



НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВІАЦІЇ ТА КОСМОНАВТИЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Літаки і вертольоти</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на сайті університету: rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Сухов Віталій Вікторович, <i>sukhovkpi@gmail.com</i> , тел. +38(067)5061412 Практичні, лабораторні: ас. Солдатенко Оксана Михайлівна, <i>Oksana.hubina2811@gmail.com</i> , тел. +38(066)4505443
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Даний кредитний модуль призначений для надання студентам знань у галузі теоретичних основ щодо розробки та використання нових технологій та матеріалів при створенні літальних апаратів і космічних систем, формування у студентів актуальних знань про новітні розробки в сфері авіаційної та космічної інженерії, здобування практичних навиків їхнього ефективного застосування.

Мета і завдання дисципліни

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- підбирати та використовувати нові матеріали і технології при розробці літальних апаратів і космічних систем;
- пропонувати способи вирішення проблем, пов'язаних з розробкою та виробництвом авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- аналізувати знання про новітні розробки в сфері авіаційної та космічної інженерії і застосовувати їх для вирішення нагальних потреб.

Завданням навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

ЗК 5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ФК 3. Здатність обґрунтовувати вибір класу матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ФК 7. Здатність виконувати інженерні та управлінські роботи з підготовки виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій.

Програмними результатами навчання є:

ПР 9. Обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, обирати і застосовувати ефективні методи модифікації їх властивостей.

ПР 15. Застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі комп'ютеризованого гнучкого виробництва, складання і випробування елементів та систем сучасної авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПР 18. Визначати та оптимізувати параметри технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування вузлів, агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

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

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів знань і вмінь, які вони отримали під час вивчення дисциплін за спеціальністю 134 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка".

Вивчення цієї дисципліни забезпечує проведення науково-дослідної роботи за темою магістерської дисертації, практики та безпосередню роботу над магістерською дисертацією.

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРС
Тема 1. Найбільш очікувані технології в авіаційній галузі	10	2	2	2	4
Тема 2. Технології виробництва деталей турбореактивних двигунів	12	2	2	2	6
Тема 3. Нові композитні матеріали на основі волокон	22	4	4	4	10
Тема 4. Електрифікація двигунів літальних апаратів	12	2	2	2	6
Тема 5. Фотовольтаїка для космічних апаратів	14	2	2	2	8

Тема 6. Нові типи двигунів для літальних апаратів та космічних систем майбутнього	12	2	2	2	6
Тема 7. Нові матеріали для літальних апаратів та технології їх створення	12	2	2	2	6
Тема 8. Адитивні технології	12	2	2	2	6
Контрольна робота	7	-	4	-	3
Залік	7	2	-	-	5
Всього годин:	120	20	22	18	60

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, Dr. P. M. Jawandhiya Review of Unmanned Aircraft System (UAS) / International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2, Issue 4, April 2013. ISSN: 2278 – 1323
2. Kawagishi K., Yeh A., Yokokawa T., Kobayashi T., Koizumi Y., & Harada H. (2012). Development of an Oxidation-Resistant High-Strength Sixth-Generation Single-Crystal Superalloy TMS-238. *Superalloys*, 189-195.
3. Long H., Mao S., Liu Y., Zhang Z., & Han X. (2018). Microstructural and compositional design of Ni-based single crystalline superalloys — A review. *Journal of Alloys and Compounds*, 743, 203–220. doi:10.1016/j.jallcom.2018.01.224
4. Franco-Urquiza E.A.; Dollinger A.; Torres-Arellano M.; Piedra S.; Alcántara Llanas P.I.; Rentería-Rodríguez V.; Zarate Pérez C. Innovation in Aircraft Cabin Interior Panels Part I: Technical Assessment on Replacing the Honeycomb with Structural Foams and Evaluation of Optimal Curing of Prepreg Fiberglass. *Polymers* 2021, 13, 3207. <https://doi.org/10.3390/polym13193207>
5. Firas J. Khusiafan. Use of KEVLAR® 49 in Aircraft Components / *Engineering Management Research*; Vol. 7, No. 2; 2018. doi:10.5539/emr.v7n2p14
6. Soutis, C. (2005). Carbon fiber reinforced plastics in aircraft construction. *Materials Science and Engineering: A*, 412(1-2), 171–176. doi:10.1016/j.msea.2005.08.064
7. Ralph H. Jansen, Dr. Cheryl L. Bowman, Sean Clarke, David Avanesian, Dr. Paula Dempsey, Dr. Rodger W. Dyson. NASA Electrified Aircraft Propulsion Efforts / NATO UNCLASSIFIED / STO-MP-AVT-323, P. 3 – 11, 2019.
8. Li, M., Igbari, F., Wang, Z., & Liao, L. (2020). Indoor Thin-Film Photovoltaics: Progress and Challenges. *Advanced Energy Materials*, 2000641. doi:10.1002/aenm.202000641
9. Mohd Jani, J., Leary, M., Subic, A., & Gibson, M. A. (2014). A review of shape memory alloy research, applications and opportunities. *Materials & Design (1980-2015)*, 56, 1078–1113. doi:10.1016/j.matdes.2013.11.084
10. Rashed, M. G., Ashraf, M., Mines, R. A. W., & Hazell, P. J. (2016). Metallic microlattice materials: A current state of the art on manufacturing, mechanical properties and applications. *Materials & Design*, 95, 518–533. doi:10.1016/j.matdes.2016.01.146

