Основні етапи експериментального дослідження верстатів.
2. Мета й основні задачі прикладних досліджень верстатів.
3. Методи дослідження верстатів.

Тема 2. Виміри і похибки вимірів

*Лекція 2. – Виміри і похибки вимірів*

Виміри й похибки. Метрологічні методи вимірів параметрів досліджуваних об'єктів. Основні параметри засобів вимірів. Зменшення систематичних погрешностей виміру.

Статистичні методи оцінки параметрів досліджуваного об'єкта. Нормальний розподіл, основні залежності. Статистична оцінка нормального розподілу, оцінка середнього значення.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [2, с. 20 - 45]; [4, с. 85 - 96].

Контрольні питання:

1. Вимірювання та похибки. Загальні поняття. Методи вимірювань.
2. Основні параметри засобів вимірювань.
3. Похибки вимірювань. Похибки вимірювальних засобів.

Тема 3. Дисперсійний аналіз, побудова математичної моделі

*Лекція 3. – Дисперсійний аналіз, побудова математичної моделі*

Вибір і обґрунтування істотних факторів при побудові емпіричних моделей досліджуваного об'єкта. Виявлення й виключення результатів спостережень, що різко виділяються.

Гіпотеза про передбачуваний вплив на вихід тих чи інших факторів. Перевірка гіпотези, виділення істотних факторів. Порівняння середніх і

дисперсій різних вибірок. Перевірка нормальності закону розподілу випадкової величини. Перевірка закону розподілу.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [1, с. 383...396].

Контрольні питання:

1. Основні передумови регресійного і дисперсійного аналізу.
2. Дисперсійний аналіз. Загальні положення. Дисперсійні й регресійні математичні моделі.
3. Метод експертних оцінок. Загальні положення. Статистична обробка результатів опитування.

Тема 4. – Планування експерименту

*Лекція 4. – Планування експерименту*

Дослідження експериментальних оцінок і дисперсійного аналізу. Основні передумови регресійного і дисперсійного аналізу. Дисперсійні і регресійні математичні моделі. Організація експертного опитування. Використання експертних оцінок і дисперсійного аналізу.

Використання методів регресійного аналізу в експериментальних дослідженнях верстатів. Засобу збору й обробки експериментальних даних. Ідентифікація технічних об'єктів. Повний факторний експеримент. Планування експерименту.

Обробка результатів експерименту при рівномірному дублюванні досвідів. Двофакторний експеримент.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [1, с. 327 - 396].

Контрольні питання:

1. Повнофакторний експеримент.
2. Дрібно-факторний експеримент.
3. Обробка результатів експерименту.

*Змістовний модуль 2 – Технічна діагностика й надійність верстатів*

Тема 5. Методи випробувань надійності

*Лекція 5 Методи випробувань надійності*

Означальні, порівняльні і контрольні методи іспиту на надійність. Методи виміру зносу. Експлуатаційні спостереження. Стендові іспити. Прискорені іспити.

Розрахунок і прогнозування надійності. Застосування методу Монте-Карло для прогнозування швидкості зносу сполучень. Можливості методу статистичного моделювання. Основні напрямки підвищення надійності верстатів.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [6, с. 239...264].

Контрольні питання:

1. Прогнозування показників параметричної надійності верстатів.
2. Випробування токарного верстату на жорсткість.
3. Прискорені випробування верстатів на надійність.
4. Перевірка технічного стану та паспортних даних верстату.

#### Тема 6. Методи й засоби технічної діагностики

##### *Лекція 6. – Методи й засоби технічної діагностики*

Системи автоматизації експериментальних досліджень верстатів. Основні структури. Вимірально-діагностичні комплекси. Мета й задачі технічної діагностики.

Критерії якості об'єкта й експериментальні дані необхідні для їхнього діагностування. Засоби збору й обробки експериментальних даних. Алгоритми ідентифікації технічних станів об'єктів і автоматизація процесів діагностування.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [2, с. 27 – 45], [10, с. 14 - 20].

Контрольні питання:

1. Критерії якості об'єкта й дані для діагностування.
2. Засоби збору й обробки експериментальних даних.
3. Алгоритми ідентифікації технічних станів об'єктів.

