



## АЕРОДИНАМІКА ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший(бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	“Авіацій на та ракетно-космічна техніка”
Статус дисципліни	Цикл професійної підготовки
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська/англійська
Інформація про керівника курсу викладачів	Лектор: к.ф.-м.н., с.н.с, Лук'янов П.В., <a href="mailto:lvptvl@ukr.net">lvptvl@ukr.net</a> Практичні: к.ф.-м.н.,с.н.с, Лук'янов П.В., <a href="mailto:lvptvl@ukr.net">lvptvl@ukr.net</a> Лабораторні:асис. Поваров С.А. <a href="mailto:sergey_povar@ukr.net">sergey_povar@ukr.net</a>
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Аеродинаміка літальних апаратів (ЛА) є базовою навчальною дисципліною бакалаврського рівня підготовки за 134 спеціальністю. Основою даного курсу є система рівнянь аеродинаміки, за допомогою якої ставляться та розв'язуються сучасні задачі аеродинаміки ЛА. Система рівнянь складається з рівняння руху газоподібного середовища (Нав'є-Стокса), рівняння збереження цілісності середовища (рівняння нерозривності), рівняння стану. Важливу роль у наближених розрахунках відіграють закон збереження енергії та рівняння Бернуллі. Для теоретичного дослідження ЛА застосовується метод аеродинамічної подібності, який базується на теорії аеродинамічної подібності. Вводяться масштабні множники подібності. Розглядаються моделі подібності за числами Рейнольдса, Маха, Струхаля, Фруда. Теорія подібності дозволяє здійснити перехід від модельних задач, які досліджуються в аеродинамічній трубі, на натурні зразки ЛА.

Основою практичної аеродинаміки ЛА є формули Жуковського, Чаплигіна, теорія тонкого крилового профілю, обтікання крил скінченого розмаху. Розглядаються поняття вихрових систем крила, основи теорії несучої лінії, індуктивний опір крила, різні типи крил. З метою практичного застосування аеродинаміки літака вводяться поняття коефіцієнту підйомної сили, аеродинамічного опору, коефіцієнту тиску, сили тяги, моменту сили тяги, моменту тангажа, поляри першого та другого роду. Для повного аеродинамічного

розрахунку важливим є вплив механізації крила літака на аеродинаміку літака в цілому. Розглядаються різні типи механізації крила. Наводяться формули розрахунку аеродинамічних параметрів окремо фюзеляжу літака, та формули аеродинамічного розрахунку літака в цілому. Розглянуто режим трансзвукового обтікання крила літака, наведено рівняння поширення малих збурень у нестационарному тривимірному наближенні.

Друга частина курсу присвячена аеродинаміці вертольота. Надаються загальні відомості про вертольоти. Розглянута теорія несучого гвинта гелікоптера, його аеродинамічні характеристики. В основі розрахунку аеродинаміки вертольота є імпульсна теорія. Наводиться застосування імпульсної теорії для різних режимів польоту вертольоту. Для вивчення силових характеристик гвинта, утворення індуктивного опору, розглянуто теорію елемента лопаті, вихрову теорію. Це дозволило вивчити аеродинаміку ротора вертольота на різних режимах польоту.

У даному курсі наводяться елементи динаміки польоту вертольоту, які безпосередньо пов'язані з аеродинамічними характеристиками вертольоту. На їх основі виведено систему рівнянь, що пов'язують сили та моменти, які діють на вертоліт під час польоту умови стійкого польоту вертольоту, з аеродинамічними характеристиками несучого гвинта. Наводяться умови центрування вертольота.

Аеродинаміка ЛА відноситься до загально інженерних дисциплін і знаходиться на стику загально технічних і спеціальних дисциплін. Вона є подальшим вивченням складних задач механіки газу, теоретичної механіки.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення кредитного модулю «Аеродинаміка ЛА» дозволяють їм визначати основні аеродинамічні характеристики ЛА, розрахувати сили та моменти сил, які діють на ЛА під час польоту, дослідити умови центрування ЛА.

**Метою навчальної дисципліни є формування у студентів *компетентностей*:**

ЗК4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК1. Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ФК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

ФК10. Здатність виконувати аеродинамічні розрахунки літаків і вертольотів.

ФК12. Здатність розробляти плани трубних аеродинамічних експериментів та керувати їх виконанням.

ФК13. Здатність проектувати елементи механічного експериментального обладнання для визначення аеродинамічних характеристик літальних апаратів, а також параметрів міцності та пружності їх конструкцій.