11. A review of coated nano- and micro-lattice materials Alina R. Garcia-Taormina, Adie Alwen, Ruth Schwaiger, Andrea M. Hodge. DOI:10.1557/s43578-021-00178-6
12. Singamneni S, Yifan LV, Hewitt A, Chalk R, Thomas W, et al. (2019) Additive Manufacturing for the Aircraft Industry: A Review. J Aeronaut Aerospace Eng 8: 214. doi:10.4172/2329-6542.1000214

Додаткова література:

13. Michael Buck & Michael Dorf (1995) Boron Fibers In Composite Materials, Materials Technology, 10:1-2, 13-16, DOI: 10.1080/10667857.1995.11752582
14. Zhiwen Dai, Chenglong Wang, Dalin Zhang, Wenxi Tian, Suizheng Qiu, G.H. Su. Design and analysis of a free-piston stirling engine for space nuclear power reactor / Nuclear Engineering and Technology / Volume 53, Issue 2, February 2021, Pages 637-646. <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.07.011>
15. Коваль Ю.М. Сплави з ефектом пам'яті форми – потужний клас функціональних матеріалів / Наука та інновації.2005.Т 1.№ 2.С. 80–95.
16. Xiong, J., Mines, R., Ghosh, R., Vaziri, A., Ma, L., Ohrndorf, A., ... Wu, L. (2015). Advanced Micro-Lattice Materials. Advanced Engineering Materials, 17(9), 1253–1264. doi:10.1002/adem.201400471
17. SakshiKokil-Shah, Sur, A., Darvekar, S. *et al.* Recent Advancements of Micro-Lattice Structures: Application, Manufacturing Methods, Mechanical Properties, Topologies and Challenges. *Arab J Sci Eng* 46, 11587–11600 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05992-y>
18. Johnson, S. B., Gormley, T. J., Kessler, S. S., Mott, C. D., Patterson-Hine, A., Reichard, K. M., & Scandura, P. A. (Eds.). (2011). System Health Management. doi:10.1002/9781119994053
19. Lu, F. K., & Braun, E. M. (2014). Rotating Detonation Wave Propulsion: Experimental Challenges, Modeling, and Engine Concepts. *Journal of Propulsion and Power*, 30(5), 1125–1142. doi:10.2514/1.b34802

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	<i>Тема 1. Найбільш очікувані технології в авіаційній галузі</i>
1	<i>Лекція 1.</i> Вступ. Найбільш очікувані технології, що розвиваються в авіаційній галузі. Завдання для СРС: Розглянути детальніше питання систем автономного польоту. Література: [1]
	<i>Тема 2. Технології виробництва деталей турбореактивних двигунів</i>
2	<i>Лекція 2.</i> Нові матеріали для лопаток турбовентилляторних двигунів та термозахисні покриття для них. Завдання для СРС: Розглянути детальніше застосування нікелевих суперсплавів в авіації. Опишіть будову термозахисного покриття та обґрунтуйте доцільність його застосування. Література: [2-3]
	<i>Тема 3. Нові композитні матеріали на основі волокон</i>
3	<i>Лекція 3.</i> Скловолокно та арамідні волокна в аерокосмічній промисловості. Полімерні матричні радіопрозорі матеріали. Завдання для СРС: Знайти додаткові приклади застосування скловолокна та арамідних волокон в частинах конструкції літаків. Література: [4-5]
4	<i>Лекція 4.</i> Борні та вуглецеві волокна в аерокосмічній галузі.

