

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Технології виробництва авіаційних двигунів» (№ 204)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Керівник проектної групи

В. Ф. Сорокін В. Ф. Сорокін.
«09» 07 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Інтегровані комп'ютерні системи моделювання об'єктів та технологій виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність 151 «Автоматизація та компютерно-інтегровані технології»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма «Компютерні технології проектування та виробництва»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Інтегровані комп'ютерні системи моделювання об'єктів та технологій виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки
(назва дисципліни)

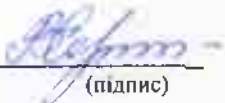
для студентів за спеціальністю

151 «Автоматизація та компютерно-інтегровані технології»

освітньою програмою Компютерні технології проектування та виробництва

« 05 » липень 2020 р., – 13 с.

Розробник: Сорокін В.Ф., професор кафедри 204, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступень та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри

Технологій виробництва авіаційних двигунів

(назва кафедри)

Протокол № 10 від “ 07 ” липня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

А.І. Долматов

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 10 + 2	Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування	(за вибором)
Модулів – 3		Рік підготовки:
Змістових модулів – 3		2021/2022
Індивідуальне завдання (тема курсового проекту): «Комп'ютерне моделювання деталі АД або технологічного оснащення та проектування керуючих програм для її обробки на верстатах з ЧПК»)	Спеціальність 151 Автоматизація та компютерно-інтегровані технології	Семестр
		1-й
		Лекції
		64 год.
		Практичні
Загальна кількість годин – 360 120*/360	Освітня програма Компютерні технології проектування та виробництва	56 год.
		Лабораторні
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 7.5 самостійної роботи студента – 11.25	Рівень вищої освіти другий (магістерський)	–
		Самостійна робота
		180 год.
		Індивідуальні завдання
		60 год.
		Вид контролю модульний контроль диф. залік іспит

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить для денної форми навчання – 120/180.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є: формування системи знань з методології комплексної автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва; побудови і використання для розв'язання технологічних завдань тривимірних геометричних моделей деталей; освоєння студентами основ математичного апарата, необхідного для побудови моделей складних поверхонь; вироблення вмінь і навичок автоматизованого проектування робочих поверхонь форматворного технологічного

оснащення для виготовлення заготовок деталей авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Завдання дисципліни полягає в вивченні основних принципів та інструментарію розв'язування завдань автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталей авіаційних двигунів та енергетичних установок; побудови тривимірних геометричних моделей деталей формотворного технологічного оснащення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК1. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК2. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК4. Здатність працювати в міжнародному контексті

Фахові компетентності (ФК) :

ФК1. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

ФК3. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

ФК4. Здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації.

ФК5. Здатність інтегрувати знання з інших галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні наукових досліджень.

ФК7. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

ФК8. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу.

Програмні результати навчання:

- ПРН1. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі

використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережових технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.

ПРН2. Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів.

ПРН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

ПРН4. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

ПРН5. Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

ПРН7. Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації.

ПРН8. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

ПРН9. Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережових та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом.

ПРН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні питання автоматизація підготовки виробництва в машинобудуванні.

Тема 1. Роль комп'ютерних систем підготовки виробництва в машинобудуванні.

Вступ. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Структура та основні тенденції розвитку сучасного машинобудування. Нові наукоємні технології. Основні історичні етапи розвитку комп'ютерних систем підготовки виробництва. Машиноорієнтоване виробництво. Високо- продуктивні гнучкі технологічні системи. Методологія створення складних технологічних систем. Системний і процесний підхід. Математичне моделювання. Проектування властивостей і структур технологічних систем

Тема 2. Комплексна автоматизація підготовки виробництва та її особливості.

Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. Інформаційні технології та автоматизація виробництва. Комплексні САПР та АСТПП. CALS – технології.

Комп'ютерно-інтегровані виробництва. Віртуальна інженерія. Визначення і компоненти віртуальної інженерії. Віртуальне проектування і виробництво. Застосування віртуальної інженерії. Віртуальна виробнича корпорація.

Тема 3. Комп'ютерні системи геометричного моделювання деталей.

Конструювання та геометричне моделювання. Системи геометричного моделювання. Каркасне моделювання. Моделювання тіл і поверхонь. Функції моделювання. Структури даних. Оператори Ейлера. Булеви оператори. Розрахунки об'ємних параметрів. Подання кривих і робота з ними. Типи рівнянь. Конічні перерізи. Ермитові криві. Крива Безье. В-сплайн. Інтерполяція та апроксимація кривих. Подання поверхонь і робота з ними. Поверхня Безье. В-сплайнова поверхня.

