

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою

Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Ректор університету

професор  М.В. Нениפורук

« 22 » Січня 2020 р. протокол № 6



**ПРОГРАМА
ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

для конкурсного відбору вступників до аспірантури
для здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності

132 - Матеріалознавство

Харків
2020

Вступ

Вступне випробування для конкурсного відбору вступників до аспірантури для здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 132 - Матеріалознавство відбувається відповідно до Правил прийому до аспірантури та докторантури Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» у формі індивідуального письмового іспиту, який приймає екзаменаційна комісія, склад якої затверджується наказом ректора Університету.

До іспиту входять питання за темами:

- Технологія авіадвигунобудування.
- Фізико-хімічні основи технологічних процесів.
- Інформаційні комп'ютерні системи технічної підготовки виробництва.
- Групові технологічні процеси.
- Технологія складання та випробування авіадвигунів.
- Проектування операцій на верстатах з програмним керуванням.

Перелік питань за темами наведений у програмі.

Критерії оцінювання знань

1. Результати іспиту визначаються за 5 – бальною шкалою.
2. Екзаменаційний білет складається з трьох питань.
3. Мінімальна кількість балів з вступного випробування, з якими вступник допускається до участі у конкурсі складає 3 бала.

1. Технологія авіадвигунобудування.

Виріб і виробничі технологічні процеси у машинобудуванні. Виріб і його елемент. Якість виробу та основні його показники. Виробничий і технологічний процес. Технічна норма часу. Принцип концентрації і диференціації операцій при проектуванні технологічних процесів. Технологічна класифікація верстатів. Види машинобудівного виробництва. Виробнича програма. Методи підвищення продуктивності праці.

Бази і базування деталей при обробці на верстатах. Поверхні, що розрізняються при механічній обробці. Базування і бази. Класифікація баз. Принципи сталості бази і поєднання баз. Основне правило при виборі технологічних баз – «правило шести точок». Вибір технологічних баз. Базування при різних способах установки деталей.

Точність механічної обробки. Поняття про точність і похибку обробки. Вплив точності на експлуатаційні, технологічні характеристики виробів та економічні показники виробництва. Методи забезпечення заданої точності обробки. Фактори, що впливають на точність механічної обробки. Дослідження точності обробки методами математичної статистики.

Якість поверхні деталей машин. Поняття про якість поверхні та основні її характеристики. Вплив якості поверхні на експлуатаційні властивості деталей. Вплив технологічних факторів на формування якості поверхні заготовок і деталей машин. Методи та засоби виміру і оцінки хвилястості та шорсткості поверхні. Зв'язок між точністю та шорсткістю поверхні. Вимір параметрів фізико-механічного стану поверхневого шару. Параметри поверхневого шару деталей після різних методів і режимів обробки. Підвищення несучої здатності деталей машин технологічними методами. Технологічна спадковість та експлуатаційні властивості деталей.

Технологічність конструкції. Поняття технологічності. Критерії оцінки технологічності. Технологічні вимоги до конструкції двигуна і складальних одиниць. Загальні технологічні вимоги до конструкції деталей машин. Вимоги до технологічності деталей, які обробляю і м різанням. Загальні технологічні рекомендації з конструктивного оформлення основних деталей і складальних одиниць ГТД. Технологічні вимоги до зварених конструкцій. Загальні технологічні вимоги до паяних з'єднань.

Основи проектування технологічних процесів виготовлення деталей авіаційних двигунів і технологічна підготовка виробництва.

Заготовки деталей авіаційних двигунів. Поняття заготовки. Методи отримання заготовок. Точне штампування лопаток. Холодне вальцювання лопаток. Виготовлення заготовок методами ротаційного деформування. Високоенергетичні методи пластичного формоутворення заготовок з листового матеріалу. Проектування заготовок деталей ГТД. Техніко-економічний аналіз при виборі методу отримання заготовки.

