

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи студентів з вивчення

дисципліни "Програмування механічних операцій в
технологічних процесах"
(для спеціальності 8.05050201 "Технологія машинобудування")

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах" (для спеціальності 8.05050201 "Технологія машинобудування") Укл. П.А. Каморкін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. 22 с.

Укладач:

П.А. Каморкін, доцент, к.т.н.

Рецензент:

І.М. Павлюченко, доцент, к.т.н.

Відповідальний за
випуск

М.М. Новиков

Затверджено
на засіданні кафедри
"Технологія машинобудування"

Протокол № 3
від 11.11.2010

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	5
1.1 Мета викладання дисципліни.....	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни ..	5
2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	6
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення	6
2.1.1 Основні можливості системи «ГеММа-3D». Інтерфейс системи – 2 години.....	6
2.1.2 Моделювання об'єктів з використанням 2D редакторів – 6 годин	7
2.1.3 Моделювання об'єктів з використанням 3D редакторів – 6 годин	10
2.1.4 Розробки керуючих програм 2D - 3D обробки. Контроль якості керуючих програм 3-х осрової фрезерної обробки – 4 години	11
2.2 Перелік практичних робіт та їх тривалість.....	14
2.2.1 Практична робота № 1	14
2.2.2 Практична робота № 2	14
2.2.3 Практична робота № 3	14
2.2.4 Практична робота № 4	14
2.2.5 Практична робота № 5	15
2.2.6 Практична робота № 6	15
2.2.7 Практична робота № 7	15
2.3 Контрольні запитання	15
3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ	20
4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	22
4.1 Основна література.....	22
4.2 Додаткова література.....	22
4.3 Перелік посібників та методичних вказівок.....	22

ВСТУП

Дисципліна "Програмування механічних операцій в технологічних процесах" є однією із дисциплін спеціальності "Технологія машинобудування", що забезпечує якісну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої навчальної програми дисципліни може не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Згідно діючих навчальних планів викладання дисципліни здійснюється у Х семестрі загальною кількістю годин 144 (2,65 кредити), в тому числі лекції – 18 години, практичні заняття – 18 годин, індивідуальна самостійна робота студента – 108 години. Під час Х семестру передбачено 2 модульні контролю під час 8-го та 18-го тижнів.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета викладання дисципліни

Вивчення та засвоєння теоретичних основ проектування раціональних прийомів програмування механічних операцій в технологічних процесах з використанням системи геометричного моделювання і програмування для верстатів з ЧПК «ГеММа-3D».

1.2 Завдання вивчення дисципліни

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати:

- основні можливості системи «ГеММа-3D»;
 - інтерфейс системи;
 - прийоми моделювання об'єктів з використанням 2D та 3D редакторів;
 - методи розробки керуючих програм для 2D та 3D об'єктів;
 - програмування багатокоординатної обробки;
- та уміти:
- працювати в системі «ГеМа-3D»;
 - створювати та редагувати 2d та 3d об'єкти;
 - моделювати траєкторії руху інструменту;
 - створювати та редагувати керуючі програми;
 - аналізувати розроблені програми та ін.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни

Для глибокого та всебічного розуміння технологічної оснастки необхідно вивчення та знання таких дисциплін:

- вища та обчислювальна математика;
- аналітичної та нарисна геометрія;
- технічне креслення;
- деталі машин;
- технологія конструкційних матеріалів;
- теорія різання та ріжучого інструмента;
- металорізальні верстати;
- взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання;
- автоматизовані системи проектування технологічних процесів;
- твердотільне програмування і основи інженерних розрахунків.

2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

По кожній тематиці вказані години на лекційні заняття. Години на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надані у розділі 3

2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

2.1.1 Основні можливості системи «ГеММа-3D». Інтерфейс системи – 2 години

Призначення і можливості системи. Структура системи. Файли і перетворення даних в системі. Типова послідовність дій технолога програміста. Основні операції. Допоміжні побудови в геометричному редакторі. Використання утиліт геометричного редактора для допоміжних побудов. Запуск і завершення роботи. Побудова траєкторії переміщення інструменту при обробці деталі. Технічні засоби управління.

