



# Технологічна підготовка виробництва літальних апаратів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	0505 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Технологія виробництва літальних апаратів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/заочна
Рік підготовки, семестр	1 курс, магістри, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кр. ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., зав. кафедри ТВЛА Лаврінєнков Антон Дмитрович <a href="mailto:a.lavrinenkov@kpi.ua">a.lavrinenkov@kpi.ua</a>
Розміщення курсу	Google Classroom
Програма навчальної дисципліни	

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

Дисципліна «Технологічна підготовка виробництва літальних апаратів» являє собою окремий курс, присвячений проблематиці і задачам проектування та постановки у виробництво нових типів літальних апаратів.

Наприкінці минулого століття в багатьох країнах світу існувала система бюджетного фінансування постановки у виробництво літальних апаратів (ЛА): дослідно-конструкторських робіт розробника ЛА, а також підготовки виробництва установочної партії ЛА на серійних авіаційних заводах.

Одночасно з цим необхідно відзначити, що іноземні фірми типу «Боїнг», «Локхід» та інші європейські авіакомпанії є одночасно розробником та виробником ЛА. Це дозволяє координувати дії та витрати на підготовку виробництва на стадії проектування, відпрацювання конструкції, дослідного та серійного виробництва.

Виходячи з цього, виникла потреба підходити до питання підготовки виробництва комплексно, розширюючи зону дії стандартів. Це дає можливість розробнику залучати на основі контрактів серійні заводи до підготовки дослідного виробництва (виготовлення оснащення, випробувальних стендів для статичних та динамічних випробувань тощо), а також виробництва окремих агрегатів дослідних зразків ЛА. У цьому випадку розробляються спеціальні математичні моделі агрегатів та систем ЛА, які можуть бути використані не тільки у дослідному виробництві, а й на серійних підприємствах.

Оснащення дослідного виробництва (розробника) разом з відпрацьованими техпроцесами та технологіями може бути використане при серійному виробництві. Ця обставина значно скорочує

підготовку серійного виробництва: виконання плазово-розрахункових робіт, корегування конструкторської документації, проектування стапелів та складальних пристроїв. Потрібно відзначити, що виконання плазових робіт займає солідну частку часу підготовки виробництва і, як правило, стримує фронт робіт з проектування та виготовлення оснастки "0-ої черги".

Все вищевказане вкотре підтверджує, що технологічну підготовку виробництва на серійному авіаційному підприємстві не можна розглядати та вивчати у відриві від дослідного (у розробника) виробництва.

Завдання постановки виробництва нового ЛА є єдиним комплексним завданням двох підприємств: ДКБ (з дослідним заводом) і серійного заводу.

**Метою навчальної дисципліни** є формуванням у студентів володінням наступними знаннями та методами:

- Постановка на виробництво нового виробу (ЛА) – як загальне завдання для двох підприємств: розробника та серійного заводу.
- Технічна підготовка виробництва – як етап конструкторсько-технологічної підготовки виробництва на двох підприємствах.
- Технологічна підготовка виробництва - як комплекс організаційно-технічних заходів, що виконуються на серійному заводі.
- Основні етапи розробки ЛА та його дослідного виробництва.
- Принципові схеми конструкції ЛА (літаки, вертольота).
- Принципові засади проектування ЛА з використанням АСУ.

**Основні завдання кредитного модуля.** Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання: знання з виробництва нових літальних апаратів, технічної підготовки виробництва, технологічної підготовки виробництва як комплексу організаційно-технічних заходів, основні етапи розробки ЛА та його дослідного, а також принципові схеми конструкції ЛА (літаки, вертольоти).

досвід: практичного застосування різних методів проектування для розрахунку, проектування та постановки у виробництво нових типів літальних апаратів.

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

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення дисципліни базується на знаннях наступних дисциплін «Матеріалознавство», «Технологія конструкційних матеріалів», «Технологія холодного листового штампування та конструювання штампів», «Основи технології штампувального машинобудування», «Проектування цехів», «Комп'ютерні технології проектування процесів і машин» та інші.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Історія виробництва літальних апаратів**

### **Розділ 2. Технологія виробництва літальних апаратів**

Тема 1. Літак як об'єкт виробництва.

Тема 2. Виробничий та технологічний процеси

Тема 3. Конструктивно-технологічні особливості виготовлення деталей літальних

апаратів

### **Розділ 3. Авіаційні матеріали. Вимоги до авіаційних матеріалів**

### **Розділ 4. Виробництво літальних апаратів**

Тема 1. Види та типи виробництва

Тема 2. Етапи виробництва

Тема 3. Структура виробництва літальних апаратів.

