

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії  
Факультету електроніки

Декан \_\_\_\_\_ Валерій ЖУЙКОВ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

М.П.

**ПРОГРАМА**

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітню програму підготовки магістра  
«Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації»  
*за спеціальністю 171 Електроніка*

Програму рекомендовано:

кафедрою акустичних та мультимедійних  
електронних систем

Протокол № 9 від «17» «лютого» 2021 р.

Завідувач \_\_\_\_\_ Сергій НАЙДА

Київ – 2021



## ВСТУП

**Метою** комплексного фахового випробування є виявлення схильності до ведення науково-дослідницької та пошуково-аналітичної роботи для осіб, які виявили бажання навчатися за програмами магістра зі спеціальності 171 Електроніка.

**Завданнями** комплексного фахового випробування є:

- оцінювання рівня теоретичних знань;
- оцінювання спроможності використання теоретичних знань при розв'язанні практичних завдань.

**Характеристика змісту програми.** Програма вступних випробувань складена на підставі дисциплін циклу професійної підготовки бакалавра зі спеціальності 171 Електроніка, передбачених Освітньо-професійною програмою підготовки бакалавра, має синтетичний характер і інтегрує знання відповідно до таких модулів професійних знань:

- теоретичні основи акустики;
- фізична акустика;
- електроакустичні перетворювачі;
- прикладна акустика;
- методи обробки акустичних сигналів.

Комплексне фахове випробування є іспитом, що виконується у письмовій формі та триває 150 хвилин. Особи, що приймають участь у комплексному фаховому випробуванні, одержують у випадковому порядку екзаменаційні білети. Загальна кількість білетів 30. Кожний білет містить п'ять теоретичних питань, по одному питанню для кожного з п'яти модулів професійних знань.

Рівень теоретичних знань та спроможність їх використання при виконанні практичних завдань оцінюються в рамках стандарту ECTS, тобто за 100-бальною шкалою PСO, а також за 200-бальною шкалою ЄVІ.

Строки та порядок проведення фахових випробувань визначаються правилами прийому до Національного технічного університету країни «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

# 1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД: ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ

## 1.1. Дисципліна «Теоретичні основи акустики»

1. Рівняння стану та рівняння енергії.
2. Рівняння неперервності
3. Рівняння руху (рівняння Ейлера).
4. Потенціал швидкості та його зв'язок з основними параметрами ідеального середовища.
5. Хвильове рівняння (декартова система координат – одномірний та трьохвимірний випадки).
6. Загальний розв'язок хвильового рівняння (декартові координати). Плоскі хвилі, поняття хвильового вектора.
7. Загальний розв'язок хвильового рівняння (циліндричні координати). Циліндричні хвилі
8. Загальний розв'язок хвильового рівняння (сферичні координати). Сферичні хвилі.
9. Рівняння Гельмгольца.
10. Загальні типи граничних умов.
11. Енергетичні характеристики звукових хвиль (густина енергії).
12. Енергетичні характеристики звукових хвиль (густина потоку потужності, закон збереження звукової енергії).
13. Нормальне падіння плоских хвиль на границю розділу середовищ (постановка задачі, граничні умови, розв'язок).
14. Нормальне падіння плоских хвиль на границю розділу середовищ (випадок відбиття звуку).
15. Нормальне падіння плоских хвиль на границю розділу середовищ (випадок проходження звуку).
16. Похиле падіння плоских хвиль на границю розділу середовищ (постановка задачі, граничні умови, розв'язок).
17. Похиле падіння плоских хвиль на границю розділу середовищ (випадок повного проникання звуку).
18. Тиск, швидкість, потужність в хвилях, що пройшли скрізь границю розділу середовищ при похилому падінні.
19. Проходження звукової хвилі через плоский шар (перешкодою є інше середовище).
20. Пульсуюча сфера (основні співвідношення, розв'язок для тиску та коливальної швидкості).
21. Пульсуюча сфера (основні співвідношення, визначення питомого імпедансу).
22. Опір випромінювання пульсуючої сфери.
23. Синфазна пара (просторова характеристика при роботі в зонах Фраунгофера та Френеля).
24. Несинфазна пара (просторова характеристика при роботі в зонах Фраунгофера та Френеля).
25. Осцилююча сфера (основні співвідношення, визначення питомого імпедансу).
26. Осцилююча сфера (основні співвідношення, розв'язок для тиску та коливальної швидкості).
27. Опір випромінювання осцилюючої сфери.
28. Випромінювання звуку циліндром (розв'язок рівняння Гельмгольца в циліндричних координатах).
29. Основні властивості загального розв'язку рівняння Гельмгольца для випромінюючого циліндра.
30. Звукове поле пульсуючого циліндричного джерела (визначення тиску та коливальної швидкості).