Вибір команди з меню системи. Стандартна відповідь користувача. Введення координат точки. Вказівка об'єкту. Проста вказівка групи об'єктів. Складна вказівка групи об'єктів. Введення числових значень і рядків. Редагування таблиць. Робота з текстовим редактором керуючих програм, і редактором макрокоманд. Контекстне меню. Діагностичні повідомлення. Використання рівнів. Зміна видимості рівня. Зміна поточного робочого рівня. Коментар до рівня. Переміщення об'єктів на певний рівень. Використання кольорів об'єктів. Зміна кольору існуючого об'єкту. Вказівка об'єктів з використанням селекції за кольором.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на призначення та особливості системи ГеММа 3D. Вивчити призначення органів керування інтерфейсу системи

Література: [1] с. 2 ... 28.

Питання для самоперевірки

- 1 Призначення і можливості системи. Структура системи.
- 2 Файли і перетворення даних в системі.
- 3 Типова послідовність дій технолога програміста.
- 4 Основні операції та Допоміжні побудови в геометричному редак-

торові.

- 5 Використання утиліт геометричного редактора для допоміжних побудов.
- 6 Запуск і завершення роботи.
- 7 Побудова траєкторії переміщення інструменту при обробці деталі. Технічні засоби управління.
- 8 Вибір команди з меню системи. Стандартна відповідь користувача.
- 9 Введення координат точки.
- 10 Вказівка об'єкту. Проста вказівка групи об'єктів. Складна вказівка групи об'єктів.
- 11 Введення числових значень і рядків. Редагування таблиць.
- 12 Робота з текстовим редактором керуючих програм, і редактором макрокоманд.
- 13 Контекстне меню. Діагностичні повідомлення.
- 14 Використання рівнів. Зміна видимості рівня. Зміна поточного робочого рівня. Коментар до рівня. Переміщення об'єктів на певний рівень.
- 15 Використання кольорів об'єктів. Зміна кольору існуючого об'єкту. Вказівка об'єктів з використанням селекції за кольором.

2.1.2 Моделювання об'єктів з використанням 2D редакторів – 6 годин

Оперативне меню. Контекстне меню. Основне меню. Робота з файлами. Зображення. Меню створити. Крапки. Опорні точки. Центр дуги. Перетин. Лінії. Дуга. Сполучення трьох елементів невідомим радіусом. Сполучення крапки на елементі з іншим елементом невідомим радіусом. Дуга, дотична елементу в крапці. Концентрична дуга. Дуга із заданим центром, дотична до елементу. Крива. Еліпс. Спіраль Архімеда. Евольвента. Крива 2-порядка. Сплайн. $F(t)$ - крива в параметричному вигляді. Апроксимація. Перетворення сплайну в гладкий контур з дуг. Побудова сплайну на безлічі крапок. Перетворення контуру в сплайн. Зібрати всі елементи контуру. Згладити контур.

Текст. Редагування тексту. Редагування положення. Редагування параметрів. Ручний кернінг. Перетворення тексту в геометричні елементи (набір контурів). Введення інформації з текстового файлу.

Розмірні лінії. Допуски.

Примітиви. Коло. Прямокутник. Рамка. Еліпс. Паз шпони. Завдання елемента на "валу".

Модифікувати. Опорні точки. Подовжити. Додаткова дуга. Перетнути. Розділити. Інверсія. Ножиці. Модифікація скруглення.

Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від крапки до крапки. Відстань від крапки до елемента. Кут між двома прямими. Злам контуру. Масс-інерційні характеристики.

Утиліти (Технологічні побудови). Еквідистанта. Швидка побудова еквідистанти (Швидка еквідистанта). Відмінності роботи пункту Швидка еквідистанта від пункту Звичайна еквідистанта. Побудова повної еквідистанти. Відмінності від роботи пункту Звичайна еквідистанта. Послідовність виконання пунктів "Звичайна еквідистанта", "Швидка еквідистанта", "Повна еквідистанта". Штрихування. Округляти контур.

Вписати фрезу. Вписати різець. Підхід - відхід. Перпендикуляр. Дотична пряма і дотична дуга. Зовнішня крапка (2 елементи). Зовнішня крапка (3 елементи).

Заготівка. Об'єднати, Відняти, Перетнути. Маска. Обведення по товщині. Обрізання. Розкладка. Перетворити. Рівні.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, якими методами виконується побудова різних об'єктів в 2D редакторі. Необхідно на практичних прикладах пропрацювати і засвоїти всі прийоми і способи формування об'єктів.