Тема 4. Системи CAD/CAM/CAE в сучасному машинобудуванні

Огляд деяких систем CAD/CAM/CAE. Класифікація систем. Стандарти обміну даними між системами. Методи обміну даними. Формати IGES, DXF, STEP. Огляд стандартів CALS. Загальні зведення про систему Siemens NX та її склад. Моделювання кривих. Базові криві. Сплайни. Редагування кривих. Створення твердих тіл і поверхонь. Моделювання стандартних конструктивних елементів: отворів, пазів, кишень, виступів, фланців, ребер. Побудова складних поверхонь (каркасних, кінематичних та ін.). Виконання функцій параметричного редагування просторових моделей.

Тема 5. Устаткування і технології швидкого макетування.

Принцип роботи і класифікація устаткування для швидкого одержання макетів. Використовувані матеріали. Перспективні розробки. Основи роботи устаткування швидкого макетування. Лазерна стереолитографія. LOM – технологія. Селективне лазерне спікання. Технологія FDM. 3D – принтери.

Тема 6. Застосування методу кінцевих елементів.

Введення в метод. Основні поняття та визначення. Моделювання кінцевих елементів. Автоматична побудова сітки. Приклад аналізу по методу кінцевих елементів.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2. Автоматизація підготовки виробництва двигунів та енергетичних установок.

Тема 7. Автоматизація проектування технологічного оснащення для лиття.

Автоматизація проектування технологічного оснащення для лиття деталей двигунів та енергетичних установок. Прогресивні способи проектування виливків, моделей, кокілів, прес-форм для виплавлених моделей. Розробка технології виготовлення виливка. Оцінка технологічності виливка. Вибір способу виготовлення ливарних форм і положення форми при заливанні. Призначення лінії рознімання форми та ливарних уклонів. Припуски та допуски розмірів виливка. Створення аналітичного еталона та оформлення креслення виливка.

Тема 8. Автоматизація проектування стрижневих прес-форм і стрижневих ящиків.

Проектування стрижня. Вибір границь стрижня та стрижневих знаків. Призначення площини рознімання стрижневого ящика та напрямку набивання стрижня.

Стационарні прес-форми для пресування стрижнів для лопаток авіаційних двигунів. Виготовлення стрижнів.

Тема 9. Автоматизація проектування штамів.

Виготовлення деталей методами пластичного деформування. Прогресивні способи проектування штампового оснащення. Оцінка технологічності штампування. Гаряче та холодне штампування. Відкриті та закриті штампи. Створення штампового оснащення для формоутворення лопаток компресорів. Технологія автоматизованого проектування та виготовлення штамів для точного штампування лопаток. Геометрична модель пера лопатки для проектування штампового оснащення. Формування геометрії струмка відкритого штампа.

Тема 10. Автоматизація проектування оснащення для холодного вальцювання.

Технологічний процес холодного вальцювання лопаток. Математична модель формоутворення пера лопатки компресора при холодному вальцюванні. Формування поверхні спряження пера лопатки із замком при холодному вальцюванні.

Тема 11. Прогресивні технології розкрою і різання матеріалів.

Лазерне різання. Струйно-абразивне різання. Плазмове різання. Електроерозійні технології та устаткування для розкрою матеріалів.

Тема 12. Нові вимірювальні технології.

Координатно-вимірювальні машини: механічні, лазерні. Вимірювальний маніпулятор. Системи технічного зору із ЧПК. Лазерна інтерферометрія.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Курсовий проект.

Тема 13. Комп'ютерне моделювання деталі АД або технологічного оснащення та проектування керуючих програм для її обробки на верстатах з ЧПК.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Загальні питання автоматизація підготовки виробництва в машинобудуванні.					
Тема 1. Роль комп'ютерних систем підготовки виробництва в машинобудуванні.	6	2	2	–	6
Тема 2. Комплексна автоматизація підготовки виробництва та її особливості.	12	4	2	–	8
Тема 3. Комп'ютерні системи геометричного моделювання деталей.	14	8	2	–	8