	Завдання для СРС: Знайти додаткові приклади застосування борних та вуглецевих волокон в частинах конструкції літаків і космічних апаратів. Література: [6, 13]
	<i>Тема 4. Електрифікація двигунів літальних апаратів</i>
5	<i>Лекція 5. Розробки в сфері електричних та частково електрифікованих двигунів літальних апаратів.</i> Завдання для СРС: Розглянути концептуальні літальні транспортні засоби на основі концентричної магнітної передачі. Література: [7]
	<i>Тема 5. Фотовольтаїка для космічних апаратів</i>
6	<i>Лекція 6. Сонячні комірки, їхні види та практичне застосування.</i> Завдання для СРС: Які фотоелементи найбільш доцільно застосовувати в космічній галузі? Література: [8]
	<i>Тема 6. Нові типи двигунів для літальних апаратів та космічних систем майбутнього</i>
7	<i>Лекція 7. Двигун Стірлінга для космічних апаратів. Інші види двигунів, що розробляються.</i> Завдання для СРС: Назвіть, в чому полягають переваги та недоліки практичного застосування двигуна Стірлінга в умовах космічної станції. Література: [14]
	<i>Тема 7. Нові матеріали для літальних апаратів та технології їх створення</i>
8	<i>Лекція 8. Сплави з ефектом пам'яті форми. Мікроструктурні матеріали типу Microlattice.</i> Завдання для СРС: Який принцип дії сплаву з ефектом надпружності? Література: [9-11, 15-17]
	<i>Тема 8. Адитивні технології</i>
9	<i>Лекція 9. Види та застосування адитивних технологій при виробництві деталей літальних апаратів.</i> Завдання для СРС: Які частини сучасних літаків виготовлені за допомогою 3D друку? Література: [12]

Практичні (семінарські)

Основним завданням практичних занять є закріплення знань, отриманих на лекціях. Кредитний модуль "Новітні технології в авіації та космонавтиці" містить наступні практичні заняття.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Технології, що розвиваються в авіаційній галузі (Тема 1) Завдання для СРС: Проаналізувати перспективи розвитку безпаливних літальних апаратів Література: [7]
2	Нікелеві суперсплави як основа лопаток турбореактивних двигунів (Тема 2) Завдання для СРС: Проаналізуйте способи покращення властивостей суперсплавів. Література: [2-3]
3	Радіопрозорі матеріали в аерокосмічній галузі (Тема 3) Завдання для СРС: Ознайомитись із видами радіопрозорих матеріалів на основі волоконних структур. Література: [4]
4	Отримання та застосування борних волокон (Тема 3) Завдання для СРС: Опишіть основні переваги та недоліки виготовлення і застосування борних волокон. Література: [13]
5	Концептуальні підходи в сфері електричних літальних транспортних засобів (Тема 4) Завдання для СРС: Проаналізуйте переваги електричних двигунів для літальних апаратів над паливними. Література: [7]
6	Принцип дії багатоперехідних сонячних панелей (Тема 5)

	Завдання для СРС: Опишіть процеси, які відбуваються в багат шарових сонячних елементах. Література: [8]
7	Обертовий детонаційний двигун як альтернативний двигун для ракет (Тема 6) Завдання для СРС: Наведіть приклади для застосування обертових детонаційних двигунів. Література: [19]
8	Види мікроструктурних матеріалів типу Microlattice та способи їх отримання (Тема 7) Завдання для СРС: В чому полягають перспективи застосування мікроструктурних матеріалів в аерокосмічній галузі? Література: [10-11, 16-17]
9	3D друк шляхом розплавлення порошкового шару, спрямованого осадження енергії, ламінування листів та фотополімеризації (Тема 8) Завдання для СРС: В чому відмінність методів розплавлення порошкового шару та спрямованого осадження енергії? Література: [12]

