

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО- НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії
Навчально-наукового механіко-машинобудівного
інституту, науковий керівник

Професор  Микола БОБИР

«» 2022 р.

М.П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра
«Динаміка і міцність машин»

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

Програму рекомендовано:

кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів

Протокол № 6 від « 16 » « лютого » 2022 р.

Завідувач  Сергій ПИСКУНОВ

Київ – 2022

ВСТУП

Програма вступних випробувань створена з метою конкурсного відбору на навчання за освітньо-професійними програмами підготовки магістрів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», освітня програма «Динаміка і міцність машин» спеціалізації «Динаміка і міцність машин», галузь знань 13 «Механічна інженерія», виявлення у абітурієнтів систематизованих знань і вмінь з класичних і чисельних методів визначення напружено-деформованого стану елементів конструкції авіабудування, оцінки їх міцності, надійності, стійкості при статичних і динамічних навантаженнях.

Програмою комплексного екзамену передбачено виконання завдань з трьох дисциплін теоретично-практичного спрямування:

1. Коливання стрижневих систем.
2. Механіка матеріалів і конструкцій.
3. Будівельна механіка стрижневих систем.

Кожний білет вміщує 3 завдання – по одному з кожної дисципліни. Розрахунковий час для повного виконання кожного завдання дорівнює 45 хвилин, а весь час проходження екзамену складає 2 години 15 хвилин.

Розв'язок кожного завдання має вміщувати принципову або розрахункову схему з умовними позначеннями та поясненнями, розрахунки та їх обґрунтування, висновки по отриманих результатах розрахунків, висновок щодо отриманого розв'язку завдання.

Використання допоміжної літератури в ході екзамену не передбачено.

Оцінювання результатів здійснюється на основі перевірки письмової роботи.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1. Коливання стержневих систем

1. Класифікація коливальних процесів і коливальних систем.
2. Кінематика гармонічних коливань.
3. Кінематика періодичних і випадкових коливань.
4. Класифікація сил в коливальній системі.
5. Складові частини і параметри лінійних коливальних систем з 1-м ступенем вільності.
6. Диференційне рівняння вільних коливань системи із одним ступенем вільності. Його розв'язування.
7. Види початкових умов. Визначення сталих інтегрування з початкових умов.
8. Вплив в'язкого тертя на вільні коливання.
9. Метод Релея.
10. Класифікація автономних активних систем. Класифікація автоколивань.
11. Методи визначення амплітуди і частоти автоколивань. Метод гармонічного балансу.
12. Гармонічне силові збудження в лінійній системі без тертя. Поняття про резонанс.
13. Гармонічне кінематичне збудження в лінійній системі без тертя.
14. Періодичне силове збудження лінійної коливальної системи без тертя.
15. Основи і методи віброзахисту.
16. Параметричні коливання. Лінійна задача. Діаграма Айнса-Стретта.
17. Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем вільності.
18. Метод гармонічного балансу для нелінійних автономних систем.
19. Метод гармонічного балансу для дослідження нелінійних неавтономних систем.

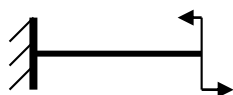
20. Вимушені коливання нелінійної системи з урахуванням в'язкого тертя
21. Квадратичні форми і матриці параметрів системи з багатьма ступенями вільності.
22. Методи розв'язування рівнянь вільних коливань системи з багатьма степенями вільності.

Метод головних коливань (МГК).

23. Властивості власних частот і власних форм коливань
24. Рівняння вільних коливань системи з багатьма степенями вільності .
25. Вимушені коливання системи з багатьма степенями вільності з урахуванням тертя.
26. Кінематичне збудження в системі з багатьма степенями вільності
27. Диференційне рівняння поздовжніх коливань стрижня
28. Крутильні коливання круглого стрижня.
29. Вільні згинальні коливання стрижня.
30. Вимушені згинальні коливання стрижня