Технологічні вимоги до заготовок. Вибір раціональної заготовки. Вимоги технологічності для литих деталей. Вимоги технологічності для штампованих заготовок. Технологічність конструкцій деталей, що виготовляються з листових матеріалів. Заготовки для дисків компресора. Заготовки для дисків, коліс і

соплових апаратів турбін. Заготовки валів і цапф, одержувані гарячим деформуванням. Технологічність лопаток, що виготовляються із заготовок деформованих сплавів. Технологічність литих лопаток. Термічна обробка лопаток компресора і турбіни.

Проектування технологічних процесів механічної обробки. Техніко-економічні принципи і завдання проектування. Вихідні дані для проектування технологічних процесів механічної обробки. Загальна методика і послідовність проектування технологічного процесу. Етапи проектування. Складання плану технологічного процесу механічної обробки. Дві стадії при проектуванні технологічних процесів. Вплив основних видів термічної обробки на утримання технологічного процесу. Проектування технологічних операцій. Визначення припусків, операційних розмірів і допусків на них при механічному обробленні заготовок. Розрахунок операційних розмірів і допусків на основі теорії розмірних ланцюгів. Встановлення режимів обробки. Вибір обладнання, пристосувань, ріжучого інструменту і засобів контролю. Типізація технологічних процесів. Груповий метод обробки деталей. Оцінка техніко-економічної ефективності варіантів технологічного процесу. Документування технологічних процесів.

Проектування технологічного процесу обробки деталей на верстатах з ЧПК. Зміст і послідовність виконання робіт. Аналіз вихідних даних. Етапи проектування РТК для токарної обробки. Проектування плану обробки. Розробка траєкторії руху інструменту. Підготовка керуючих програм.

Технологічна підготовка виробництва. Загальні положення. Складові частини, властивості і характеристики технологічної підготовки виробництва. Забезпечення технологічності конструкції авіадвигуна. Вибір показників технологічності. Забезпечення технологічності конструкції складальних одиниць. Забезпечення технологічності конструкції деталей. Основні правила розробки та застосування технологічних процесів. Основні етапи розробки технологічних процесів. Основні правила розробки та застосування типових технологічних процесів. Основні етапи розробки типових технологічних процесів. Вибір технологічного обладнання. Вибір технологічної оснастки. Види технічного контролю. Вибір засобів технологічного оснащення процесів технічного контролю. Вибір засобів технологічного оснащення процесів випробувань. Основні форми організації технологічних процесів. Організація і управління процесом технологічної підготовки виробництва. Автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

Методи дослідження в технології авіадвигунобудування. Завдання та етапи наукового дослідження. Теоретичні дослідження. Експериментальні дослідження. Теорія експерименту при дослідженні технологічних процесів. Методи оптимізації технологічних процесів.

Якість і оброблюваність матеріалів різанням. Геометрія різця. Процес утворення стружки і її типи. Усадка стружки. Наріст і його характеристики. Вплив наросту на процес різання. Сили різання. Теплові процеси при різанні металів. Методи вимірювання температур в зоні різання. Знос ріжучих інструментів. Стійкість інструменту. Мастильно-охолоджуючі технологічні

середовища (МОТС) при різанні металів. Основні види МОТС, застосовувані в металообробці. Оброблюваність різанням авіаційних матеріалів. Якість обробленої поверхні при різанні.

Обробка зовнішніх поверхонь тіл обертання. Класифікація деталей - тіл обертання і методи їх обробки. Обробка зовнішніх поверхонь тіл обертання гострінням. Фрезерування зовнішніх поверхонь тіл обертання. Протягування зовнішніх поверхонь тіл обертання. Шліфування зовнішніх поверхонь тіл обертання. Полірування. Доведення (притирання) зовнішніх поверхонь тіл обертання.