Тема 4. Системи CAD/CAM/CAE в сучасному машинобудуванні	14	6	2	–	10
Тема 5. Устаткування і технології швидкого макетування	14	6	4	–	12
Тема 6. Застосування методу кінцевих елементів		6	4	–	16
Разом за змістовим модулем 1	96	32	16	–	60
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Автоматизація підготовки виробництва двигунів та енергетичних установок					
Тема 7. Автоматизація проектування технологічного оснащення для лиття.	14	6	4	–	14
Тема 8. Автоматизація проектування стрижневих прес-форм і стрижневих ящиків.	14	6	4	–	14
Тема 9. Автоматизація проектування штампів.	14	6	4	–	14
Тема 10. Автоматизація проектування оснащення для холодного вальцювання.	8	6	2	–	8
Тема 11. Прогресивні технології розкрою і різання матеріалів.	10	4	2	–	6
Тема 12. Нові вимірювальні технології.		4	–	–	6
Разом за змістовим модулем 2	98	32	16	–	62
Модуль 3					
Змістовий модуль 3. Курсової проект.					
Тема 13. Комп'ютерне моделювання деталі авіаційного двигуна або технологічного оснащення та проектування керуючих програм для її обробки на верстатах з ЧПК.	76	–	24	–	60
Разом за змістовим модулем 3	76	–	24	–	60
Усього годин	270	64	56	–	182

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Інтерполяція та апроксимація кривих.	4
2	Моделювання та редагування складних кривих у системі Siemens NX	4
3	Моделювання та редагування складних поверхонь у системі Siemens NX.	6
4	Моделювання кінцевих елементів у системі Siemens NX.	6
5	Розробка технології виготовлення вилівка учбової деталі.	6
6	Призначення лінії рознімання прес-форми та ливарних уклонів.	6
7	Проектування стрижня. Вибір границь стрижня та стрижневих знаків.	6
8	Проектування стрижневого ящика.	6
9	Розробка технології виготовлення штампового оснащення учбової деталі.	6
10	Формування геометрії струмка відкритого штампа.	6
Разом		56

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Основні історичні етапи розвитку комп'ютерних систем підготовки виробництва в машинобудуванні. (Тема 1).	6
2	Впровадження CALS-технологій у підготовку виробництва. (Тема 2).	8
3	Оператори Ейлера при моделюванні кривих. (Тема 3).	10
4	Подання поверхонь і робота з ними. Типи рівнянь поверхонь. (Тема 3).	10
5	Поверхня Безье. В-сплайнова поверхня. (Тема 3).	10
6	Стандарт обміну даними між системами STEP. (Тема 4).	10
7	Побудова складних поверхонь у системі Siemens NX. (Тема 4).	10
8	Перспективні методи швидкого макетування. (Тема 5).	10
9	Формат даних STL для систем швидкого макетування (Тема 5).	10
10	3D – принтери. Основні поняття та моделі. (Тема 5).	10
11	Оцінка напружено-деформованого стану учбової деталі (Тема 6).	10
12	Моделльні прес-форми для лопаток авіаційних двигунів. (Тема 7).	12
13	Стрижневі прес-форми для лопаток авіаційних двигунів. (Тема 8).	12
14	Геометрична модель пера лопатки для проектування штамсів. (Тема 9).	12

15	Технологія автоматизованого проектування та виготовлення штампів для точного штампування лопаток. (Тема 9).	10
16	Формування поверхні спряження при холодному вальцюванні. (Тема 10).	10
17	Електроерозійні технології для розкрою матеріалів. (Тема 11).	10
18	Вхідні мови керування системами технічного зору. (Тема 12).	10
	Разом	180

9. Індивідуальні завдання

Курсової проект на тему

«Комп'ютерне моделювання деталі авіаційного двигуна або технологічного оснащення та проектування керуючих програм для її обробки на верстатах з ЧПК»:

1. Розробка в системі SolidWorks або Siemens NX геометричної моделі авіаційного двигуна або технологічного оснащення
2. Проектування керуючих програм для її обробки на верстатах з ЧПК.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекційних, лабораторних і практичних занять, індивідуальних та групових консультацій, самостійна робота студентів з науково-технічною інформацією, методичними посібниками кафедри, тощо.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю на практичних заняттях та консультаціях, письмового модульного контролю, підсумкового контролю у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	5	15...25
Модульний контроль	15...20	1	15...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	5	15...25

Модульний контроль	15...20	1	15...20
Усього за семестр			60...100
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист курсового проекту	60...100	1	60...100

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку.

Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з чотирьох запитань (перше запитання теоретичне – 25 балів; друге запитання теоретичне – 25 балів; третє запитання практичне – 25 балів; четверте запитання практичне – 25 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

В результаті вивчення даної дисципліни студенти повинні

знати:

- структуру та основні тенденції розвитку сучасного машинобудування;
- основні історичні етапи розвитку комп'ютерних систем підготовки виробництва;
- принципи комплексної автоматизації підготовки виробництва;
- визначення і компоненти віртуальної інженерії;
- комп'ютерні системи геометричного моделювання деталей;
- стандарти обміну даними між системами CAD/CAM/CAE;
- устаткування та технології швидкого макетування;
- застосування методу кінцевих елементів у підготовці виробництва;

вміти:

- розробляти технологічну документацію за допомогою комп'ютерних систем;
- будувати тривимірні геометричні моделі деталей;
- проектувати виливки та штампування деталей авіаційних двигунів;
- проектувати формотворні деталі ливарних форм і штампів;
- розробляти технологічні процеси виготовлення штампового оснащення;
- моделювати складні поверхні деталей авіаційних двигунів;
- моделювати кінцеві елементи у системі Siemens NX;

мати уявлення про:

- принципи роботи устаткування швидкого макетування;
- технологічний процес холодного вальцювання лопаток;
- математичну модель формоутворення пера лопатки при холодному вальцюванні;
- прогресивні технології автоматизованого розкрою і різання матеріалів;
- нові вимірювальні технології та координатно-вимірювальні машини;

мати навички:

– професійного використання сучасних комп'ютерних систем конструкторсько-технологічної підготовки виробництва в двигунобудуванні.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити практичні роботи та здати тестування. Знати поняття і визначення математичного моделювання,

основні властивості математичних моделей, класифікацію математических моделей, основи конструювання та геометричного моделювання, основи інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв, принцип и способи побудови моделей в адитивних технологіях. Уміти розробляти технології виготовлення вилівка. Оцінювати технологічність вилівка. Вибирати способи виготовлення ливарних форм і положення форми при заливанні. Уміти будувати лінії рознімання форм та ливарних уклонів.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Знати: основи геометрического моделювання; принципи комплексної автоматизації підготовки виробництва; визначення і компоненти віртуальної інженерії; застосування методу кінцевих елементів у підготовці виробництва. Вміти: розробляти технологічну документацію за допомогою комп'ютерних систем; розробляти технологічні процеси виготовлення штампового оснащення; моделювати складні поверхні деталей авіаційних двигунів; Розв'язувати задачі математичного моделювання прикладного характеру.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні. Вміти застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, будувати геометричні моделі складних кривих і поверхонь. Мати уявлення про: професійне використання сучасних комп'ютерних систем конструкторсько-технологічної підготовки виробництва в двигунобудуванні, математичний апарат геометричного моделювання кривих і поверхонь.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/_001D3_Programuvannya.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE): Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
2. Технология производства авиационных двигателей ч. II. Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей авиационных двигателей и

технологическая подготовка производства / Богуслаев В. А., Качан А. Я., Долматов А. И. и др. – Запорожье: изд. ОАО «Мотор Сич», 2007. – 557 с.

3. Технология производства авиационных двигателей ч. III. Методы обработки деталей авиационных двигателей и технологическая подготовка производства / Богуслаев В. А., Качан А. Я., Долматов А. И. и др. – Запорожье: изд. ОАО «Мотор Сич», 2008. – 638 с.
4. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под. общ. ред. А. Г. Братухина. К.: Техніка, 2001. – 728 с.
5. Норенков И. П., Кузьмик П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS – технологии. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 320 с.

Допоміжна

6. Никифоров А. Д. Современные проблемы науки в области технологии машиностроения. – М.: Высш. шк., 2006. – 392 с.
7. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: Учеб. пособие для вузов / Ю. С. Елисеев, А. Г. Бойцов, В. В. Крымов, Л. А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
8. Литье по выплавляемым моделям / под общ. ред. Я. И. Шкленника и В. А. Озерова. – 3-изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.
9. Курдюмов А. В., Пикунов М. В., Чурсин В. М. Литейное производство цветных и редких металлов / А. В. Курдюмов, М. В. Пикунов, В. М. Чурсин. – М.: Машиностроение, 1972. – 250 с.
10. ГОСТ 26 645-85. Отливки из металлов и сплавов (допуски раз-меров, массы и припуски на механическую обработку). Введ. 30.10.85.
11. ГОСТ 3212-92. Комплекты модельные (уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров). Введ. 05.02.92.
12. ГОСТ 3.1125-88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. Введ. 28.07.88.

15. Інформаційні ресурси

1. Мережа Internet.
2. <http://library.khai.edu>