## 1.2. Дисципліна «Фізична акустика»

1. Закон Гука.
  2. Вивід рівняння Ламе. Хвильові рівняння.
  3. Природа хвиль типу  $l$  та  $t$  (повздовжні та поперечні). Поляризація хвиль.
  4. Хвилі в пружному ізотропному напівпросторі. Математична постановка задачі. Наближення в постановці задачі. Визначення ПВ-гармоніки.
  5. Поле, що виникає під дією ПВ-гармоніки.
  6. Хвилі в пружному ізотропному напівпросторі у випадку  $\lambda \gg l$  (просторовий період впливу).
  7. Поверхнева хвиля Релея.
  8. Способи збудження поверхневих хвиль.
  9. Амплітуди хвиль типу  $l$  та  $t$ , що збуджуються ПВ-гармонікою в товщі матеріалу.
- Просторово-частотні характеристики середовища.
10. Близьке поле випромінювача кінцевих розмірів. Довжина прожекторної зони.
  11. Поле пружних хвиль в дальній зоні випромінювача кінцевих розмірів.
  12. Поглинання хвиль малої амплітуди у в'язко-пружнотсередовищі.
  13. Тверді середовища. Симетричні хвилі Лемба.
  14. Тверді середовища. Антисиметричні хвилі Лемба.
  15. Рівняння звукових хвиль у середовищі, що рухається.
  16. Хвилі, які виникають в середовищі, що рухається, під дією просторово-часової гармоніки.
  17. Теорема Кірхгофа про зв'язок значень поля в об'ємі і на його поверхні.
  18. Перешкода малих хвильових розмірів, що відрізняється від середовища тільки здатністю стискатися.
  19. Перешкода малих хвильових розмірів, що відрізняється від середовища тільки щільністю.
  20. Рівняння, що описує поширення хвиль у неоднорідному середовищі. Навідні міркування, що дозволяють передбачити форму рішення, за умови, що параметри середовища змінюються повільно.
  21. Підстановка передбаченого рішення в хвильове рівняння неоднорідного середовища і перетворення останнього в систему рівнянь.
  22. Рівняння ейконала і переносу як наслідку хвильового рівняння.
  23. Поняття фронту хвилі і променя. Вивід рівняння променів з рівняння ейконала.
  24. Хвильоводи. Типи граничних умов.
  25. Нормальні хвилі. Їх повздовжня і поперечна структура. Фазова швидкість поширення для шару з двома м'якими границями.
  26. Математична природа функцій, що описують нормальні хвилі. Оператор Штурма-Леувіля, його власні функції і власні числа, їхня роль в описі структури нормальних хвиль.
  27. Поле крапкового гармонійного джерела в плоскому хвильоводі (рішення задачі методом поперечних перерізів).
  28. Застосування формули Кирхгофа для рішення задачі відбиття хвиль. Наближення Кирхгофа.
  29. Відбиття сферичної хвилі від твердого диска при розміщенні локатора на осі диска. Зони Френеля. Радіуси зон Френеля.
  30. Аналіз відбиття сферичної хвилі від твердого диска за допомогою поняття зон Френеля. Залежність амплітуди відбитого сигналу від радіуса диска при фіксованій відстані.