1.2. Механіка матеріалів і конструкцій

1. Знайти абсолютне видовження стрижня VI довжиною $l=1$ м з поперечним перерізом 5×2 см і модулем Юнга $E=2 \cdot 10^5$ МПа, якщо він розтягується силою 100 кН.
2. Визначити площу поперечного перерізу стрижня з умови міцності, якщо він розтягується силою 80 кН і виготовлений із сталі, для якої допустимі напруження $[\sigma]=160$ МПа .
3. Знайти максимальні дотичні напруження в стрижні, який розтягується силою 50 кН і має площу поперечного перерізу $2,5$ см².
4. Визначити величину допустимих напружень для сталі, якщо відома границя текучості $\sigma_T=200$ МПа і коефіцієнт запасу міцності $n=2$.
5. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови міцності, якщо він скручується моментом $M=314$ Н·м і виготовлений із сталі, для якої допустимі напруження $[\tau]=80$ МПа .
6. Знайти кут закручування φ стрижня довжиною $l=1$ м з поперечним перерізом діаметром 20 мм і модулем пружності при зсуві $G=0,8 \cdot 10^5$ МПа, якщо він скручується моментом 62,8 Н·м.
7. Знайти максимальні нормальні напруження в стрижні, який скручується моментом $M=314$ Н·м і має діаметр поперечного перерізу 50 мм.
8. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови жорсткості, якщо він скручується моментом $M=314$ Н·м. Стрижень виготовлено із сталі, у якої модуль пружності при зсуві $G=0,8 \cdot 10^5$ МПа. Допустимий відносний кут закручування $[\varphi]=0,001$ рад/м
9. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови жорсткості при $[\varepsilon]=0,0005$, якщо він розтягується силою 80 кН. Стрижень виготовлено із сталі, у якої модуль Юнга $E=2 \cdot 10^5$ МПа .
10. Знайти поперечну силу і інтенсивність розподіленого навантаження при $x=5$ м, скориставшись диференційними залежностями при згині, якщо задано згинальний момент $M=(100x+10x^2)$ Н·м .
11. Знайти згинальний момент, скориставшись диференційними залежностями при згині, при $x=2$ м, якщо задано поперечну силу $Q=20x$ Н.
12. Визначити розміри квадратного поперечного перерізу стрижня з умови міцності, якщо він згинається моментом $M=320$ Н·м і виготовлений із сталі, для якої допустиме напруження $[\sigma]=160$ МПа .



13. Визначити розміри круглого поперечного перерізу консольного закріпленого стрижня довжиною 1 м з умови

жорсткості, якщо він згинається зосередженим моментом $M = 314 \text{ Н}\cdot\text{м}$, прикладеним на кінці. Максимальний прогин не повинен перевищувати 1 см.

14. Визначити максимальні нормальні напруження у стрижні прямокутного поперечного перерізу розмірами $h = 0,1 \text{ м}$, $b = 0,05 \text{ м}$, якщо він згинається зосередженим моментом $M = 300 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

15. Визначити максимальні дотичні напруження у стрижні прямокутного поперечного перерізу розмірами $h = 0,1 \text{ м}$, $b = 0,05 \text{ м}$, якщо він згинається зосередженим моментом $M = 300 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

16. Визначити максимальні дотичні напруження у поперечному перерізі двотаврової балки №20 при чистому згині, якщо вона згинається моментом $M = 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

17. Визначити максимальні дотичні напруження у стрижні квадратного поперечного перерізу розмірами $0,05 \times 0,05 \text{ м}$ при поперечній силі 10 кН.

18. Визначити величину критичної сили для стрижня квадратного поперечного перерізу розмірами $0,06 \times 0,06 \text{ м}$ довжиною 5 м, якщо один кінець його закріплено за допомогою шарнірно нерухокої опори, а другий шарнірно рухої. Стержень виготовлено із сталі з модулем Юнга $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

19. Визначити максимальні напруження в тонкостінній трубі при внутрішньому тиску 10 МПа, товщині стінки 0,002 м і середньому діаметрі 0,02 м.

20. При якому коефіцієнті асиметрії циклу r навантаження є найбільш небезпечним з точки зору міцності деталі?

21. Знайти абсолютне видовження стрижня V_l довжиною $l = 1 \text{ м}$ з поперечним перерізом $5 \times 2 \text{ см}$ і модулем Юнга $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, якщо він розтягується силою 100 кН.

22. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови міцності, якщо він скручується моментом $M = 314 \text{ Н}\cdot\text{м}$ і виготовлений із сталі, для якої допустимі напруження $[\tau] = 80 \text{ МПа}$.

23. Визначити площу поперечного перерізу стрижня з умови міцності, якщо він розтягується силою 80 кН і виготовлений із сталі, для якої допустимі напруження $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

24. Знайти максимальні дотичні напруження в стрижні, який розтягується силою 50 кН і має площу поперечного перерізу $2,5 \text{ см}^2$.