Література: [1] с. 29 ... 120.

Питання для самоперевірки

1. Оперативне меню. Контекстне меню. Основне меню.
2. Робота з файлами.
3. Зображення.
4. Меню створити. Крапки. Опорні точки. Центр дуги. Перетин. Лінії. Дуга.
5. Сполучення трьох елементів невідомим радіусом.
6. Сполучення крапки на елементі з іншим елементом невідомим радіусом.
7. Дуга, дотична елементу в крапці. Концентрична дуга. Дуга із заданим центром, дотична до елемента.
8. Крива. Еліпс. Спіраль Архімеда. Евольвента. Крива 2-порядка.

- Сплайн. $F(t)$ - крива в параметричному вигляді.
9. Апроксимація. Перетворення сплайну в гладкий контур з дуг. Побудова сплайну на безлічі крапок. Перетворення контуру в сплайн.
 10. Збір всіх елементів контуру. Згладити контур.
 11. Текст. Редагування тексту. Редагування положення. Редагування параметрів. Ручний кернінг.
 12. Перетворення тексту в геометричні елементи (набір контурів).
 13. Введення інформації з текстового файлу.
 14. Розмірні лінії. Допуски.
 15. Примітиви. Коло. Прямокутник. Рамка. Еліпс. Паз шпони.
 16. Завдання елементу на "валу".
 17. Модифікація.
 18. Опорні точки. Подовжити. Додаткова дуга. Перетнути. Розділити. Інверсія. Ножиці. Модифікація скруглення.
 19. Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від крапки до крапки. Відстань від крапки до елементу.
 20. Кут між двома прямими. Злам контуру. Масс-інерційні характеристики.
 21. Утиліти (Технологічні побудови).
 22. Еквідистанта. Швидка побудова еквідистанти (Швидка еквідистанта). Відмінності роботи пункту Швидка еквідистанта від пункту
 23. Звичайна еквідистанта. Побудова повної еквідистанти. Відмінності від роботи пункту Звичайна еквідистанта.
 24. Послідовність виконання пунктів "Звичайна еквідистанта", "Швидка еквідистанта", "Повна еквідистанта". Штрихування. Округляти контур.
 25. Вписати фрезу.
 26. Вписати різець.
 27. Підхід - відхід.
 28. Перпендикуляр. Дотична пряма і дотична дуга.
 29. Зовнішня крапка (2 елементи). Зовнішня крапка (3 елементи).
 30. Заготівка. Об'єднати, Відняти, Перетнути. Маска.
 31. Обведення по товщині. Обрізання. Розкладка. Перетворити. Рівні.

2.1.3 Моделювання об'єктів з використанням 3D редакторів – 6 годин

Системи координат. Геометричні об'єкти. Оперативне меню. Параметри системи. Основне меню. Робота з файлами. Зображення. Створення геометричних об'єктів. Крапки. Відрізки. Криві. Сплайн. Дуга. Коло. Проектування кривої на поверхню. Перетини. Перетин поверхонь. Навертка контуру на поверхню. Розгортка контуру з поверхні на площину. Еквідистанта. Згладжування. Апроксимація. Об'єднання групи крапок в сплайн. Крива на поверхні. Побудова довільної кривої, використовуючи математичні формули. Межі поверхонь.

Поверхні. Лінійчата поверхня. Поверхня витискування. Поверхня обертання. Бікубічеська поверхня (3D-сеть). Поверхня Безье. Кінематична поверхня. Поверхня гладкого з'єднання. Поверхні сполучення радіусу. Еквідистантна поверхня. Ливарний кут. Кут валізи. Апроксимація.

Створення оболонки. Тримірованіє (обрізання) поверхонь. Об'єднання групи поверхонь в оболонку. Зміна зовнішньої сторони оболонки.

Модифікація. Модифікація кривих. Ділення кривих. Об'єднання кривих. Подовження кривих. Інверсія ліній. Безье->NURBS. Подовжити поверхню. Видалити копії. Перетворення об'єктів. Паралельне перенесення. Прив'язка. Поворот. Віддзеркалення. Масштабування. Робота з рівнями. Площини. Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від тачки до крапки. Відстань від крапки до елементу. Кут між двома прямими. Об'єм. Тоновна візуалізація.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, якими методами виконується побудова різних об'єктів в 3D редакторі. Необхідно на практичних прикладах пропрацювати і засвоїти всі прийоми і способи формування об'єктів.