А також:

- засвоєння студентами системи рівнянь аеродинаміки ЛА, методів аеродинамічного моделювання, теорії подібності;
- опанування теорії тонкого профілю крила, формули Жуковського та Чаплигіна;
- вивчення основних аеродинамічних характеристик літака та вміння їх розраховувати;
- засвоєння імпульсної теорії, теорії елемента лопаті, вихрової теорії з метою розрахунку аеродинамічних характеристик несучого гвинта вертольота на різних режимах польоту;
- навчитись розраховувати коефіцієнти потужності, підйомної сили, крутку лопаті, дослідити умови «ідеального» гвинта;
- вивчення зв'язку між аеродинамікою вертольота та динамікою польоту, встановлення умов стійкого польоту, центрування вертольота.

#### **Програмні результати навчання:**

ПР 9. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПР 11. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

ПР 23. На підставі результатів аналізу аеродинамічних характеристик прототипів, обирати найбільш оптимальний варіант аеродинамічної компоновки літального апарату.

ПР 27. Аналізувати результати трубного аеродинамічного експерименту, та використовувати їх для визначення оптимальної аеродинамічної конфігурації літального апарату та його елементів.

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

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів навичок основ теоретичної механіки, механіки газу, вищої математики, чисельних методів, комп'ютерного пакету «Пансім».

#### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
<b>Частина I Аеродинаміка літака</b>	36	18	-	18	5

<b>Тема 1.</b> Загальні відомості. Основні закони аеродинаміки.		2		2	4
<b>Тема 2.</b> Теорія аеродинамічної подібності		2		4	4
<b>Тема 3.</b> Теорія крила		4		4	4
<b>Модульна контрольна робота</b>		2			
<b>Тема 4.</b> Аеродинамічні характеристики крила літака.		2		4	4
<b>Тема 5.</b> Механізація крила.		2		2	4
<b>Тема 6</b> Комплексний розрахунок аеродинамічних характеристик літака.		2		2	5
<b>Тема 7</b> Трансзвукова аеродинаміка.		2			4
<b>Частина II Аеродинаміка вертольота</b>	36	18	18	-	5
<b>Тема 8.</b> Вертоліт		1			4
<b>Тема 9.</b> Несучий гвинт вертольота.		1	2		4
<b>Тема 10.</b> Вертикальний політ.		2	2		4
<b>Тема 11.</b> Теорія елемента лопаті.		2	2		4
<b>Тема 12.</b> Аеродинамічні характеристики на режимі весіння		2	2		4
<b>Тема 13.</b> Вихрова теорія		2	2		2
<b>Тема 14.</b> Горизонтальний політ вертольот		2	2		4
<b>Тема 15.</b> Зв'язок аеродинаміки з динамікою польоту вертольота.		1	2		4
<b>Тема 16.</b> Центрування, аеродинамічна стійкість, перевантаження вертольота.		1	2		4
<b>Тема 17</b> Сучасні моделі аеродинаміки.		2			4
<b>Модульна контрольна робота</b>		2	2		
<b>Всього годин:</b>	<b>150</b>	36	18	18	72

#### 4. *Навчальні матеріали та ресурси*

##### 1. Базова література.

- 1.1. Аеродинаміка літальних апаратів / Харків: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2015
- 1.2. Аеродинаміка літальних апаратів / Г. Н. Котельніков [та ін.]; ред. Ю. М. Терещенко. — К. : Вища освіта, 2002. — 254 с.
- 1.3. Лемко О.Л. Навчальний посібник «Аеродинамічні характеристики транспортних

- літаків та їх розрахунок». Електронне навчальне видання. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. - 75 с.
- 1.4. E. L. Houghton, P. W. Carpenter, Steven H. Collicott, Aerodynamics for Engineering Students 7th Edition. - Butterworth-Heinemann, 2017. - 668 p.
- 1.5. Anderson, J. Fundamentals of Aerodynamics. McGraw-Hill Series in Aeronautical and Aerospace Engineering. New York: McGraw-Hill Education, 2011. - 1131 p.
- 1.6. Bertin, John J., Cummings, Russell M. Aerodynamics for Engineers. 6th edition. Cambridge University Press, 2021. - 820 p.
- 1.7. Tapan K. Sengupta, Theoretical and Computational Aerodynamics. - John Wiley & Sons, 2014. – 516 p.
- 1.8 Аерогідрогазодинаміка: підручник / В. Г. Лебедь, Ю. І. Миргород, Є. О. Українець. — Х. : ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2011.— 415 с.
1. 9 Тягній В. Г., Ємець В. В. Основи аеродинаміки і динаміки польоту. Частина I. Аерогідрогазодинаміка. Хар-ків : ХНУВС, 2023. – 280 с.
- 1.10. Wayne Jonson. Helicopter Theory. Dover Publication incorporation.-1980, New York., 1084p.
1. 11 John Anderson. Fundamentals of Aerodynamics. Mc Graw Hill Education. Six Edition. 1130p.