### 1.3. Дисципліна «Електроакустичні перетворювачі»

1. Класифікація перетворювачів, їх коротка характеристика за класифікаційними ознаками.
2. Простий механічний осцилятор. Вільні коливання. Вимушені коливання. Енергія коливань. Опір втрат. Частотні залежності потужності та фази.
3. Метод енергетичних еквівалентів для систем з розподіленими параметрами.
4. Стрижньові коливальні системи. Рівняння руху та його розв'язки. Вхідний механічний імпеданс. Вільний стрижень. Стрижень з закріпленням кінцем.
5. Складений двохсекційний стрижень. Вузловий (нейтральний) переріз. Механічні напруження. Механічна добротність.
6. Два вихідних положення відносно вивчення систем перетворення енергії. Електромеханоакустична система.
7. Рівняння електромеханічного перетворення.
8. Режими випромінювання і прийому електромеханічних перетворювачів та їх характеристики: імпеданс, потужність, к.к.д., чутливість.
9. Енергетичний коефіцієнт електромеханічного зв'язку.
10. Поздовжні коливання п'єзокерамічного стрижня. Поперечний та поздовжній п'єзо ефекти.
11. Рівняння руху п'єзокерамічного стрижня при поперечному п'єзо ефекті. Імпеданс і резонансні частоти вільного стрижня.
12. Поздовжні коливання п'єзоелектричної пластини по товщині.
13. П'єзоелектричний стрижень як осцилятор. Коефіцієнт електромеханічної трансформації. Співвідношення між електричними та електромеханічними потужностями перетворювача.
14. П'єзоелектричний стрижень як система з багатьма ступенями свободи. Енергетичний метод. Рівняння Лагранжа. Типи діючих при перетворенні енергій. Вирази для кожної з діючих енергій. Співвідношення, які впливають з балансу діючих енергій.
15. Несиметричний стержньовий випромінювач: випромінювач з накладками різної товщини; односторонній випромінювач з одною навантаженою накладкою; четверть хвильовий випромінювач; випромінювач з навантаженою накладкою; півхвильовий випромінювач.
16. П'єзоелектричні циліндричні перетворювачі. Позитивні якості та недоліки. Розрахункова модель.
17. Рівняння руху, імпеданс та резонансні частоти ненавантаженого кільця. Електромеханічна схема навантаженого кільця. Розрахункові співвідношення в режимі випромінювання.
18. Розрахункові співвідношення в режимі прийому. Розрахунки секціонованого циліндричного перетворювача. Конструкція циліндричного перетворювача.
19. Пластинчасті перетворювачі, які працюють на коливаннях згину. Позитивні якості та недоліки. Принцип дії.
20. Резонансні частоти пластинчастих перетворювачів. Круглі перетворювачі. Прямокутні перетворювачі.
21. Сферичний, арочний та поздовжньо-згинний п'єзокерамічні перетворювачі.
22. Обмеження, які необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації перетворювачів.
23. Вплив кавітації на ЕАП.
24. Механічна міцність ЕАП.
25. Електрична міцність ЕАП.
26. Гранична потужність ЕАП.
27. Особливості вибору типу перетворювачів.
28. Особливості вибору форми перетворювачів.
29. Особливості вибору розмірів перетворювачів.
30. Вибір активного матеріалу перетворювачів.