Література: [І] с. 121...170.

Питання для самоперевірки

1. Системи координат. Геометричні об'єкти.
2. Оперативне меню. Параметри системи.
3. Основне меню.
4. Робота з файлами.
5. Зображення.

6. Створення геометричних об'єктів. Крапки. Відрізки. Криві. Сплайн. Дуга. Коло.
7. Проектування кривої на поверхню. Перетини. Перетин поверхонь.
8. Навертка контуру на поверхню. Розгортка контуру з поверхні на площину.
9. Еквідистанта. Згладжування. Апроксимація.
10. Об'єднання групи крапок в сплайн.
11. Крива на поверхні. Побудова довільної кривої, використовуючи математичні формули. Межі поверхонь.
12. Поверхні. Лінійчата поверхня. Поверхня витискування. Поверхня обертання. Бікубіческа поверхня (3D-сеть). Поверхня Безье.
13. Кінематична поверхня. Поверхня гладкого з'єднання. Поверхні сполучення радіусу.
14. Еквідистантна поверхня. Ливарний кут. Кут валізи. Апроксимація.
15. Створення оболонки. Тріммірованіє (обрізання) поверхонь. Об'єднання групи поверхонь в оболонку. Зміна зовнішньої сторони оболонки.
16. Модифікація. Модифікація кривих. Ділення кривих. Об'єднання кривих. Подовження кривих. Інверсія ліній. Безье->NURBS.
17. Подовжити поверхню. Видалити копії.
18. Перетворення об'єктів. Паралельне перенесення. Прив'язка. Поворот. Віддзеркалення. Масштабування.
19. Робота з рівнями. Площини.
20. Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від тачки до крапки. Відстань від крапки до елементу.
21. Кут між двома прямими.
22. Об'єм.
23. Тоновна візуалізація.

2.1.4 Розробки керуючих програм 2D - 3D обробки.

Контроль якості керуючих програм 3-х осьової фрезерної обробки – 4 години

Обробка 2D. Прохід. Об'єднати. Динаміка. Завдання інструменту. Контур (центром). Контур еквідистантой. Гравіювання. Різка. Підхід-відхід. Корекція і еквідистанта. Обхід контурів. Переходи. Обробка кишені еквідистантой. Підбір штрихуванням. Ручне фрезерування.

Цикл свердлення. Ручне свердлення. Гравіювання 3D. Порядок обробки. Тип обробки. Тип штрихування. Чистовий обхід. Фініш (Гравіювання 3D). Токарна кишеня. Токарний контур. Токарне свердлення. Електроерозійне різання 2D. Електроерозійне різання 4D. Перетворити прохід.

3D Фрезерна обробка. Прохід. Геометрія інструменту. Технологічні операції фрезерної обробки. По контуру. Конттури на оболонку. Прохід на оболонку. Прохід на поверхню.

Чорнова пошарова обробка. Полу чистова обробка сукупності поверхонь. Стратегія обробки - "Штрихування". Стратегія обробки - "Еквідистанта".

Чистова обробка поверхонь. Чистова обробка сукупності поверхонь (оболонок). Стратегія обробки - "2 межі, перпендикулярно". Утиліти вимірювань. Побудови ліній обмежень. Обмеження для сферичної фрези. Обмеження для конічної фрези. Перегин. Перетворення траєкторій інструменту. Постпроцесор. Послати на верстат.

Побудова АРТ – програми. Технологічні параметри. Параметри фрезерної обробки. Висоти. Подачі. Параметри урізування. Корекція. Параметри токарної обробки. Параметри електроерозійної обробки. Включення проходів інструменту в програму. Постійні цикли. Завдання підпрограми. Виклик підпрограми. Технологічні команди. Команди роботи із списком блоків. Параметри перетворення АРТ - програми. Упорядкувати програму по інструменту. Вибір процесора поста. Команди введення/виводу. Генерація АРТ - програми. Генерація машинної програми. Вихід.