Обробка отворів. Види отворів і методи їх обробки. Обробка отворів металевим інструментом. Обробка отворів абразивним інструментом - шліфуванням. Доведення (притирання) отворів. Хонінгування отворів. Обробка глибоких отворів. Методи утворення отворів малих діаметрів. Теплові (термічні) методи утворення отворів. Електрохімічні методи утворення отворів.

Обробка плоских поверхонь. Обробка плоских поверхонь струганням і довбанням. Обробка плоских поверхонь фрезеруванням. Обробка плоских поверхонь протягуванням. Обробка плоских поверхонь шліфуванням. Доведення плоских поверхонь.

Обробка фасонних поверхонь. Обробка конічних поверхонь. Обробка сферичних поверхонь. Обробка поверхонь обертання довільного профілю. Обробка фасонних лінійчатих поверхонь. Обробка складних просторових поверхонь.

Обробка різьбових поверхонь. Класифікація різьб. Нарізування різьб різцями і гребінками. Нарізування різьб мітчиками, плашками і різьбонарізні головки. Фрезерування різьб. Накочення різьб. Шліфування різьб. Обробка конічної і прямокутної різьби; архімедівських і евольвентних черевиків.

Обробка поверхонь деталей на верстатах з ЧПК. Точіння зовнішніх поверхонь заготовок. Точіння зовнішніх фасонних поверхонь. Обробка внутрішніх поверхонь деталей. Точіння торцевих поверхонь. Фрезерування поверхонь деталей на верстатах з ЧПК. Фрезерування багатопрофільних поверхонь.

Обробка зубів циліндричних, конічних і черв'ячних коліс. Методи обробки зубів шестерень. Протягування зубів циліндричних коліс.

Електрофізично-хімічні, комбіновані, суміщені і комплексні методи обробки.

Класифікація методів обробки. Розмірна електрохімічна обробка. Електроерозійна обробка металів. Ультразвукова обробка. Електронно-променева обробка матеріалів. Світло-променева обробка матеріалів. Комбіновані методи обробки. Суміщені методи обробки. Комплексні методи обробки.

Методи поверхнево-пластичного деформування оброблюваних поверхонь і їх класифікація. Характеристики поверхневого шару деталей. Явища, що відбуваються в поверхневому шарі при поверхнево-пластичній деформації. Робочі тіла і середовища. Класифікація методів поверхнево-пластичного деформування оброблюваних поверхонь. Обробка зовнішніх поверхонь тіл

обертання поверхневим пластичним деформуванням. Регуляризація мікрорельєфу на зовнішніх циліндричних поверхнях деталей. Обробка отворів поверхневим пластичним деформуванням. Обробка поверхнево-пластичним деформуванням плоских поверхонь. Обробка фасонних поверхонь поверхневим пластичним деформуванням.

Оздоблювально-зміцнююча обробка деталей ГТД. Алмазне вигладжування деталей ГТД. Схема процесу вигладжування валів ГТД. Вибір параметрів вигладжування. Інструменти для вигладжування. Фізична сутність явищ, що відбуваються при вигладжуванні. Формування напруженого стану поверхневого шару валів ГТД. Технологічні особливості алмазного вигладжування тонкостінних валів. Ефективність алмазного вигладжування деталей, що працюють при підвищених температурах. Вплив вигладжування на опір контактної втоми деталей. Підвищення зносостійкості методом вигладжування відновлених поверхонь. Особливості вибору режимів вигладжування металопокриттів, азотованих деталей і титанових сплавів. Алмазне вигладжування полотна дисків компресора.

Ультразвукове зміцнення кульками деталей ГТД. Технологічні особливості та обладнання. Пневмодробеструйне зміцнення кульками. Віброобробка лопаток компресора Гідродробеструйне зміцнення деталей і його технологічні особливості. Магнітно-абразивне полірування деталей ГТД. Пневмоімпульсна обробка внутрішніх поверхонь ГТД. Зміцнення валів ГТД пневмороторним методом. Абразивна обробка дисків. Обробка деталей ГТД в псевдозрідженому шарі абразиву (турбоабразивна обробка).