Лабораторні

Основним завданням практичних занять є закріплення знань, отриманих на лекціях. Кредитний модуль "Новітні технології в авіації та космонавтиці" містить наступні практичні заняття.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Методи структурного моніторингу стану конструкцій (Тема 1) Завдання для СРС: Розглянути датчики для структурного моніторингу стану конструкції літального апарату. Література: [18]
2	Способи отримання термозахисних покриттів для лопаток компресора та турбіни високого тиску турбореактивного двигуна (Тема 2) Завдання для СРС: Опишіть структуру та властивості термозахисного покриття. Література: [2-3]
3	Дослідження властивостей скловолокна та кевлару (Тема 3) Завдання для СРС: Опишіть основні переваги і недоліки скловолоконних матеріалів та арамідних тканин. Література: [4-5]
4	Дослідження властивостей вуглецевих волокон (Тема 3) Завдання для СРС: Опишіть основні переваги та недоліки вуглецевих волокон. Наведіть приклади їх застосування. Література: [5]
5	Порівняння ефективності турбоелектричних двигунів (Тема 4) Завдання для СРС: Опишіть криві беззбитковості для турбоелектричних двигунів. Література: [7]
6	Вивчення принципу роботи сонячних елементів (Тема 5) Завдання для СРС: Опишіть, яким чином здійснюється перетворення сонячної енергії в електричну. Література: [8]
7	Дослідження принципу дії двигуна Стірлінга (Тема 6) Завдання для СРС: Опишіть принцип роботи двигуна Стірлінга в умовах космічної станції. Література: [14]
8	Дослідження ефекту пам'яті форми (Тема 7) Завдання для СРС: Опишіть механізм відновлення форми в сплавах з пам'яттю форми. Література: [9, 15]
9	3D друк методом екструзії матеріалу (Тема 8) Завдання для СРС: Опишіть, в чому полягає метод екструзії матеріалу та яке його практичне застосування. Література: [12]

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у підготовці до лекційних та практичних занять згідно з отриманими завданнями на попередніх лекційних або практичних заняттях та в підготовці протоколів лабораторних робіт.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В рамках проведення дисципліни ставиться наступний перелік вимог перед студентом:

- обов'язкове відвідування занять (як лекцій, так і практичних, і лабораторних);
- на заняттях уважно та добросовісно ставитись до отриманого матеріалу, проявляти активність та показувати небайдужість до предмету.
- дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску групи та в Інтернеті.

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

- індивідуальну роботу під час практичних занять;
- виконання лабораторних робіт;
- модульну контрольну роботу.

Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен мати не менш, ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має 40 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен мати не менш, ніж 40 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має 80 балів).

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

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Практичні заняття

Ваговий бал практичного заняття – 3.

Критерії оцінювання:

- повне виконання – 3 бали;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 1 ... 2 бали;
- не підготовлений – 0 балів.

Максимальна кількість балів за всі практичні заняття: 3 балів × 9 = 27 балів.

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал лабораторної роботи – 6.

Критерії оцінювання:

- повне виконання – 6 балів;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 1 ... 5 балів;
- не підготовлений – 0 балів.

Максимальна кількість балів за всі практичні заняття: 6 балів × 9 = 54 бали.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 19.

Максимальна кількість балів дорівнює 19 балів × 1 = 19 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 10 ... 19 балів;
- неповне виконання завдання – 1...9 балів;
- незадовільне виконання – 0 балів.

Заохочувальні бали:

- творчий підхід, активна участь в обговоренні тем: +1...+3 бали;

Максимальна кількість заохочувальних балів дорівнює 10.

Розрахунок шкали (RD) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$RD = 27 + 54 + 19 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з кредитного модулю студент отримав не менше ніж 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю з цього кредитного модулю, він отримує позитивну оцінку.

У разі, якщо сума рейтингових балів менша ніж 60, але виконані умови допуску до семестрової контролю з цього семестрового контролю, студент виконує на останньому за розкладом занятті залікову контрольну роботу. За бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки. При цьому, в якості залікових, беруться бали, отримані за залікову роботу, або бали, накопичені за семестр, в залежності від їх кількості.

Контрольне завдання залікової роботи складається з теоретичного питання, яке перевіряє знання теорії, та задачі, що перевіряє практичні навички студента. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 100.

Теоретична частина.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 46...50 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 36 ... 44 бали;
- невпевнена відповідь на основне питання, неповні відповіді на додаткові питання – 30 ... 34 бали;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

Практична частина.

- впевнене та швидке вирішення задачі, впевнені відповіді на додаткові питання – 46 ... 50 балів;
- повне вирішення задачі, але невпевнені відповіді на додаткові питання – 36... 44 бали;
- неповне розв'язання задачі – 30 ... 34 бали;
- задача не розв'язана – 0 балів.

Сума балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

9. 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 ас. Кафедри АРБ, Солдатенко Оксана Михайлівна

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.2023)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023)