Призначення G-mill програми. Запуск програми і збереження налаштувань користувача. Основне вікно додатку. Органи управління. Меню. Основне меню. Контекстне меню. Панелі інструментів. Рядок стану. Інформаційна панель. Робоча область. Майстер завантаження, вікна властивостей об'єктів і діалогові панелі. Майстер завантаження керуючої програми. Вікна властивостей. Вікна діалогів.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, як формуються керуючі програми. З яких частин вони складаються. Як задається рух інструменту. Звернути увагу на особливості роботи для 2D і 3D об'єктів.

Література: [1] с. 171...274.

Питання для самоперевірки

1. Що таке похибка базування, закріплення, установки, пристосування.
Обробка 2D
2. Прохід.
3. Об'єднати.
4. Динаміка.
5. Завдання інструменту.
6. Контур (центром). Контур еквідістантой.
7. Гравіювання.
8. Різка.
9. Підхід-відхід. Корекція і еквідістанта. Обхід контурів.
10. Переходи. Обробка кишені еквідістантой. Підбір штрихуванням.
11. Ручне фрезерування.
12. Цикл свердлення.
13. Ручне свердлення.
14. Гравіювання 3D. Порядок обробки. Тип обробки. Тип штрихування. Чистовий обхід. Фініш (Гравіювання 3D).
15. Токарна кишеня. Токарний контур. Токарне свердлення.
16. Електроерозійне різання 2D. Електроерозійне різання 4D.
17. Перетворити прохід.
3D Фрезерна обробка
18. Прохід.
19. Геометрія інструменту.
20. Технологічні операції фрезерної обробки. По контуру. Контури на оболонку. Прохід на оболонку. Прохід на поверхню.
21. Чорнова пошарова обробка.
22. Полу чистова обробка сукупності поверхонь. Стратегія обробки - "Штрихування". Стратегія обробки - "Еквідістанта".
23. Чистова обробка поверхонь. Чистова обробка сукупності поверхонь (оболонок).
24. Стратегія обробки - "2 межі, перпендикулярно".
25. Утиліти вимірювань.
26. Побудови ліній обмежень. Обмеження для сферичної фрези. Обмеження для конічної фрези. Перегин.
27. Перетворення траєкторій інструменту. Постпроцесор.
28. Послати на верстат.
Побудова АРТ – програми
29. Технологічні параметри.

30. Параметри фрезерної обробки. Висоти. Подачі. Параметри урізування. Корекція.
31. Параметри токарної обробки.
32. Параметри електроерозійної обробки.
33. Включення проходів інструменту в програму.
34. Постійні цикли.
35. Завдання підпрограми. Виклик підпрограми.
36. Технологічні команди. Команди роботи із списком блоків.
37. Параметри перетворення АРТ - програми.
38. Упорядкувати програму по інструменту. Вибір постпроцесора. Команди введення/виводу.
39. Генерація АРТ - програми. Генерація машинної програми. Вихід.
40. Контроль якості керуючих програм
41. Призначення G-mill програми.
42. Запуск програми і збереження налаштувань користувача.
43. Основне вікно додатку. Органи управління.
44. Меню. Основне меню. Контекстне меню. Панелі інструментів.
45. Рядок стану. Інформаційна панель. Робоча область.
46. Майстер завантаження, вікна властивостей об'єктів і діалогові панелі.
47. Майстер завантаження керуючої програми.
48. Вікна властивостей. Вікна діалогів.

2.2 Перелік практичних робіт та їх тривалість

2.2.1 Практична робота № 1

Створення геометричних об'єктів в 2D редакторі – 2 години.

2.2.2 Практична робота № 2

Редагування геометричних об'єктів в 2D редакторі. Нанесення розмірних ліній. – 2 години.

2.2.3 Практична робота № 3

Використання форматів трансляції. Експорт і імпорт файлів. – 2 години.

2.2.4 Практична робота № 4

Обробка в 2D просторі. Отримання керуючої програми на верстатах з ЧПК – 2 години.

2.2.5 Практична робота № 5

Створення об'єктів в 3D редакторі – 3 години.

2.2.6 Практична робота № 6

Розрахунок затискаючого пристрою – 3 години.

2.2.7 Практична робота № 7

Програмування багатокоординатної обробки деталей – 4 години.