#### Тема 7 Розрахунок несучих систем на твердість

##### *Лекція 7 Розрахунок несучих систем на жорсткість*

Баланс пружних переміщень у верстаті дослідження статичних пружних деформацій верстатів. Основні положення розрахунку несучої системи верстата на жорсткість стиків. Розробка розрахункової схеми. Діагональні коефіцієнти жорсткості верстатів. Розрахунок жорсткості станини токарного верстата.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [1, с. 325...357].

Контрольні питання:

1. Баланс пружних переміщень у верстаті
2. Розрахунок несучої системи верстата на жорсткість стиків.
3. Жорсткість станини токарного верстата.

#### *Змістовний модуль 3 – Дослідження динамічних якостей верстатів*

#### Тема 8. Представлення динамічної системи верстата

##### *Лекція 8. – Представлення динамічної системи верстата*

Ідентифікація динамічних характеристик верстатів. Види коливань верстатів і їхнє експериментальне визначення. Представлення верстата як замкнутої багатоконтурної динамічної системи.

Основні показники динамічних якостей верстата. Статичні характеристики елементів динамічної системи верстата. Динамічна характеристика несучих систем.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.



Література: [11, с. 6 - 64].

Контрольні питання:

1. Показники динамічних якостей верстата.
2. Статичні характеристики елементів динамічної системи верстата.
3. Динамічні характеристики несучих систем.

Тема 9. Частотні методи аналізу динамічної системи верстатів

*Лекція 9. – Частотні методи аналізу динамічної системи верстатів*

Спектральний аналіз коливань. Частотні й часові характеристики динамічної системи верстата. Побудова амплітудно-фазової частотної характеристики для еквівалентної пружної системи верстата з одним ступенем свободи.

Критерії стійкості верстатів при різанні. Стійкість процесу різання при автоколиваннях. Релаксаційні коливання в направляючих верстатів. Методи експериментального визначення частотних характеристик верстатів.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [1, с. 372 – 376], [11, с. 121 - 144].

Контрольні питання:

1. Частотні і часові характеристики динамічної системи верстата.
- Перехідні процеси.
2. Амплітудно частотна, фазочастотна та амплітудно-фазова частотна характеристика.
  3. Стійкість процесу різання. Алгебраїчні і частотні критерії стійкості.
  4. Експериментальне визначення частотної характеристики верстата.

Тема 10 Динамічні дослідження верстатів, поліпшення динамічних якостей верстатів.

*Лекція 10. – Динамічні дослідження верстатів, поліпшення динамічних якостей верстатів.*

Динаміка привода головного руху і подач. Дослідження кінематичного й динамічного поводження привода подач верстатів із ЧПК. Дослідження шумових характеристик верстатів. Спектральний аналіз шуму.

Врахування динамічних факторів при розробці технологічних процесів. Вибір схеми формоутворення й параметрів системи. Вибір раціональних режимів різання. Застосування комбінованих процесів різання. Зв'язок динамічні якості верстата з його амплітудно- фазочастотною характеристикою.

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Література: [11, с. 144 - 180, 220 - 240].

Дидактичні засоби: комплект слайдів до графопроектора.

Контрольні питання:

1. Перехідні процеси в приводі головного руху й приводі подач верстата.
2. Шумові характеристики. Спектральний аналіз шуму.
3. Експериментальні дослідження динаміки приводів головного руху.

## 5. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### *Лабораторна робота 1. Дослідження перехідного процесу в технологічній системі «верстат-притосування-інструмент-деталь»*

**Мета роботи** – вивчити методику отримання перехідної характеристики процесу різання у технологічній системі на прикладі повздовжнього точіння і методику визначення показників якості перехідного процесу.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Згідно заданого індивідуального завдання на лабораторну роботу записати вихідні дані для побудови математичної моделі технологічної системи.

2. Скласти диференціальне рівняння (1.7) з урахуванням числових значень приведеної маси  $m$ , коефіцієнта демпфірування  $C_y$ , коефіцієнта жорсткості  $K_y$ , заданої глибини різання  $t_0$  та питомої сили різання  $K_{py}$ . При розрахунках прийняти  $\varphi = 45^\circ$ .

3. Виконати моделювання процесу різання за допомогою прикладної програми TAULab1 на ПЕОМ.

4. На підставі даних, отриманих в результаті моделювання, побудувати графік перехідного процесу.