Тема 4. Підрозділи виробництва літальних апаратів

### **Розділ 5. Забезпечення параметрів якості літаків**

Тема 1. Показники якості.

Тема 2. Види технічного контролю. Відділ якості деталей та вузлів. Управління якістю

Тема 3. Технологічне регулювання, стандартизація та сертифікація

Тема 3. Точність розмірів та оцінка технологічності

#### **Розділ 6. Технологічність конструкції виробів**

#### **Розділ 7. Взаємозамінність при виробництві літальних апаратів**

Тема 1. Способи побудови поверхні

Тема 2. Плазово-шаблонний метод ув'язування

Тема 3. Еталонно-шаблонний метод ув'язування

Тема 4. Методи об'ємної ув'язки

Тема 5. Розрахунково-плазовий метод ув'язування

Тема 6. Методи безплазової ув'язки

Тема 7. Забезпечення взаємозамінності агрегатів по роз'ємам та стикам

#### **Розділ 8. Проектування складального обладнання**

#### **Розділ 9. Навантаження та деформації елементів ЛА. Залишкові напруження**

#### **Розділ 10. САПР у виробництві ЛА**

Тема 1. CAD\_CAM\_CAE

Тема 2. Оформлення технологічної документації

#### **Розділ 11. ЧПК у виробництві ЛА**

#### **Розділ 12. Бережливе виробництво**

Тема 1. Історія та основні поняття

Тема 2. Методи бережливо виробництва в машино- та авіабудуванні. Технологічні аспекти використання інструментарію бережливого виробництва

Тема 3. Впровадження концепту бережливого виробництва в авіа та машинобудування. Активізація та стримування розвитку впровадження бережливого виробництва

#### **Розділ 13. Проектування сучасних авіабудівних підприємств. Організація нових ділянок, розрахунок їх потужності**

#### **Розділ 14. Обладнання аеродрому, авіаційного полігону та обслуговування ЛА**

#### **Розділ 15. Склад та робота випробувальних підрозділів. Виготовлення дослідної партії**

#### **Розділ 16. Нагляд за виготовленням та експлуатацією ЛА. Скорочення підготовки виробництва. Маркетинг, збут, серійне випробування**

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

#### **Рекомендована література**

1. Кудрін А.П. та ін. Технології літакобудування. Частина 1. 2009 р. НАУ. 386 стр.
2. Терещенко Ю.М. та ін. Технологія виробництва літальних апаратів Книга 2 Технологія складання літальних апаратів. 2006 р. НАУ. 492 стр.
3. Мамлюк О.В. Типові технологічні процеси та системи автоматизованого проектування при виготовленні повітряних суден. 2019 р. НАУ. 252 стр.

### **Навчальний контент**

#### **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **5. Лекційні заняття**

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Основні відомості про технологію виробництва літаків. Літак як об'єкт виробництва. Виробничий та технологічний процеси.
	Лекція 2. Методи та засоби виробництва літаків.

Лекція 3. Методи виробництва.
Лекція 4. Засоби технологічного оснащення.
Лекція 5. Види виробництва.
Лекція 6. Типи виробництва.
Лекція 7. Виробничі та технологічні підрозділи літакобудівного підприємства.
Лекція 8. Виробничі підрозділи літакобудівного підприємства.
Лекція 9. Технологічні підрозділи літакобудівного підприємства.
Лекція 10. Забезпечення якості літаків.
Лекція 11. Показники якості.
Лекція 12. Види технічного контролю.
Лекція 13. Управління якістю.
Лекція 14. Технічне регулювання, стандартизація та сертифікація.
Лекція 15. Точність розмірів складних частин планера.
Лекція 16. Основні поняття та визначення.
Лекція 17. Розмірні ланцюги.
Лекція 18. Аналіз технологічних процесів.
Лекція 19. Бази та базування.
Лекція 20. Технологічність конструкції виробів.
Лекція 21. Основні поняття та визначення.
Лекція 22. Якісна оцінка технологічності.
Лекція 23. Кількісна оцінка технологічності.
Лекція 24. Забезпечення взаємозамінності при виробництві літаків.
Лекція 25. Основні поняття та визначення.
Лекція 26. Способи побудови поверхонь.
Лекція 27. Плазово-шаблонний метод ув'язування.
Лекція 28. Еталонно-шаблонний метод ув'язування.
Лекція 29. Методи об'ємної ув'язки.
Лекція 30. Розрахунково-плазовий метод ув'язування.
Лекція 31. Методи безплазової ув'язки.
Лекція 32. Забезпечення взаємозамінності агрегатів по роз'ємам та стикам.
Лекція 33. Напрямки вдосконалення виробництва літаків.