## **2.Додаткова література**

- 2.1. Batchelor G.K. An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK, 2000. - 631 p.
- 2.2. Illia Kryvokhatko, Aerodynamics of Tandem Wing Aircraft. Springer, 2023. – 294 p.
- 2.3. Brij N. Agrawal, Max F. Platzer, Standard Handbook for Aerospace Engineers, 2nd Edition. McGraw-Hill Education, 2018. – 1392 p.
- 2.4. Jochen Wild, High-Lift Aerodynamics, CRC Press, 2022. – 308 p.
- 2.5. Stefano Discetti, Andrea Ianiro, Experimental Aerodynamics. CRC Press, 2017. – 483 p.
- 2.6. Pascual Marques, Andrea Da Ronch, Advanced UAV Aerodynamics, Flight Stability and Control: Novel Concepts, Theory and Applications. Wiley, 2017. - 766 p.

### **Інформаційне забезпечення.**

- Сайт НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" <http://kpi.ua>.
- Сайт IAT <http://iat.kpi.ua>.
- Сайт каф. АРБ <http://arb.kpi.ua>.

### **Навчальний контент**

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

## Лекційні заняття.

Таблиця 2

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>Частина I Аеродинаміка літака</b>	
1	<p><b>Лекція 1. Загальні відомості. Основні закони аеродинаміки.</b> Повітря та його властивості. Закон збереження маси. Рівняння нерозривності руху. Закон збереження енергії. Рівняння енергії в диференціальній формі. Частинний випадок рівняння Бернуллі.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Будова атмосфери. Стандартна атмосфера. Склад і властивості повітря.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 10-15.</p>
2	<p><b>Лекція 2. Теорія аеродинамічної подібності.</b> Поняття механічної подібності потоків. Умова динамічної подібності за числом Рейнольдса. Різні випадки числа Маху. Масштабні множники, коефіцієнти подібності, завдання теорії подібності. Аеродинамічне моделювання.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Залежність характеристик профілю від числа Рейнольдса.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.4 ] с. 225-236.</p>
3	<p><b>Лекція 3. Теорія крила.</b> Формула Кутта-Жуковського. Формула Чаплигіна про результуючу силу тиску. Тонкий профіль крила у нестисливому потоці. Теорія тонкого профілю. Особливості обтікання крила скінченого розмаху. Вихрові системи крила. Основи теорії несучої лінії. Поняття про скос потоку та індуктивний опір крила.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Вихорева теорія крила нескінченного розмаху.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 63-71.</p>
4	<p><b>Лекція 4. Аеродинамічні характеристики крила літака. Стрілоподібне крило у дозвуковому потоці.</b></p> <p>Аеродинамічні характеристики профілю несучих поверхонь ЛА . Геометричні характеристики несучих поверхонь. Поняття про аеродинамічну якість, полярні діаграми I і II роду. Аеродинамічний момент тангажу. Поняття про стрілоподібність крила та його ефект. Фізична картина обтікання стрілоподібного крила. Зв'язок між параметрами стрілоподібного та прямого крила. Крила малих подовжень.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Моментні характеристики стрілоподібного крила.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.6 ] с. 292-300.</p>
5	<p><b>Лекція 5. Аеродинаміка крила на дозвукових та навколосвукових швидкостях.</b></p> <p>Вплив стисливості повітря на аеродинамічні характеристики крила скінченого розмаху у дозвуковому потоці. Критичне число Маха. Аеродинамічні характеристики крила скінченого розмаху при транс звукових швидкостях. Моментні характеристики крила.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Крило скінченого розмаху в надзвуковому потоці. Аеродинамічний нагрів.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.1 ] с. 148-161.</p>
6	<p><b>Лекція 6. Механізація крила.</b></p> <p>Керуючі поверхні крила, види і способи механізації крила. Розрахунок геометричних параметрів несучої поверхні крила, горизонтального, вертикального оперення. Визначення максимального коефіцієнта підйомної сили. Види механізації крила. Механізація передньої крайки крила. Механізація задньої крайки крила. Вплив механізації крила на його аеродинамічні характеристики.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Вібруючий та роторний передкрилки. Адаптивні крила.</p> <p><u>Література:</u> [ 1.4 ] с. 305-322.</p>