5. За допомогою графіка перехідної характеристики визначити показники якості перехідного процесу: час перехідного процесу, величину сталого значення фактичної глибини різання, ступінь коливальності, абсолютну та відносну динамічну погрішності.

6. Виконати дослідження впливу параметрів технологічної системи, а саме  $m$ ,  $C_y$ ,  $K_y$ ,  $K_{py}$  на тривалість часу перехідного процесу  $\tau_n$ . Побудувати графіки залежностей  $\tau_n = f(m)$ ,  $\tau_n = f(C_y)$ ,  $\tau_n = f(K_y)$ ,  $\tau_n = f(K_{py})$ .

7. На підставі розрахованих показників зробити висновки та дати рекомендації, щодо зменшення часу перехідного процесу, абсолютної та відносної динамічної погрішності.

#### **Контрольні питання**

- 1 Що таке моделювання?
- 2 Наведіть рівняння руху одномасової системи.
- 3 Перехідна характеристика, дайте визначення.
- 4 Як на практиці визначається перехідна характеристика?
- 5 Перерахуйте показники якості перехідного процесу.

### **Лабораторна робота 2. Визначення частотних характеристик процесу різання в технологічній системі «Верстат-притосування – інструмент - деталь»**

**Мета роботи** – вивчити частотні характеристики і ознайомитися з методикою їх отримання на прикладі процесу бесцентрового шліфування.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Згідно заданого індивідуального завдання на лабораторну роботу записати вихідні дані для побудови математичної моделі технологічної системи.

2. Скласти передатну функцію системи (2.4) з урахуванням числових значень приведеної маси  $m$ , коефіцієнта демпфірування  $C_y$ , коефіцієнта жорсткості  $K_y$ , заданої подачі інструмента  $S_0$  та питомої сили різання  $K_p$ .

3. Аналітично визначити частотні характеристики системи з використанням дійсної та уявної частин передатної функції (2.5).

4. Побудувати частотні характеристики системи за допомогою ЕОМ з використанням прикладної програми TAULab2 або програмного комплексу SciLab (див. Додаток Б).

5. За допомогою графіків частотних характеристик визначити резонансну частоту і стійкість системи за критерієм Найквіста.

6. Виконати дослідження впливу параметрів технологічної системи, а саме  $m$ ,  $C_y$ ,  $K_y$ ,  $K_{py}$  на величину резонансної частоти системи  $\omega_p$ . Побудувати графіки залежностей  $\omega_p = f(m)$ ,  $\omega_p = f(C_y)$ ,  $\omega_p = f(K_y)$ ,  $\omega_p = f(K_p)$ .

7. На підставі розрахованих показників зробити висновки та дати рекомендації, щодо підвищення стійкості системи.

#### **Контрольні питання:**

1 Назвіть основні типи моделей.

2 Наведіть рівняння безінерційного ланки.

3 Дайте визначення комплексно - частотній характеристиці.

4 Дайте визначення амплітудної і фазової частотної характеристики.

5 Як на практиці визначити частотні характеристики?

### **Лабораторна робота 3. Визначення стійкості процесу різання у технологічній системі за допомогою алгебраїчних та частотних критеріїв**

**Мета роботи** – вивчити методику визначення стійкості систем за допомогою алгебраїчних та частотних критеріїв на прикладі технологічної системи вертикально-свердлильного верстата.

#### **Порядок виконання роботи**

1. Згідно заданого індивідуального завдання на лабораторну роботу записати вихідні дані для побудови математичної моделі технологічної системи.

2. Скласти передатну функцію еквівалентної пружної системи  $W_{ЕПС}(p)$ , процесу різання  $W_{СПС}(p)$  з урахуванням числових значень приведеної маси  $m$ , коефіцієнта демпфірування  $C_z$ , коефіцієнта жорсткості  $K_z$ , питомої сили різання  $K_{po}$ , заданої подачі  $S_0$ , діаметра  $D$  та  $2\varphi$  ( $2\varphi = 120^\circ$ ).

3. Аналітично визначити частотні характеристики процесу свердління на вертикально свердлильному верстаті.

4. Визначити стійкість заданої системи шляхом побудови за допомогою ЕОМ годографа Найквіста та годографа Михайлова. Побудову годографу виконати з використанням прикладної програми TAULab2 або програмного комплексу SciLab (див. Додаток В).