Фізична сутність методу турбоабразивної обробки деталей. Фактори, що визначають ефективність процесу турбоабразивної обробки. Якість поверхні при турбоабразивній обробці. Технологічні можливості методу ТАО. Устаткування для турбоабразивної обробки.

Обробка дисків компресорів і турбін. Обробка зварних барабанів роторів компресорів ГТД. Фінішна обробка пустотілих валів роторів ГТД. Підвищення витривалості міжпазових виступів дисків компресора.

Оцінка несучої здатності деталей ГТД. Оцінки ударної міцності моделей корпусів ГТД. Оцінка ударної міцності лопаток при моделюванні умов зіткнення. Оцінка запасу міцності при зіткненні зміцнених лопаток з чужорідним тілом. Оцінка параметрів витривалості при двохчастотному навантаженні. Аналітична оцінка ефективності зміцнення деталей ГТД.

Виріб – об'єкт виробництва спеціалізованого підприємства. Елементи виробу. Етапи виробничого процесу при виготовленні авіаційних двигунів. Вплив збірки на технічні характеристики і надійність двигуна. Види з'єднань і сполучень, що визначають структуру технологічного процесу складання. Технологічний процес складання нього елементи Вузлова і загальне складання двигунів Особливості технологічного процесу складання. Бази і базування при складанні Розміщення складальних робіт у виробничому процесі моторобудівного заводу.

Організаційна структура механічного цеху. Організаційна структура механоскладальних цехів. Організаційна структура механозварювального цеху.

Організаційна структура складальних цехів першої та другої збірки.

Технологічність конструкцій деталей і вузлів, виходячи з умов складальних робіт. Загальні вимоги до технологічності авіаційних двигунів. Показники технологічності конструкції двигуна. Вимоги збірки до конструкції складальних одиниць та окремих деталей.

Точність, розмірні ланцюги і методи збірки. Основні поняття і параметри, що визначають точність складання. Розмірні ланцюга. Поняття і види розмірних ланцюгів. Розрахунок лінійних складальних ланцюгів.

Методи розрахунку лінійних розмірних ланцюгів. Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів по граничним відхиленням - на «максимум і мінімум». Імовірнісний метод розрахунку лінійних розмірних ланцюгів. Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів з непаралельними ланками. Розмірні ланцюги з векторними ланками. Розрахунок складальних векторних розмірних ланцюгів роторів турбокомпресора за методом "максимум-мінімум». Імовірнісний метод розрахунку розмірних ланцюгів з векторними ланками. Приклад розрахунку векторної розмірної ланцюга імовірнісним методом.

Методи досягнення заданої точності складання. Незалежне і паралельне складання складальних одиниць – модулів. Основні напрямки, що забезпечують задану точність складання. Метод збірки з повною взаємозамінністю. Метод складання з неповною взаємозамінністю. Метод підбору - селективне складання. Метод компенсації – складання з регулюванням. Метод пригону – складання з доопрацюванням.

Методи контролю складальних параметрів. Види технічного контролю при складанні. Контроль геометричних параметрів. Контроль герметичності.

Балансування роторів і деталей з високою швидкістю обертання. Вібрації і невірноваженість роторів і деталей. Критерії оцінки рівня вібрацій. Вимірювання вібрацій при випробуванні двигунів. Невірноваженість роторів і деталей. Причини появи невірноваженості мас деталей і роторів. Види невірноваженості мас. Статична невірноваженість. Моментна невірноваженість. Динамічна (змішана) невірноваженість. Балансування роторів і деталей. Статичне балансування. Динамічне балансування жорстких роторів. Гнучкі ротори. Аеродинамічна невірноваженість.

Організація складальних робіт. Організаційні форми складання двигунів. Предметно-вузловий метод виробництва. Організація робочого місця збирача.