	<p><b>Лекція 7. Комплексний розрахунок аеродинамічних характеристик літака</b>  <b>Аеродинамічні характеристики фюзеляжу і оперення.</b>          Геометричні та аеродинамічні характеристики фюзеляжу. Визначення коефіцієнта підйомної сили літака. Визначення похідної коефіцієнта підйомної сили фюзеляжу за кутом атаки. Визначення коефіцієнта лобового опору літака. Визначення коефіцієнта лобового опору фюзеляжу за нульової підйомної сили.  <u>Завдання на СРС:</u> Особливості компоновання оперення дозвукових літаків. Вибір профілів для оперення.  <u>Література:</u> [ 1.6 ] с. 366-370.</p>
8	<p><b>Лекція 8. Транззвукова аеродинаміка.</b>          Рівняння поширення малих збурень від тонкого крила. Різні випадки спрощення.  <u>Література:</u> [ 1.2 ] с. 169-175.</p>
9	<p><b>Лекція 9. Аеродинаміка повітряного гвинта. Аеродинамічні схеми літаків та їх особливості.</b>          Основні параметри повітряного гвинта. Принцип дії повітряного гвинта. Підбір гвинта до літака. Типи повітряних гвинтів. Взаємний вплив повітряного гвинта і літака. Класична аеродинамічна схема. Аеродинамічна схема „качка”. Аеродинамічна схема „тандем”. Аеродинамічні схеми „безхвостка” та „літаюче крило”.  <u>Завдання на СРС:</u> Вплив стисливості повітря на характеристики гвинта.  <u>Література:</u> [ 1.4 ] с. 390-411.</p>
<p><b>Частина II Аеродинаміка вертольота</b></p>	
10	<p><b>Лекція 10. Вертоліт.</b>          Загальні відомості. Вертольоти одно гвинтової схеми, співвісної схеми, поздовжньої схеми, фенестрон. Режими роботи вертольота.  <u>Завдання на СРС:</u> .  <u>Література:</u> [ 1.1 0 ] с.88-96.</p>
11	<p><b>Лекція 11 Несучий гвинт вертольота. Імпульсна теорія.</b>          Умовні позначення та характерні розмірні величини. Фізичні параметри лопаті. Аеродинамічні параметри лопаті. Параметри руху лопаті. Імпульсна теорія. Вертикальний політ.  <u>Завдання на СРС:</u>  <u>Література:</u> [ 1.1 0 ] с. 97-103.</p>
12	<p><b>Лекція 12. Узагальнена імпульсна теорія.</b> Застосування варіаційного числення для розв'язання задач оптимізації аеродинаміки вертольота. Умова мінімізації затрат індуктивної потужності.  <u>Завдання на СРС:</u>  <u>Література:</u> [ 1.1 0 ] с. 104-111.</p>
13	<p><b>Лекція 13. Несучий гвинт на режимі весіння або набору висоти.</b>          Закручування сліду. Теорія елемента лопаті. Сила тяги, індуктивна швидкість, потужність, аеродинамічний момент. Різні випадки розрахунку профільної потужності.  <u>Завдання на СРС:</u>  <u>Література:</u> [ 1.1 0 ] с. 114-124.</p>
14	<p><b>Лекція 14. Аеродинамічні характеристики на режимі весіння.</b> Коефіцієнти сили тяги та потужності несучого гвинта. Прикінцеві витрати. Середній коефіцієнт підйомної сили лопаті. Ідеальний несучий гвинт. Оптимальний несучий гвинт для весіння.  <u>Завдання на СРС:</u> <u>Література:</u> [ 1.1 0 ] с. 125-134.</p>
15	<p><b>Лекція 15. Вихрова теорія.</b>          Навантаження на диск, розподіл навантаження за розмірами та циркуляція. Вихрова теорія. Диска вихрова теорія. Розрахунок аеродинамічних параметрів</p>

	на основі вихрової теорії. Завдання на СРС: . Література: [ 1.1 0 ] с. 135-145.
16	<b>Лекція 16. Горизонтальний політ вертольота.</b> Сили та моменти НГ при польоті уперед з горизонтальною швидкістю. Аеродинамічні сили. Моменти на втулці НГ. Завдання на СРС: . Література: [ 1.9 ] с. 146-156.
17	<b>Лекція 17. Зв'язок аеродинаміки з динамікою польоту вертольота.</b> Основні системи координат, що використовуються в динаміці польоту вертольота. Кути, що визначають положення вертольота в просторі. Нормальна і рухома земна системи координат. Зв'язана, швидкісна система координат система координат. Траєкторна система координат. Завдання на СРС: . Література: [ 1.9] с. 156-166.
18	<b>Лекція 18 Центрування, аеродинамічна стійкість, перевантаження вертольота</b> Центрування вертольота. Сили і моменти, що діють на вертоліт в польоті. Методика розрахунку поздовжнього центрування при зміні завантаження. Методика побудови схеми сил і моментів, що діють на вертоліт. Завдання на СРС: Сучасні моделі аеродинаміки. Література: [ 1.9] с. 167-176.