5. Визначити стійкість системи за допомогою алгебраїчного критерію Ляпунова на підставі значень коренів характеристичного поліному.

6. За допомогою критерію Найквіста аналітично визначити максимальне припустиме значення подачі  $S_0$  max для забезпечення стійкого процесу

свердління заданого отвору діаметром  $D$ .

7. Зробити висновки по роботі.

**Контрольні питання:**

- 1 Назвіть основні типи моделей.
- 2 Що таке стійкість системи. Різновиди систем з точки зору стійкості.
- 3 Основні алгебраїчні критерії для визначення стійкості систем.
- 4 Основні частотні критерії для визначення стійкості систем.
- 5 Як на практиці визначити стійкість технологічної системи?

**Лабораторна робота 4. Визначення стійкості технологічної системи з урахуванням динамічної характеристики процесу різання**

**Мета роботи** – вивчити методику розрахунку і побудови частотних характеристик технологічної системи з урахуванням динамічної характеристики процесу різання на прикладі бесцентрового шліфування.

**Порядок виконання роботи**

1. Згідно заданого індивідуального завдання на лабораторну роботу записати вихідні дані для побудови математичної моделі технологічної системи.

2. Скласти передатну функцію еквівалентної пружної системи  $W_{ЕПС}(p)$ , процесу різання  $W_{СПС}(p)$  з урахуванням числових значень приведеної маси  $m$ , коефіцієнта демпфірування  $C_y$ , коефіцієнта жорсткості  $K_y$ , питомої сили різання  $K_{py}$ , постійної часу стружкоутворення, заданої подачі та глибини різання  $S_0, t_0$ .

3. Визначити стійкість заданої системи шляхом побудови за допомогою ЕОМ годографа Найквіста та годографа Михайлова. Побудову годографу виконати з використанням прикладної програми TAULab2 або програмного комплексу SciLab (див. Додаток Г).

4. Визначити стійкість процесу різання в системі за допомогою алгебраїчного критерію Ляпунова на підставі значень коренів характеристичного поліному. Порівняти між собою результати визначення стійкості системи за алгебраїчним і частотними критеріями.

6. Зробити висновки про характер впливу динамічної характеристики процесу різання в технологічній системі на її стійкість.

**Контрольні питання:**

- 1 Статична та динамічна характеристика процесу різання.
- 2 Що таке стійкість системи. Різновиди систем з точки зору стійкості.
- 3 Основні алгебраїчні критерії для визначення стійкості систем.
- 4 Основні частотні критерії для визначення стійкості систем.
- 5 Як на практиці визначити стійкість технологічної системи?

## 5. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ ТА ТЕСТИ

*Методологічні основи тестування в навчальному процесі.*

Застосування тестів дозволяє активізувати всі форми навчального процесу і підтримувати зворотний зв'язок викладача зі студентами. Крім того, тестування дає змогу студентам виробляти самооцінку своїх знань у період навчання, ще до початку залікової та екзаменаційної сесії.

За допомогою навчальних та контрольних тестів доцільно перевіряти наступні аспекти виучуваної дисципліни:

- засвоєння технічної термінології і її використання у повсякденній інженерній практиці, в тому числі й у відповідях на контрольні питання;
- засвоєння основних аналітичних та емпіричних залежностей, використовуваних при розробленні й експлуатації машин;
- рівень розуміння принципів роботи машин і обладнання, взаємодії вузлів та механізмів, їх функціональне призначення, характер руху робочих органів, їх взаємодії з оброблювальним середовищем, що при відповідях на питання може відображатися у вигляді конструктивних схем з вказанням і найменуванням позиції вузлів і деталей;
- уміння розв'язувати окремі практичні питання при експлуатації машин і т.п.

*Вступний контроль знань* із загальноінженерних дисциплін для оцінки загальної підготовленості студентів до сприйняття спеціальної дисципліни проводиться один раз на першому практичному (лабораторному) занятті, якому відводиться дві академічні години.