Методичні вказівки

При підготовці до проведення практичних робіт слід користуватись навчальними посібниками [1 – 4], а також звернутись до відповідних розділів робочої програми.

2.3 Контрольні запитання

При підготовці до першого та остаточного модульного контролю знань з дисципліни студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють вузлові положення дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах".

1. Призначення і можливості системи. Структура системи.
2. Файли і перетворення даних в системі.
3. Типова послідовність дій технолога програміста.
4. Основні операції та Допоміжні побудови в геометричному редакторі.
5. Використання утиліт геометричного редактора для допоміжних побудов.
6. Запуск і завершення роботи.
7. Побудова траєкторії переміщення інструменту при обробці деталі. Технічні засоби управління.
8. Вибір команди з меню системи. Стандартна відповідь користувача.
9. Введення координат точки.
10. Вказівка об'єкту. Проста вказівка групи об'єктів. Складна вказівка групи об'єктів.
11. Введення числових значень і рядків. Редагування таблиць.
12. Робота з текстовим редактором керуючих програм, і редактором макрокоманд.
13. Контекстне меню. Діагностичні повідомлення.

14. Використання рівнів. Зміна видимості рівня. Зміна поточного робочого рівня. Коментар до рівня. Переміщення об'єктів на певний рівень.
15. Використання кольорів об'єктів. Зміна кольору існуючого об'єкту. Вказівка об'єктів з використанням селекції за кольором.

2D редактор

16. Оперативне меню. Контекстне меню. Основне меню.
17. Робота з файлами.
18. Зображення.
19. Меню створити. Крапки. Опорні точки. Центр дуги. Перетин. Лінії. Дуга.
20. Сполучення трьох елементів невідомим радіусом.
21. Сполучення крапки на елементі з іншим елементом невідомим радіусом.
22. Дуга, дотична елементу в крапці. Концентрична дуга. Дуга із заданим центром, дотична до елементу.
23. Крива. Еліпс. Спіраль Архімеда. Евольвента. Крива 2-порядка. Сплайн. $F(t)$ - крива в параметричному вигляді.
24. Апроксимація. Перетворення сплайну в гладкий контур з дуг. Побудова сплайну на безлічі крапок. Перетворення контуру в сплайн.
25. Збір всіх елементів контуру. Згладити контур.
26. Текст. Редагування тексту. Редагування положення. Редагування параметрів. Ручний кернінг.
27. Перетворення тексту в геометричні елементи (набір контурів).
28. Введення інформації з текстового файлу.
29. Розмірні лінії. Допуски.
30. Примітиви. Коло. Прямокутник. Рамка. Еліпс. Паз шпони.
31. Завдання елементу на "валу".
32. Модифікація.
33. Опорні точки. Подовжити. Додаткова дуга. Перетнути. Розділити. Інверсія. Ножиці. Модифікація скруглення.
34. Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від крапки до крапки. Відстань від крапки до елементу.
35. Кут між двома прямими. Злам контуру. Масс-інерційні характеристики.
36. Утиліти (Технологічні побудови).
37. Еквідистанта. Швидка побудова еквідистанти (Швидка еквідистан-

- та). Відмінності роботи пункту Швидка еквідистанта від пункту
38. Звичайна еквідистанта. Побудова повної еквідистанти. Відмінності від роботи пункту Звичайна еквідистанта.
 39. Послідовність виконання пунктів "Звичайна еквідистанта", "Швидка еквідистанта", "Повна еквідистанта". Штрихування. Округляти контур.
 40. Вписати фрезу.
 41. Вписати різець.
 42. Підхід - відхід.
 43. Перпендикуляр. Дотична пряма і дотична дуга.
 44. Зовнішня крапка (2 елементи). Зовнішня крапка (3 елементи).
 45. Заготівка. Об'єднати, Відняти, Перетнути. Маска.
 46. Обведення по товщині. Обрізання. Розкладка. Перетворити. Рівні.
- 3D редактор
47. Системи координат. Геометричні об'єкти.
 48. Оперативне меню. Параметри системи.
 49. Основне меню.
 50. Робота з файлами.
 51. Зображення.
 52. Створення геометричних об'єктів. Крапки. Відрізки. Криві. Сплайн. Дуга. Коло.
 53. Проектування кривої на поверхню. Перетини. Перетин поверхонь.
 54. Навертка контуру на поверхню. Розгортка контуру з поверхні на площину.
 55. Еквідистанта. Згладжування. Апроксимація.
 56. Об'єднання групи крапок в сплайн.
 57. Крива на поверхні. Побудова довільної кривої, використовуючи математичні формули. Межі поверхонь.
 58. Поверхні. Лінійчата поверхня. Поверхня витискування. Поверхня обертання. Бікубічеська поверхня (3D-сеть). Поверхня Безье.
 59. Кінематична поверхня. Поверхня гладкого з'єднання. Поверхні сполучення радіусу.
 60. Еквідистантна поверхня. Ливарний кут. Кут валізи. Апроксимація.
 61. Створення оболонок. Тріммірованіє (обрізання) поверхонь. Об'єднання групи поверхонь в оболонку. Зміна зовнішньої сторони оболонки.