25. Визначити величину допустимих напружень для сталі, якщо відома границя текучості $\sigma_T = 200 \text{ МПа}$ і коефіцієнт запасу міцності $n = 2$.

26. Знайти кут закручування φ стрижня довжиною $l = 1 \text{ м}$ з поперечним перерізом діаметром 20 мм і модулем пружності при зсуві $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, якщо він скручується моментом 62,8 Н·м.

27. Знайти максимальні нормальні напруження в стрижні, який скручується моментом $M = 314 \text{ Н}\cdot\text{м}$ і має діаметр поперечного перерізу 50 мм.

28. Знайти згинальний момент, скориставшись диференційними залежностями при згині, при $x = 2 \text{ м}$, якщо задано поперечну силу $Q = 20x \text{ Н}$.

29. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови жорсткості, якщо він скручується моментом $M = 314 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Стержень виготовлено із сталі, у якої модуль пружності при зсуві $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Допустимий відносний кут закручування $[\varphi] = 0,001$.

30. Визначити діаметр поперечного перерізу стрижня з умови жорсткості при $[\varepsilon] = 0,0005$, якщо він розтягується силою 80 кН. Стержень виготовлено із сталі, у якої модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

1.3. Будівельна механіка стрижневих систем

1. Кінематичний аналіз. Кількісний і якісний етапи. Геометрично змінювані і геометрично незмінювані системи.
2. Визначення внутрішніх зусиль у стрижнях ферм. Спосіб вирізування вузлів, спосіб наскрізних перерізів при розрахунку плоских ферм, «нульові стрижні».
3. Метод сил: Основна основні невідомі, основна система, система канонічних рівнянь.
4. Особливості застосування методу сил для статично невизначуваних ферм
5. Розрахунок симетричних конструкцій методом сил.
6. Метод переміщень: основні невідомі, основна система методу переміщень, система канонічних рівнянь.
7. Внутрішні зусилля у елементах основної системи методу переміщень (однопрогонових балках «защемлення-защемлення», «защемлення-шарнір»).
8. Метод переміщень в розгорнутій формі: основні невідомі, побудова розв'язувальних рівнянь.
9. Розрахунок симетричних рам методом переміщень.
10. Зміст і процедура виконання кінематичної перевірки для статично-невизначуваних стрижневих систем.
11. Метод скінченних елементів. Стрижневий скінченний елемент. Дискретна модель стрижневої системи.
12. Вузлові характеристики стержневого скінченного елемента. Базисна і місцева (локальна) системи координат, зв'язок між ними (матриця перетворення).
13. Матриця жорсткості стрижневого скінченного елемента в місцевій (локальній) системі координат. Зміст компонент.
14. Вузлові характеристики скінченно-елементної моделі. Матриця жорсткості скінченно-елементної моделі.
15. Обчислення внутрішніх зусиль в стержнях при використанні МСЕ
16. Збіжність розв'язку МСЕ. Використання стрижневих скінченних елементів для опису криволінійних і ступінчастих стрижнів.
17. Стійкість механічних систем. Критерії стійкості та методи визначення критичних навантажень.
18. Стійкість стрижнів і стрижневих систем з скінченною кількістю ступенів вільності. Диференційне рівняння згину стрижнів і його розв'язок.
19. Визначення умов стійкої рівноваги механічних систем з декількома ступенями вільності.
20. Багатопараметричне навантаження, область стійкості стрижневих систем.
21. Співвідношення для визначення кінцевих зусиль стиснуто-зігнутих стрижнів.
22. Розрахунок стрижневих систем на стійкість методом переміщень. Визначення критичних навантажень з системи розв'язувальних рівнянь методу переміщень.
23. Вільне кручення тонкостінних стержнів.
24. Секторіальні характеристики поперечного перерізу для тонкостінних стержнів
25. Деформація поперечного перерізу тонкостінних стержнів
26. Стиснене кручення тонкостінних стержнів. Основні співвідношення.
27. Диференційне рівняння стисненого кручення стержнів
28. Напружено-деформований стан тонкостінних стержнів в умовах складного опору.

2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1. Критерії оцінювання (за системою ECTS та PCO)

Відповіді на питання з дисципліни **Числові методи динаміки і міцності машин** .:

Ваговий бал – 34:

- повна відповідь з розрахунками, принциповою чи конструктивною схемою (не менше 90% потрібної інформації) – **33-34** бали;
- повна відповідь з неприциповими неточностями, зокрема обчислювального характеру, (не менше 85% потрібної інформації), – **30-32** бали;
- принципово правильна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – **25-30** балів;
- повна відповідь з принциповими неточностями (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – **18-24** бали;
- не повна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 50% потрібної інформації) та незначні помилки – **9-17** балів;
- «незадовільно», принципово неправильна відповідь або її відсутність – **0-8** балів.