## 6. Практичні заняття. Теми практичних занять.

Практичні заняття присвячені вивченню програмних продуктів DFMPPro та SolidCAM

### Тематика практичних занять

№	Практичне заняття
1	Технологічність виготовлення деталей. Лиття пластмас
2	Технологічність виготовлення деталей. Ливарне виробництво
3	Технологічність виготовлення деталей. Заготівельно-штампувальне виробництво
4	Технологічність виготовлення деталей. Токарно-фрезерна обробка
5	CAM. Вивчення функціоналу SolidCAM
6	CAM. Операції точіння
7	CAM. Операції фрезерування
8	CAM. Операції свердлення
9	CAM. Токарно-фрезерні операції

## 7. Семінарські заняття

Семінарські заняття в даному курсі не передбачено

## 8. Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)

Лабораторні заняття в даному курсі не передбачаються.

## 9. Самостійна робота

### Політика та контроль

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

Модульна контрольна робота проводиться з метою виявлення знань студентів з основних розділів дисципліни. Основні цілі контрольних робіт – контроль за поточним засвоєнням знань, атестація студентів та ін. Результати контрольних робіт враховуються в рейтинговій системі оцінювання результатів навчання.

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

Шкала PCO кредитного модуля, семестрова атестація з якого передбачена у вигляді екзамену, формується як сума вагових балів контрольних заходів, проведених протягом семестру RC та вагового балу з екзамену RE

$$R=RC+RE$$

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за: шість відповідей (кожного студента в середньому) на практичних заняттях; захист двох тем на практичних заняттях;

модульна контрольна робота, яка розбивається на дві по одній академічній годині; відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях Ваговий бал –5.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює: 5 бали x 9 = 15 балів

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті –

2. Модульний контроль.

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу - 15 балів:

Критерії оцінювання:

«відмінно» –15 балів – повне розкриття всіх питань, які винесені на контрольну роботу;

«дуже добре» - 13 балів - на 80% питань практично повна відповідь із невеликими неточностями,

«добре» –10 балів – на 75% питань (серед них обов'язково головні) дано повні відповіді, на 25% часткові;

«задовільно» – 8 балів – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки;

«незадовільно» – 0 балів – незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно»).

Штрафні та заохочувальні бали за:

відсутність на практичному занятті без поважних причин – 1 бал;

участь у олімпіадах з дисципліни, участь у конкурсах робіт, підготовка рефератів та оглядів робіт від 5 до 10 балів;

Сума як штрафних так і заохочувальних балів не має перевищувати 10.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60. Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від R, RE = 40 балів. Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: RC = 12+28+20 = 60 балів

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 30 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \cdot 30 = 15$  балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 60 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 30.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля.

Кожне теоретичне питання оцінюється у 10 балів, а практичне – 20 балів. Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-9 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8-7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів. Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів;
- «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 17-15 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 14-12 балів;
- «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Тематика завдань до самостійної роботи додається до робочої програми.

#### 8. Індивідуальні завдання

Тематика індивідуальних завдань додається до робочої програми.

#### 9. Контрольні роботи

Для контролю отриманих знань, крім опитування студентів під час лекцій і перед лабораторними заняттями, використовується одна модульна контрольна робота (МКР), результати

виконання якої впливають на оцінку другої атестації і стартової рейтингової оцінки. МКР включає 4 теми першого розділу і теми 2.1 і 2.2 другого розділу. Всі питання МКР тестового типу, відповіді на які мають багатозначний характер.

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання<sup>1</sup> РСО надається у вигляді додатка до робочої програми.

#### 11. Методичні рекомендації

Дисципліна «Технологічна підготовка виробництва літальних апаратів» будується на основі методичних матеріалів, які розробляються з метою закріплення знань та вдосконалення умінь, отриманих після вивчення кредитного модуля.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено, к.т.н., зав. каф. ТВЛА Антон ЛАВРІНЕНКОВИМ

Ухвалено кафедрою ТВЛА (протокол №21 від 26.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №11 від 28.06.2024)