*Поточний контроль* якості здобутих знань і вмінь може здійснюватися двома методами:

по-перше, шляхом проведення коротких (до 10 хвилин) письмових опитувань за допомогою індивідуальних білетів, які включають 1 - 2 конкретні запитання із певної теми на початку кожного і лабораторного або практичного заняття. Відповіді оцінюються за чотирибальною системою і виставляються в журнал академгрупи. Незадовільні оцінки повинні бути виправлені впродовж тижня в години, відведені для консультацій за сіткою розкладу з даної дисципліни;

по-друге, з метою підвищення ефективності лекційних занять шляхом експрес-опитування з теми лекції, коли весь склад академічного потоку або групи письмово відповідає на одне загальне усне запитання лектора, задане з теми лекції, але в дещо іншій площині за 5 хвилин до дзвоника на перерву. При цьому важливо попередити студентів, що, виходячи з аудиторії, кожний персонально кладе свою роботу на стіл викладачеві протягом не більш ніж 2 хвилини, поки він розписується в журналах академгрупи. Оцінки експрес-опитувань також виставляються в журналах і служать одночасно перевіркою відвідування занять без переключки, яка займає багато часу.

## 6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАХОДІВ З ДИСЦИПЛІНИ

Рейтингова система оцінювання знань з дисципліни «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів» наведена в таблиці 6.1

Таблиця 6.1. – Рейтингова система оцінювання знань з дисципліни «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів»

№ КТ	Форма контролю	Модуль	Неділя	Максимальна кількість балів	Мінімальна кількість балів
1	ЛР 1	М1	4	10	5
2	ЛР 2		8	10	5
3	ЛР 3		10	10	5
4	ЛР 4		14	10	5
5	КР 1		15	60	35
Всього			-	100	55

### 6.1 Загальні положення

Лабораторні та контрольні роботи оцінюються згідно наведеної таблиці. Оцінка виконаного завдання за бальною системою в залежності від повноти та глибини розкритих питань, правильності відповіді на поставленні запитання, самостійності та творчості виконання, вміння технічно грамотно обґрунтовувати прийняті рішення, вміння логічно і послідовно викладати матеріал та оформляти письмові відповіді з дотриманням вимог державних стандартів України. У разі невиконання будь-якого із контрольних заходів модуль, до якого він належить, не зараховується.

### 6.2 Оцінювання лабораторних робіт

Оцінка «10...9 балів» виставляється студенту, який глибоко і надійно засвоїв програмний матеріал, вміє, вільно володіє науковою термінологією, без труднощів читає креслення вузлів і механізмів та впевнено використовує одержані знання для вирішення практичних задач. Можливі 1 - 2 неточності з другорядних питань, які не притягують за собою помилкових рішень. Допускається прийняти не більше одного неоптимального рішення, яке суттєво не впливає на кінцевий результат.

Оцінка «8...7 балів» виставляється студенту, який твердо засвоїв програмний матеріал та закономірності технологічних процесів, без особливих труднощів володіє науковою термінологією, вільно читає креслення, вміє використовувати одержані знання для вирішення практичних задач, але у відповідях допустив не більше 3-х неточностей в неістотних рішеннях, помилки в арифметичних підрахунках, в тім числі прийняв не більше 2-х неоптимальних рішень, які не притягнуть за собою одержання непрацездатної конструкції.

Оцінка «6 балів» виставляється студенту, який в цілому засвоїв програмний матеріал, але виявляє не системне і не глибоке знання матеріалу, у відповідях допускає окремі неточності та помилки, зазначає труднощі у використанні наукової термінології, невпевнено використовує одержані знання для вирішення конкретних практичних питань, при викладенні змісту не завжди дотримується послідовності,

допускає окремі помилки при роботі з кресленням, та окремі відхилення від вимог стандартів при оформленні екзаменаційної роботи. Допускається не більше 2-х нижче перерахованих помилок принципового значення:

- помилки в при роботі із табличними параметрами;
- помилки в розрахунках параметрів технологічної системи верстата, що суттєво впливає на кінцевий результат досліджень.

Оцінка «5...1 бал» виставляється студенту, який у більшій частині не засвоїв програмного теоретичного матеріалу, з великими труднощами використовує не міцні знання для вирішення практичних задач, слабо володіє технікою читання креслень, схем, ескізів, практично не розкрив питання, зробив грубі помилки в обчислюванні, що привели до прийняття помилкових рішень, зазнає труднощі у вирішенні принципових питань при розробці конструкції.