## **1.4. Дисципліна «Прикладна акустика»**

1. Конденсаторні мікрофони тиску, градієнту тиску. Управління характеристикою напрямленості.
2. Акустична чутливість мікрофонів тиску і градієнт утиску.
3. Основні акустичні характеристики мікрофонів. Чутливість мікрофону.
4. Акустичні системи. Звукові колонки.
5. Рупорні гучномовці. Акустичне поле в рупорі.
6. Розрахунок зовнішнього оформлення гучномовця ( щит, відкритий ящик, закритий ящик, фазоінвертор).
7. Вхідний опір гучномовця. Внесений опір гучномовця.
8. Будова і принцип дії електродинамічного дифузорового гучномовця.
9. Класифікація і основні характеристики гучномовців.
10. Опір випромінювання. Залежність від зовнішнього оформлення (поршень в екрані, без екрану, напівпоршень).
11. Метод електромеханічних і електроакустичних аналогій.
12. ХН круглого плоского перетворювача.
13. ХН прямокутних поршнів.
14. ХН лінійної еквідистантної групи точкових джерел (приймачів) звуку.
15. Коефіцієнт вісьової концентрації випромінювачів і приймачів звуку.
16. Характеристика напрямленості (ХН) випромінювачів і приймачів звуку. Чисельні характеристики ХН.
17. Звукоізоляція приміщень.
18. Акустичні звукопоглинаючі матеріали.
19. Якісний аналіз акустики приміщення за допомогою геометричної теорії.
20. Основні акустичні вимоги до проектування приміщень різного призначення.
21. Стандартний час реверберації. Акустичне відношення. Ефективний час реверберації.
22. Основні акустичні характеристики приміщення в рамках статистичної теорії.
23. Джерела утворення приголосних звуків. Акустичні характеристики приголосних.
24. Фонація. Акустичні характеристики голосових звуків.
25. Акустична модель голосового тракту.
26. Інтегральна локалізація звуку. Методи стереофонічної звукопередачі.
27. Гармонічна і мелодична висота тону. Тембр звуку.
28. Гучність. Гучність складних звуків.
29. Рівень гучності. Криві рівної гучності.
30. Теорії слуху і механізм сприйняття звуку.

## **1.5. Дисципліна «Методи обробки акустичних сигналів»**

1. Нерекурсивні фільтри. Рівняння фільтрації. Порядок фільтру. Імпульсний відгук та частотна характеристика нерекурсивного фільтру.
2. Розрахунок нерекурсивних НЧ-фільтрів методом оберненого перетворення Фур'є. Явище Гіббса. Функції вікна.
3. Розрахунок нерекурсивних ВЧ, смугових та режекторних фільтрів.
4. Рекурсивні фільтри. Алгоритм рекурсивної фільтрації. Імпульсний відгук передатна характеристика рекурсивного фільтру.
5. Розрахунок рекурсивних фільтрів методом частотного перетворення.
6. Вікно Кайзера та розрахунок нерекурсивних фільтрів за методом Кайзера.
7. Нерекурсивний диференціюючий фільтр.

8. Рекурсивний інтегруючий фільтр.
9. Оптимальні (за Чебишевим) нерекурсивні фільтри.
10. Перетворення Гільберта та його основні властивості.
11. Розрахунок перетворення Гільберта за допомогою перетворення Фур'є.
12. Дискретне перетворення Гільберта.
13. Чотири форми перетворення Фур'є.
14. Цифрова фільтрація із застосуванням дискретного перетворення Фур'є.
15. Функції вікна в дискретному перетворенні Фур'є.
16. Інтерполяція за допомогою перетворення Фур'є та дописування нулів.
17. Швидке перетворення Фур'є. Механізм виграшу у кількості арифметичних операцій.
18. Оцінювання густини ймовірності стаціон. випадк. процесу гістрограмним методом.
19. Крапкова оцінка математичного чекання СВП та її якість (зміщення, дисперсія).
20. Крапкова оцінка дисперсії СВП та її якість (зміщення, дисперсія).
21. Інтервальна оцінка математичного чекання СВП.
22. Інтервальна оцінка дисперсії СВП.
23. Періодограмна оцінка спектру СВП.
24. Оцінювання кореляційної функції СВП. Зміщена та незміщена оцінки.
25. Математичне чекання та дисперсія оцінок кореляційної функції СВП.
26. Теорема Вінера-Хінчіна. Двосторонній та односторонній спектри потужності.
27. Кореляційна функція та спектр потужності гармонічного процесу із випадковою початковою фазою.
28. Кореляційна функція та спектр потужності білого шуму із спектром, обмеженим за частотою.
29. Механізм виявлення гармонічного сигналу на тлі шуму шляхом кореляційної обробки.
30. Оцінювання спектру СВП: оцінки Бартлета та Уелча.