#### Практичні заняття.

Головна мета практичних занять – це дослідження особливостей застосування методів аеродинаміки розрахунку аеродинаміки ЛА.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Імпульсна теорія: розрахунок втрат на індуктивну потужність ротора гелікоптера.	4
2	Теорія елемента лопаті: розрахунок сила тяги $T$ , повздовжньої сили $H$ , поперечної складової $Y$ , крутячого моменту $Q$ .	2
3	Розрахунок циркуляції, індуктивної швидкості, навантаження несучого гвинта гелікоптера на основі вихрової теорії.	4
4	Центрування вертольота.	2
5	Повний силовий та моментний розрахунок вертольоту.	4
6	Визначення допустимих силових перевантажень вертольота під час польоту.	2

#### Лабораторні заняття

Головна мета лабораторних занять – це дослідження за допомогою числових методів аеродинамічного моделювання основних явищ і залежностей, викладених в теоретичному курсі дисципліни, та засвоєння навичок практичного застосування отриманих знань для виконання аеродинамічних розрахунків і експериментів.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
-------	---------------------------	----------------------



1	Створення панельно-поверхневої розрахункової моделі літака та визначення її основних аеродинамічних характеристик.	4
2	Дослідження впливу геометричних параметрів крила скінченого розмаху на його аеродинамічні характеристики.	2
3	Дослідження аеродинамічних характеристик моделі зі щілинним закритком.	4
4	Вплив геометричних параметрів горизонтального оперення літака на характеристики поздовжньої стійкості.	4
5	Дослідження розрахункової моделі тандемної аеродинамічної схеми.	4

### Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою. Об'єм та тематика самостійної роботи студентів викладена в Таблиці 2.

### Політика та контроль

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

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку не відпрацювання студентом усіх передбачених занять до заліку він не допускається; пропущені заняття обов'язково мають бути відпрацьовані. Форму і час відпрацювання студент та викладач взаємно погоджують.

#### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

#### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

#### 7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання [https://document.kpi.ua/files/2020\\_1-273.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf)

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до конкретних цілей теми з метою перевірки ступеню та якості засвоєння матеріалу. На всіх заняттях застосовується об'єктивний контроль теоретичної підготовки та засвоєння практичних навичок для перевірки підготовленості здобувача вищої освіти до заняття. В процесі поточного контролю оцінюється самостійна робота студента щодо повноти виконання завдань, рівня засвоєння навчальних матеріалів, оволодіння практичними

навичками аналітичної, дослідницької роботи тощо. Результати поточного контролю заносяться в Систему Кампус КПІ імені Ігоря Сікорського.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 24 балів). Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш, ніж 28 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 42 бали).

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за таке:

1. практичні заняття;
2. залік.

#### 1. Практичні заняття

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює 4 балів x 5 = 20 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 4;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 2...3;
- не підготовлений – 0.

#### 2. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює 4 балів x 6 = 24 бала.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 4;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 2...3;
- не підготовлений – 0.

#### 3. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 5.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 5;
- виконання, але неповне – 2...3;
- не виконання – 0.

Максимальна кількість балів дорівнює 4 балів x 2 = 10 балів.

#### 3. Екзамен

Ваговий бал – 46.

Максимальна кількість балів дорівнює 46 балів. Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання - 46;
- неповне виконання завдання - 3...40;
- роботу виконано незадовільно - 0.

#### ***Штрафні та заохочувальні бали:***

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...3 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +1...+3 бали;

– відсутність на занятті без поважної причини: –1...–5 балів.

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 5.

**Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 20+24+10+46 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингові бали, R	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

При переведенні студента з іншого вузу оцінки з дисципліни можуть перезарахуватись за умов відповідності даній програмі.

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

**Складено доцентом** кафедри АРБ, к.ф-м.н., с.н.с. П.В. Лук'янов

**Ухвалено** кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.2023)

**Погоджено** Методичною комісією ІАТ (протокол №6 від 22.06.2023)