У випадку, якщо студент не приступив до виконання роботи, йому виставляється оцінка «0 балів». У разі несвоєчасного захисту роботи отримана оцінка зменшується на 1 бал. При повторному захисті роботи отримана оцінка зменшується на 2 бали.

### **6.3 Загальна підсумкова оцінка за контрольну роботу (КР1) визначається таким чином:**

У разі правильного виконання тестової частини контрольної роботи можна максимально отримати 22 бали. У разі правильного виконання задачі можна максимально отримати 38 балів.

Оцінка за виконану задачу.

Оцінка «38...35 балів» виставляється студенту, який глибоко і надійно засвоїв програмний матеріал загальнотеоретичних, фундаментальних і фахових дисциплін, вміє диференціювати, інтегрувати та уніфікувати знання, вільно володіє науковою термінологією, без труднощів читає креслення вузлів і механізмів та впевнено використовує одержані знання для вирішення практичних задач. При виконанні завдання можливі 1-2 неточності з другорядних питань, які не притягують за собою помилкових рішень. Допускається прийняти не більше одного неоптимального рішення, яке суттєво не впливає на кінцевий результат.

Оцінка «34...30 балів» виставляється студенту, який твердо засвоїв програмний матеріал фахової, загальнотеоретичної та фундаментальної підготовки та закономірності технологічних процесів, без особливих труднощів володіє науковою термінологією, вільно читає креслення, вміє використовувати одержані знання для вирішення практичних задач, але у відповідях допустив не більше 3-х неточностей в неістотних рішеннях, помилки в арифметичних підрахунках, в тім числі прийняв не більше 2-х неоптимальних рішень, які не притягнуть за собою одержання непрацездатної конструкції.

Оцінка «29...20 балів» виставляється студенту, який в цілому засвоїв програмний матеріал, але виявляє не системне і не глибоке знання матеріалу, у відповідях допускає окремі неточності та помилки, зазначає труднощі у використанні наукової термінології, не впевнено використовує одержані знання для вирішення конкретних практичних питань, при викладенні змісту не завжди дотримується послідовності, допускає окремі помилки при роботі з кресленням, та окремі відхилення від вимог стандартів при оформленні екзаменаційної роботи.

Допускається не більше 2-х нижче перерахованих помилок принципового значення: помилки в при роботі із табличними параметрами; помилки в розрахунках механізмів, що суттєво впливає на працездатність і надійність.

Оцінка «0...19 балів» виставляється студенту, який у більшій частині не засвоїв програмного теоретичного матеріалу, з великими труднощами використовує не міцні знання для вирішення практичних задач, слабо володіє технікою читання креслень, схем, ескізів, практично не розкрив питання, зробив грубі помилки в обчислюванні, що привели до прийняття помилкових рішень, зазнає труднощі у вирішенні принципів питань при розробці конструкції.

Максимальна загальна оцінка за контрольну роботу – 40 балів.

Критерії оцінювання виконання контрольної роботи №1 з дисципліни «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів» наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. – Критерії оцінювання виконання контрольної роботи №1 з дисципліни «Дослідження та випробування верстатів та верстатних комплексів»

№ задачі	Завдання	Кількість балів	Сума	Загальний бал за КР
Тестова частина	1 - 11	$11 * 2 = 22$	22	60
Задача	1	$1 * 38 = 38$	38	

У випадку, якщо студент не приступив до виконання роботи, йому виставляється оцінка «0 балів». У разі несвоєчасного виконання роботи отримана оцінка зменшується на 5 балів. При повторному написанні роботи отримана оцінка зменшується на 10 балів.

**Особливості проведення практичних робіт та складання іспиту для студентів заочної форми навчання.**

Складання іспиту містить рішення задачі та відповідь на 11 тестових запитань. Кожен студент виконує одну задачу згідно з варіантами, що вказані викладачем. Завдання виконуються на листах формату А4 або на листах із учнівського зошиту.

Перед початком роботи над індивідуальним завданням студент вивчає необхідний теоретичний матеріал під керівництвом викладача протягом 4 годин. На виконання задачі, а також написання тестів виділяється 2 години.

Після виконання завдання викладач перевіряє його та виставляє оцінки по кожній із контрольних точок (таблиця 6.2).