## 2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1. Критерії оцінювання

Комплексне фахове випробування є іспитом, що виконується у письмовій формі та триває 150 хвилин. Особи, що приймають участь у комплексному фаховому випробуванні, одержують у випадковому порядку екзаменаційні білети. Загальна кількість білетів: 30. Кожний білет містить п'ять питань, по одному питанню для кожного з п'яти модулів професійних знань. Кожне із п'яти питань оцінюється за 100-бальною шкалою PCO (табл. 1).

Таблиця 1

|                |                                                                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 95 – 100 балів | Повна відповідь. Абітурієнт продемонстрував володіння матеріалом в повному обсязі |
| 85 – 94 балів  | Вірна, але неповна відповідь.                                                     |
| 75 – 84 балів  | Відповідь містить незначні помилки                                                |
| 65 – 74 балів  | Відповідь містить суттєві, але не принципові помилки                              |
| 60 – 64 балів  | Відповідь містить принципові помилки                                              |
| 0 балів        | Відповідь відсутня                                                                |

Рівень знань та спроможність їх використання при виконанні практичних завдань оцінюються в рамках стандарту ECTS, тобто за 100-бальною шкалою PCO (табл. 2). Загальну оцінку  $O$  за 100-бальною шкалою PCO одержують шляхом арифметичного усереднення оцінок  $O_i, i = 1, \dots, 5$ , одержаних на відповіді за кожне із п'яти питань білету:

$$O = (O_1 + O_2 + O_3 + O_4 + O_5) / 5$$

Округлення результату виконують за прийнятими в математиці правилами.

Шляхом перерахунку оцінки  $O$  за 100-бальною шкалою PCO, отримують оцінку за 200-бальною шкалою ЄВІ (табл. 2).

Таблиця 2

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

| Оцінка PCO | Оцінка ЄВІ | Оцінка PCO | Оцінка ЄВІ | Оцінка PCO | Оцінка ЄВІ | Оцінка PCO | Оцінка ЄВІ |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 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      |

### 2.2. Про використання літератури та електронних засобів під час випробування

Питання, із яких складаються білети, не вимагають виконання якихось обчислень, а потребують демонстрації рівня теоретичних знань та спроможності їх використання при розв'язанні практичних завдань. Тому при проведенні комплексного фахового випробування забороняється використання будь-якої довідкової та навчально-методичної літератури та електронних засобів (мобільні телефони, ноутбуки, планшети тощо).



## **2.3. Приклад типового завдання комплексного фахового випробування**

### **Білет №1**

1. Рівняння стану та рівняння енергії.
2. Закон Гука.
3. Класифікація перетворювачів, їх коротка характеристика за класифікаційними ознаками.
4. Конденсаторні мікрофони тиску, градієнту тиску. Управління характеристикою напрямленості.
5. Нерекурсивні фільтри. Рівняння фільтрації. Порядок фільтру. Імпульсний відгук та частотна характеристика нерекурсивного фільтру.

## **3. Списки літератури для підготовки до випробування**

### **3.1. Література авторів-викладачів відповідних дисциплін**

1. Дідковський В.С., Найда С.А., Овсяник В.П. Фізична акустика. Навч. посібник - Кіровоград: "Імекс ЛТД", 2009
2. Дідковський В.С., Коржик О.В., Лейко О.Г. Електричні п'єзокерамічні перетворювачі. Навч. посібник - Кіровоград: "Імекс ЛТД", 2006
3. Практикум з технічної акустики. Навч. посібник / Під ред. Дідковський В.С. - Кіровоград: "Імекс ЛТД", 2003
4. Дідковський В.С., Луньова С.А. Основи архітектурної та фізіологічної акустики. Навч. посібник - Кіровоград: "Імекс ЛТД", 2001
5. Дідковський В.С., Грінченко В.Т., Маципура В.Т. Теоретичні основи акустики. Навч. посібник - К.: УМЗН МО України, 1998
6. Дідковський В.С., Маципура В.Т., Обозненко И.Л. Волновые задачи отражения и прохождения звука. Уч. пособие - К.: УМКМО, 1989
7. Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. Навальний посібник - Кіровоград: "Імекс ЛТД", 2010