Оснащення, обладнання та допоміжні матеріали складального процесу. Складальний інструмент. Контрольний інструмент і пристосування. Складальні пристосування. Устаткування складальних цехів. Допоміжні матеріали.

Підготовчі операції в складальному процесі авіадвигунів. Комплектування. Консервування та розконсервування деталей і складальних одиниць. Міжопераційний захист деталей і вузлів. Маркування і таврування деталей. Очищення і промивання деталей і складальних одиниць. Вплив чистоти авіаційних двигунів на їх експлуатаційну надійність.

Збірка нерухомих рознімних з'єднань. Різьбові з'єднання - основний вид в конструкції машин. Вимоги до різьбових з'єднань. Сили в різьбових з'єднаннях. Контроль зусилля затяжки. Стабілізація сили затяжки. Способи стопоріння

різьбових з'єднань. Складання нарізних з'єднань. Підвищення опору втомі різьбових з'єднань деталей.

Збірка пресових з'єднань. Збірка циліндричних з'єднань з гарантованим натягом. Способи з'єднання деталей запресовкою. Збірка поздовжньо-пресових з'єднань без нагріву з'єднуються деталей. Збірка поперечно-пресових з'єднань. Збірка конічних з'єднань з натягом. Штифтові з'єднання.

Збірка рухомих сполук. Види рухомих сполук в конструкції авіаційних двигунів. Підшипники кочення і ковзання. Підшипники кочення. Забезпечення складальних параметрів – діаметральні зазорів. Забезпечення рівномірного навантаження підшипників кочення. Збірка опор з підшипниками кочення. Підшипники ковзання. Збірка опор з підшипниками ковзання.

Зубчасті сполучення. Ущільнення. Поняття і класифікація ущільнень. Контактні ущільнення. Безконтактні ущільнення.

Збірка нероз'ємних з'єднань. Зварні з'єднання. Особливості та методи виконання зварних з'єднань. Паяні з'єднання.

Проектування технологічних процесів складання. Вихідні дані для проектування технологічних процесів складання. Етапи проектування технологічного процесу складання.

Механізація і автоматизація складальних робіт. Мета автоматизації збирання. Особливості автоматизації складання авіаційних двигунів. Автоматизація елементів складального процесу.

Основні напрямки розвитку автоматизації та механізації при виконанні різьбових з'єднань. Засоби і обладнання для автоматизації складальних робіт.

Особливості вузлової і загальної збірки авіаційних ГТД. Збірка складових частин ГТД. Збірка осьових компресорів. Камери згоряння. Типи камер згоряння авіаційних ГТД. Соплові апарати. Турбіни. Редуктори ТВД. Агрегати харчування.

Загальна збірка авіаційних газотурбінних двигунів. Основні вимоги. Турбореактивні двигуни. Турбогвинтові двигуни.

Перебирання авіаційних ГТД.

2. Фізико-хімічні основи технологічних процесів.

Види технологічних процесів і особливості лиття заготовок зі спеціальних сталей, жароміцних, титанових, алюмінієвих і магнієвих сплавів. Ливарне обладнання. Контроль якості лиття.

Технологічність листових штампованих деталей.

Види технологічних процесів виготовлення деталей з листа, профілів і труб і їх особливості. Технологічне обладнання. Контроль якості деталей.

Типи деталей, що виготовляються об'ємним гарячим деформуванням. Технологічність виготовлення деталей. Раціональні заготовки під наступне штампування. Коефіцієнт використання матеріалу.

Види технологічних процесів виготовлення деталей гарячим і холодним об'ємним деформуванням.

Особливості деформування алюмінієвих, магнієвих, титанових і жароміцних сплавів. Особливості технології виготовлення лопаток.

Технологічне обладнання. Контроль якості виробів. Види зварних з'єднань. Технологічність зварних конструкцій.

Техніка та технологія зварювання різних металів. Основи автоматизації процесів зварювання. Методи контролю зварних з'єднань.