Підсумкова оцінка за рішення задачі (КТ1) визначається таким чином:

Оцінка виконання задачі виставляється за бальною системою в залежності від повноти та глибини розкритих питань, правильності відповіді на поставленні запитання, самостійності та творчості виконання, вміння технічно грамотно обґрунтовувати прийняті рішення, вміння логічно і послідовно викладати матеріал та оформляти письмові відповіді з дотриманням вимог державних стандартів України.



Таблиця 6.2 – Таблиця 6.1. – Критерії оцінювання виконання індивідуального завдання з дисципліни для студентів заочної форми навчання

№ КТ	Форма контролю	Модуль	Максимальна кількість балів	Мінімальна кількість балів
1	Вирішення задачі	М1	40	22
2	Тестова частина		60	33
<b>Всього</b>			<b>100</b>	<b>55</b>

Оцінка «40...35 балів» виставляється студенту, який глибоко і надійно засвоїв програмний матеріал, вміє, вільно володіє науковою термінологією, без труднощів читає креслення вузлів і механізмів та впевнено використовує одержані знання для вирішення практичних задач. Можливі 1-2 неточності з другорядних питань, які не притягують за собою помилкових рішень. Допускається прийняти не більше одного неоптимального рішення, яке суттєво не впливає на кінцевий результат.

Оцінка «34...30 балів» виставляється студенту, який твердо засвоїв програмний матеріал та закономірності технологічних процесів, без особливих труднощів володіє науковою термінологією, вільно читає креслення, вміє використовувати одержані знання для вирішення практичних задач, але у відповідях допустив не більше 3-х неточностей в неістотних рішеннях, помилки в арифметичних підрахунках, втім числі прийняв не більше 2-х неоптимальних рішень, які не притягнуть за собою одержання непрацездатної конструкції.

Оцінка «29...22 балів» виставляється студенту, який в цілому засвоїв програмний матеріал, але виявляє не системне і не глибоке знання матеріалу, у відповідях допускає окремі неточності та помилки, зазначає труднощі у використанні наукової термінології, невпевнено використовує одержані знання для вирішення конкретних практичних питань, при викладенні змісту не завжди дотримується послідовності, допускає окремі помилки при роботі з кресленням, та окремі відхилення від вимог стандартів при оформленні екзаменаційної роботи. Допускається не більше 2-х нижче перерахованих помилок принципового значення: помилки в при роботі із табличними параметрами; помилки в розрахунках механізмів, що суттєво впливає на працездатність і надійність.

Оцінка «21 бал» аби нижче виставляється студенту, який у більшій частині не засвоїв програмного теоретичного матеріалу, з великими труднощами використовує не міцні знання для вирішення практичних задач, слабо володіє технікою читання креслень, схем, ескізів, практично не розкрив питання, зробив грубі помилки в обчислюванні, що привели до прийняття помилкових рішень, зазнає труднощі у вирішенні принципових питань при розробці конструкції.

У випадку, якщо студент не подав на перевірку задачу, йому виставляється оцінка «0 балів».

Підсумкова оцінка за складання тестів (КТ2) визначається таким чином:

Залік з дисципліни проводиться у вигляді тестового контролю і містить 9 тестових запитань о п'яти варіантах відповідей, причому тільки одна з них є

вірною. Загальна (максимальна) кількість балів, що можна отримати – 60, мінімальний бал для зарахування результатів – 33. Бали в залежності від складності питань розподіляються таким чином, як наведено у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Критерії оцінювання тестової частини

№ питання	Бал	№ питання	Бал
1	4	7	4
2	4	8	3
3	4	9	3
4	4	10	3
5	4	11	3
6	4	-	-

У випадку, якщо студент не приступив до виконання роботи, йому виставляється оцінка «0 балів».

## 7. Навчально-методичні матеріали

### Основна література

1. Металлорежущие станки. Учебник для машиностроительных ВТУЗов / Под ред. В. Пуша. — М.: Машиностроение, 1986. — 576с.
2. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков — М.: Машиностроение, 1986. — 286 с.
3. Металлорежущие станки и автоматы. Учебник для машиностроительных ВУЗов / Под ред. А.С. Проникова. — М.: Машиностроение, 1981. — 479 с.
4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. — М.: Машиностроение, 1987 — 352 с.
5. Кудинов В.А. Динамика металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1967. — 352 с.
6. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Том 1 / Под ред. А.С. Проникова. — М.: Машиностроение, 1994. — 446с.
7. Методические указания к лабораторным работам «Исследования и испытания станков и станочных комплексов» / Сост. О.Ф. Бабин, А.И. Возняк. — Краматорск, 1993. — 40 с.
8. Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Исследования и испытания станков и станочных комплексов» / Сост. О.Ф. Бабин. — Краматорск : ДГМА, 1999. — 12 с.