### **3.2. Загальна література**

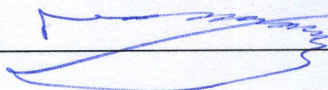
1. Акустика: Справ. / Под ред. М.А. Сапожкова. - М.: Радио и связь, 1989. - 336с.
2. Аронов Б.С. Электро-механические преобразователи из пьезоэлектрической керамики. - Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 272с.
3. Вахитов Я.Ш. Теоретические основы элетроакустики и злектроакустическая аппаратура. - М.: Искусство, 1982. - 415с.
4. Гусак А.А., Гусак Г.М. Справочник по высшей математике. - Минск: Навука і тэхніка, 1991. - 480с.
5. Домаркас В.Й., Кажис Р.-И.Ю. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. - Вильнюс., 1974. - 258с.
6. Домаркас В.Й., Пилецкас З.Л. Ультразвуковая эхоскопия. - Л.: Машиностроение, 1988. - 276с.
7. Ермолов И.Н. Контроль ультразвуком: Краткий справ. - М.: НПО ЦНИИТМАШ, 1992. - 86с.
8. Кайно Г. Акустические волны: Устройства, визуализация и аналоговая обработка сигналов: Пер.с англ. - М.: Мир, 1990. - 656с.
9. Каневский И.Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн. - М.: Наука, 1977. - 336с.
10. Королев М.В., Карпельсон А.Е. Широкополосные ультразвуковые пьезопреобразователи. - М.: Машиностроение, 1982. - 157с.
11. Неразрушающий контроль: В 5 кн. К.н.2. Акустические методы контроля: Практ. пособие / Под.ред. В.В. Сухорукова. - М.: Высш.шк., 1991. - 283с.



12. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./Под ред. К.Хилла.-М.: Мир, 1989.-568с.
13. Розенберг Л.Д. Звуковые фокусирующие системы. -М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949.-110с,
14. Скучик Б. Основы акустики: В 2 т.-М.: Мир, 1976.-Т.2.-546с.
15. Смартышев М.Д. Направленность гидроакустических антенн. -Л.: Судостроение, 1973.-280С.
16. Справочник по гидроакустике / А.П.Евтютов, А.Е.Колесников, А.П.Ляликов и др.-Л: Судостроение, 1982.-344с.
17. Ультразвук. Маленькая энциклопедия/ Под ред. А.П.Голяминой.-М.: Советская энциклопедия, 1979.-400с.
18. Ультразвуковые преобразователи: Пер. с англ./ Под ред. Б.Кикучи.-М.:Мир,1972.-424с.
19. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. -608с.

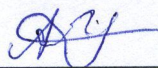
### Розробники програми:

Завідувач кафедри АМЕС,  
д.т.н, професор



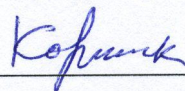
Сергій НАЙДА

Професор кафедри АМЕС,  
д.т.н, професор



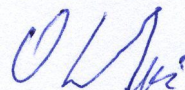
Аркадій ПРОДЕУС

Професор кафедри АМЕС,  
д.т.н, професор



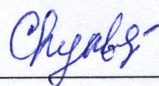
Олексій КОРЖИК

Професор кафедри АМЕС,  
д.т.н, професор



Олександр ЛЕЙКО

Доцент кафедри АМЕС,  
к.фіз.-мат.н, доцент



Світлана ЛУНЬОВА