Види процесів паяння. Типи паяних з'єднань. Вимоги до припоїв. Обладнання для паяння. Методи контролю паяних з'єднань.

Види технологічних процесів поверхнево-деформаційного зміцнення деталей. Характеристика процесів. Технологічне обладнання. Контроль якості деталей.

Види технологічних процесів хіміко-термічної обробки деталей та їхня характеристика. Контроль якості виробів.

Види технологічних процесів термомеханічної обробки деталей та їхня характеристика. Технологічне обладнання. Контроль якості деталей.

Види технологічних процесів металевих, полімерних і керамічних покриттів.

Технологічне обладнання. Контроль якості покриттів.

Технологія виробництва деталей з полімерних матеріалів.

3. Інформаційні комп'ютерні системи технічної підготовки виробництва.

Необхідність та можливість автоматизації проектування технологічних процесів. Передумови для впровадження САПР ТП. Класифікація систем ТПП. Види забезпечення САПР ТП. Види математичних моделей.

Моделювання структури технологічного процесу. Способи зберігання в пам'яті ЕОМ структури технологічного процесу. Процес прийняття рішень у САПР ТП.

Оптимізація технологічних процесів. Основні методи проектування технологічних процесів.

Модулі інженерних знань. Розробка модулів бази знань. Привласнення значень вихідним властивостям. Обчислення значень по формулах. Обчислення значень за допомогою програмних модулів.

Оновлення баз даних та баз знань. Створення загальних технологічних процесів для формування основи ТП що складається з операцій і переходів.

Створення умов і розрахунків, а також їхнє редагування в базі умов розрахунків, залежно від характеристик розмірів деталі, для організації вибору операцій.

Створення умов і розрахунків, а також їхнє редагування в базі умов розрахунків, залежно від характеристик і розмірів деталі, для організації вибору переходів.

Створення умов і розрахунків, а також їхнє редагування в базі умов розрахунків, залежно від характеристик і розмірів деталі, для організації вибору технологічного оснащення.

Автоматичне проектування технологічних процесів. Створення моделі нової деталі. Характеристики деталі і виробу. Опис конструкції деталі.

Копіювання Макета ЗТП. Копіювання Деталі КТП. Проектування ТП.

Журнал проектування ТП. Перерахування ТП. Видача ТП на печатку.

Автоматичне формування текстів переходів. Оформлення технологічної документації. Зміст документів, формованих для MS WORD. Структура шаблонів документів для MS WORD. Вставка графіки в карти ТП.

Створення інформаційної моделі деталі. Робота з бібліотекою. Робота з об'єктами бібліотеки. Підключення методів.

Проектування екземплярів. Опис ресурсів проектування. Опис знань по проектуванню технологічного процесу.

Опис знань по проектуванню ТП (методи структурного синтезу, методи параметричного синтезу, методи оснащення елементів ТП проектування технологічного процесу).

Опис деталі, автоматизоване проектування техпроцесу. Редактор технологічного процесу, бібліотека типових елементів технологічного процесу.

Документування формування технологічної документації. Редагування бланків документів.

4. Групові технологічні процеси

Вступ. Науково-методичні основи організації та вимоги до сучасної підготовки групового виробництва АД. Науково-технічна підготовка групового виробництва.

Форми групового виробництва та основні правила його організації. Науково-методичні основи технологічної підготовки групового виробництва.

Уніфікація, як основа науково-технічної підготовки групового виробництва. Типізація технологічних процесів. Метод групової обробки деталей. Групування деталей за видами обробки. Проектування і аналіз комплексної деталі.

Можливості застосування графічного редакторів Компас та Unigraphics для розробки комплексної деталі. Групування деталей на основі комплексу конструкторсько-технологічних ознак.

Проектування групових технологічних операцій. Стандартизація технологічних процесів та операцій.

Основи уніфікації та стандартизації технологічного оснащення. Аналіз номенклатури деталей та формування спеціальних технологічних груп.