### Додаткова література

9. Явлинский К.Н., Явлинский А.К. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем. — Л.: Машиностроение, 1983. — 239 с.
10. Нахопетян Е.Г. Диагностика оборудования гибкого автоматизированного производства. — М.: Наука, 1985. — 225 с.
11. Орликов М.А. Динамика станков. — Киев: Вища школа, 1989. — 270с.
12. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин). — М.: Изд-во МСХА, 2002. — 632 с.
13. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 560 с.
14. Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.Н. Надійність машин: підручник. — К.: Либідь, 2003. — 424 с.

## Питання до підсумкового контролю знань

1. Основні етапи експериментального дослідження верстатів.
2. Мета й основні задачі прикладних досліджень верстатів.
3. Методи дослідження верстатів.
4. Вимоги, які висуваються до математичної моделі.
5. Види випробувань верстатів.
6. Перевірка верстата в статичному стані.
7. Перевірка верстата на холостому ходу.
8. Перевірка верстата в роботі (при різанні).
9. Випробування верстата на надійність на холостому ходу.
10. Вимірювання та похибки. Загальні поняття.
11. Методи вимірювань.
12. Основні параметри засобів вимірювань.
13. Похибки вимірювань. Основні поняття.
14. Похибки вимірювальних засобів.
15. Похибки від температурних деформацій.
16. Похибки від вимірювального зусилля.
17. Статичні методи оцінювання параметрів. Загальні положення.
18. Нормальний розподіл. Основні залежності.
19. Статична оцінка нормального розподілу.
20. Оцінка середнього значення при нормальному розподілі.
21. Оцінка дисперсії. Розподіл Пірсона.
22. Виявлення й виключення результатів спостереження, що різко виділяються.
23. Порівняння дисперсії різних вибірок.
24. Порівняння середніх різних вибірок.
25. Перевірка закону розподілу.
26. Основні передумови регресійного і дисперсійного аналізу.
27. Дисперсійні й регресійні математичні моделі.
28. Метод експертних оцінок. Загальні положення.
29. Організація експертного опитування.
30. Статистична обробка результатів опитування.
31. Дисперсійний аналіз. Загальні положення.
32. Основне рівняння дисперсійного аналізу.
33. Повнофакторний експеримент.
34. Дрібно-факторний експеримент.
35. Обробка результатів експерименту при рівномірному дублюванні досвідів.
36. Мета й задачі технічної діагностики.
37. Методи діагностування верстатів.
38. Характеристика параметрів, вимірюваних при випробуваннях верстатів.
39. Технічні засоби діагностування.
40. Прогнозування показників параметричної надійності верстатів.

41. Випробування токарного верстату на жорсткість.
42. Прискорені випробування верстатів на надійність.
43. Перевірка технічного стану та паспортних даних верстату.
44. Визначення коефіцієнту рівняння регресії.
45. Рівняння регресії, загальний вид. Кількість членів рівняння регресії.
46. Випробування токарного верстату на точність.
47. Визначення шумових характеристик верстатів.
48. Випробування на зносостійкість. Вимірювання зношення.
49. Перевірка адекватності математичних моделей.
50. Динамічні випробування верстатів.
51. Визначити вільний член рівняння регресії за результатами експерименту.
52. Написати загальний вид рівняння регресії при двофакторному експерименті на трьох рівнях.
53. Визначити лінійні члени рівняння регресії (за результатами експерименту).
54. Визначити дисперсію відтворюваності (за результатами експерименту).
55. Визначити коефіцієнт варіації при експериментальній оцінці (результат).
56. Класифікація основних видів випробувань.
57. Методи випробувань на надійність. Загальні положення.
58. Випробування на зносостійкість. Методи вимірювання зношення.
59. Експлуатаційні спостереження.
60. Стендові випробування, мета, приклади виконання.
61. Випробування верстатів на надійність.
62. Випробування на надійність складних систем