Відповіді на питання з дисципліни **опір матеріалів**:

Ваговий бал – 33:

- повна відповідь з розрахунками, принциповою чи конструктивною схемою (не менше 90% потрібної інформації) – 32-33 бали;
- повна відповідь з неприциповими неточностями, зокрема обчислювального характеру, (не менше 85% потрібної інформації), – 30-32 бали;
- принципово правильна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 25-30 балів;
- повна відповідь з принциповими неточностями (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 18-24 бали;
- не повна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 50% потрібної інформації) та незначні помилки – 9-17 балів;
- «незадовільно», принципово неправильна відповідь або її відсутність – 0-8 балів.

Відповіді на питання з дисципліни **будівельна механіка машин**:

Ваговий бал – 33:

- повна відповідь з розрахунками, принциповою чи конструктивною схемою (не менше 90% потрібної інформації) – 32-33 бали;
- повна відповідь з неприциповими неточностями, зокрема обчислювального характеру, (не менше 85% потрібної інформації), – 30-32 бали;
- принципово правильна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 25-30 балів;
- повна відповідь з принциповими неточностями (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 18-24 бали;
- не повна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 50% потрібної інформації) та незначні помилки – 9-17 балів;
- «незадовільно», принципово неправильна відповідь або її відсутність – 0-8 балів.

Максимальна сума балів складає **100**. За умови, якщо вступник набирає менше 60 балів, вважається, що він отримав незадовільну оцінку.

2.2. Розрахунок оцінки за системою ECTS та PCO

Чисельний еквівалент оцінки Φ з комплексного фахового випробування розраховується за формулою:

$$\Phi = \sum \Phi_i$$

де Φ_i – оцінка за i -е питання білету.

Залежно від суми отриманих балів, вступнику виставляється оцінка за рейтинговою системою оцінювання поданою в таблиці 1:

Таблиця 1

Бали	Традиційна оцінка
100..95	Відмінно
94..85	Дуже добре
84..75	Добре
74..65	Задовільно
64..60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Перерахунок оцінки рейтингової системи оцінювання за 200-бальною шкалою подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

2.3. Приклад типового завдання комплексного фахового випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № XX

1. Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем вільності.
2. Знайти максимальні дотичні напруження в стрижні, який розтягується силою 50 кН і має площу поперечного перерізу 2,5 см².
3. Секторіальні характеристики поперечного перерізу для тонкостінних стержнів

3. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

підручники та навчальні посібники, рекомендовані МОН

1. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
2. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливань і стійкості руху : Підручник.- К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл

навчальні посібники, рекомендовані Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського

1. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О., Трубачев С.І. Теорія коливань та стійкості руху. Навч.посіб.-К. Гама-Принт, 2010.-172с.
2. Чемерис О.М. Будівельна механіка машин. Розд. 1. Стрижневі системи [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка». – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2238>.
3. Чемерис О.М. Будівельна механіка машин. Розд. 2. Пластинки і оболонки [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.090501 «Прикладна механіка». – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/5290>.
4. Чемерис О.М. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельна механіка машин» для спеціальності «Динаміка і міцність машин» Розд. 3. Стійкість пружних систем. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 76 с.

інші підручники та навчальні посібники

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности: учебник для строит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.
2. Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання [Електронний ресурс]: підручник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: ВІПОЛ, 2013. – 896 с. – Доступ: http://www.knuba.edu.ua/?page_id=458.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
4. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. – М.: Высш.шк.,1980.-408 с.
5. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука,1979. -336с.
6. Бояршинов С.В. Основы строительной механики машин: учебник для машиностроит. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1973. – 456 с.
7. Вольмир А.С. и др. Устойчивость деформируемых систем. – М.: ФМЛ, 1988. – 984 с.
8. Тимошенко С.П. и др. Пластинки и оболочки. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 635 с.
9. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уинвер У. Колебания в инженерном деле . – М.: Машиностроение, 1985. – 472с Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 592 с.

Розробники програми:

1. Д.т.н., проф. С.О. Пискунов

2. Д.т.н., проф. О.О. Боронко

3. К.т.н., доц. С.І. Трубачев

4. Колодяжний В.А.