Групове технологічне оснащення в заготівельному виробництві. Групова обробка деталей АД на токарних автоматах, револьверних, агрегатних та на верстатах з ЧПУ. Групові технології заготівельного виробництва.

Проектування групового технологічного маршруту та плану групового технологічного процесу. Співставлення типового та групового технологічних процесів. Економічна ефективність використання групових методів обробки.

Розробка варіантів та оптимізація маршрутів групового технологічного процесу. Оформлення технічної документації.

5. Технологія складання та випробування авіадвигунів

Головні поняття та визначення технологічного процесу складання, специфічність ТП складання, типи поєднань. Базові поверхні та базові деталі.

Технологічність конструкції у зв'язку з процесом складання. Якісна та кількісна оцінка технологічності. Шляхи підвищення технологічності.

Надійність складальних одиниць. Поняття надійності. Закономірність зносу. Організаційно - технічні засоби підвищення надійності.

Точність складання, складальні розмірні ланцюги, фактори, які впливають на точність. Методи розрахунку точності замикаючої ланки.

Методи, які забезпечують задану точність. Метод повної взаємозаміни та метод неповної взаємозаміни.

Метод групової взаємозаміни, метод регулювання (компенсаторів) та метод припасування.

Проектування технологічних процесів складання, початкові дані, етапи проектування, документація.

Організаційні форми складання. Бригадна форма, операційна форма складання.

Види технічного контролю, контроль основних геометричних параметрів, зазорів, биття, співвісності.

Дисбаланс роторів. Неврівноваженість та її види. Причини невірноваженості. Міра невірноваженості.

Балансування роторів. Статичне балансування та його недоліки. Динамічне балансування. Машина для статичного та динамічного балансування.

6. Проектування операцій на верстатах з програмним керуванням

Загальні питання проектування операцій для встаткування з ЧПК. Основне поняття й визначення. Особливості виготовлення деталей на встаткуванні із ЧПК.

Етапи підготовки керуючих програм. Технологічна документація, створювана при проектуванні операцій для верстатів із ЧПК.

Системи координат верстата, деталі, інструмента та їхній зв'язок між собою. Розрахунок елементів контуру деталі й елементів траєкторії інструмента. Розробка розрахунково-технологічної карти (РТК).

Загальні характеристики систем числового програмного керування. Функції та задачі системи ЧПК. Конфігурації систем ЧПК.

Класифікація верстатів зі ЧПК. Конструктивні елементи та особливості верстатів з ЧПК. Класифікація систем і пристроїв з ЧПК. Позиційні та контурні системи ЧПК. Системи класів NC, SNC, CNC, DNC, HNC. Схеми побудови моделей СЧПК.

Програмувальні контролери. Загальні поняття та призначення системи циклової електроавтоматики. Конфігурація системи керування цикловою автоматикою.

Структура та принцип роботи фазового слідкуючого приводу з датчиками зворотного зв'язку за положенням і за кутом повороту.

Основні принципи розробки керуючих програм (КП) Подання траєкторії обробки. Схеми запису керуючої програми. Поняття та структура кадру керуючої програми. Слова. Підготовчі та допоміжні функції. Програмоносії.

Загальні відомості про систему Unigraphics NX та її склад. Моделювання кривих. Базові криві. 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 булевих операцій і функцій параметричного редагування просторових моделей.

Розробка керуючих програм за допомогою системи Unigraphics NX. Розрахунок траєкторії руху інструмента при фрезерній обробці контурів і кишень. Фрезерна обробка складних поверхонь. Генератор постпроцесорів. Введення в багатокординатну фрезерну обробку.

Нові технології й устаткування із ЧПК. Високошвидкісна фрезерна обробка на верстатах с ЧПК. Поняття високошвидкісного фрезерування і його особливості. Режими різання. Розрахунок траєкторії фрези. Ефективність високошвидкісного фрезерування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія виробництва авіаційних двигунів / В. О. Богуслаєв, О. Я. Качан, А. І. Долматов, В.Ф. Мозговий, Є. Я. Коренєвський. – ч. 1. Основи технології – Запоріжжя: «Мотор Січ», 2007. – 518 с.
2. Технология производства авиационных двигателей/ В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, А. И. Долматов, В.Ф. Мозговий, Е. Я. Коренєвський. – ч. 2. Основы проектирования технологических процессов – Запоріжжя: «Мотор Січ», 2007. – 557 с.
3. Технология производства авиационных двигателей/ В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, В.К. Яценко, А. И. Долматов, А.В. Богуслаев, В.Ф. Мозговий, Е. Я. Коренєвський, В.А. Титов. – ч. 3. Методы обработки деталей авиационных двигателей. – Запоріжжя: «Мотор Січ», 2008. – 638 с.
4. Технология производства авиационных двигателей/ В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, А. И. Долматов, В.Ф. Мозговий, Е. Я. Коренєвський. – ч. 4. Сборка авиационных двигателей. – Запоріжжя: «Мотор Січ», 2009. – 341 с.
5. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями: в 2 частях / Балабуев П.В., Бычков С.А., Гребенников А.И., Желдоченко В.Н., Кобылянский А.А., Мялища А.К. – Х: ХАП, 2003 – ч.2, – 390 с.
6. Кривцов В.С. Інженерні основи функціонування і загальна будова аерокосмічної техніки: Підручник. / В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, М.М. Федотов. – Х.: ХАІ, 2002 – ч. 1. – 468 с, ч.2. – 723 с.
7. Технологий самолетостроения: Учебник для вузов. Под ред. Абибова А.Л. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
8. Бабушкин А. И. Методы сборки самолетных конструкций. – М. : Машиностроение, 1985. – 248 с.
9. Крысин В.Н. Технологическая подготовка авиационного производства. – М. : Машиностроение, 1984. – 384 с.
10. Якровец А. И. Основы механизации и автоматизации технологических процессов в самолетостроении. – М. : Машиностроение, 1991 – 224 с.
11. Кривов Г. А. Технология самолетостроительного производства. – К. : КВЦ, 1997. – 459 с.
12. Технологія виробництва літальних апаратів із композиційних матеріалів / Бичков С.Л., Гайдачук О.В., Гайдачук В.С, Гречка В.Д., Кобрін В.М. Підручник для вузів. – К: 1995 – 374 с.
13. Заготовельно–обробні технології у виробництві аерокосмічних літальних апаратів: Навч. Посібник / Г. Ф. Арістов, О. В. Гайдачук, В. М. Кобрін, В. В. Сухов, І. Г. Федосенко, Г. О. Шестаков. – Харків-Київ: ХАІ-УкрМДІАТ, 1999 – ч.1. – 220 с, ч.2. – 310 с.
14. Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. – М.: Машиностроение, 1973. – 468 с.
15. Сторожев М. В. Ковка и объемная штамповка. Справочник т. 1. – М. : Машиностроение, 1967 г.
16. Митрофанов С.П. Организация группового производства. – Л. : Машиностроение, 1983 – Т. 1. – 407 с.

17. Сотников В. Д. Группові технологічні процеси в авіадвигунобудуванні. Навчальний посібник. – Х. : ХА1, 2008. – 80 с.
18. Краснов М. Unigraphics для професіоналов. – М., 2006. – 319 с.
19. Кунву Ли. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.

Програму розглянуто і узгоджено на сумісному засіданні кафедри технологій виробництва авіаційних двигунів і кафедри технології виробництва літальних апаратів

Протокол № 5 від « » 01 2020 р.

Завідувач кафедри
технологій виробництва авіаційних двигунів
д.т.н., професор



А. І. Долматов

Завідувач кафедри
технології виробництва літальних апаратів
д.т.н., професор



І. В. Бичков