62. Модифікація. Модифікація кривих. Ділення кривих. Об'єднання кривих. Подовження кривих. Інверсія ліній. Безье->NURBS.
63. Подовжити поверхню. Видалити копії.
64. Перетворення об'єктів. Паралельне перенесення. Прив'язка. Поворот. Відзеркалення. Масштабування.
65. Робота з рівнями. Площини.
66. Зміряти. Крапки. Елементи. Габарити. Відстань від тачки до крапки. Відстань від крапки до елементу.
67. Кут між двома прямими.
68. Об'єм.
69. Тонova візуалізація.
- Обробка 2D
70. Прохід.
71. Об'єднати.
72. Динаміка.
73. Завдання інструменту.
74. Контур (центром). Контур еквідістантой.
75. Гравіювання.
76. Різка.
77. Підхід-відхід. Корекція і еквідістанта. Обхід контурів.
78. Переходи. Обробка кишені еквідістантой. Підбір штрихуванням.
79. Ручне фрезерування.
80. Цикл свердлення.
81. Ручне свердлення.
82. Гравіювання 3D. Порядок обробки. Тип обробки. Тип штрихування. Чистовий обхід. Фініш (Гравіювання 3D).
83. Токарна кишеня. Токарний контур. Токарне свердлення.
84. Електроерозійне різання 2D. Електроерозійне різання 4D.
85. Перетворити прохід.
- 3D Фрезерна обробка
86. Прохід.
87. Геометрія інструменту.
88. Технологічні операції фрезерної обробки. По контуру. Контури на оболонку. Прохід на оболонку. Прохід на поверхню.
89. Чорнова пошарова обробка.
90. Полу чистова обробка сукупності поверхонь. Стратегія обробки - "Штрихування". Стратегія обробки - "Еквідістанта".
91. Чистова обробка поверхонь. Чистова обробка сукупності повер-

хонь (оболонок).

92. Стратегія обробки - "2 межі, перпендикулярно".

93. Утиліти вимірювань.

94. Побудови ліній обмежень. Обмеження для сферичної фрези. Обмеження для конічної фрези. Перегин.

95. Перетворення траєкторій інструменту. Постпроцесор.

96. Послати на верстат.

Побудова АРТ – програми

97. Технологічні параметри.

98. Параметри фрезерної обробки. Висоти. Подача. Параметри урізування. Корекція.

99. Параметри токарної обробки.

100. Параметри електроерозійної обробки.

101. Включення проходів інструменту в програму.

102. Постійні цикли.

103. Завдання підпрограми. Виклик підпрограми.

104. Технологічні команди. Команди роботи із списком блоків.

105. Параметри перетворення АРТ - програми.

106. Упорядкувати програму по інструменту. Вибір постпроцесора. Команди введення/виводу.

107. Генерація АРТ - програми. Генерація машинної програми. Вихід.

108. Контроль якості керуючих програм

109. Призначення G-mill програми.

110. Запуск програми і збереження налаштувань користувача.

111. Основне вікно додатку. Органи управління.

112. Меню. Основне меню. Контекстне меню. Панелі інструментів.

113. Рядок стану. Інформаційна панель. Робоча область.

114. Майстер завантаження, вікна властивостей об'єктів і діалогові панелі.

115. Майстер завантаження керуючої програми.

116. Вікна властивостей. Вікна діалогів.

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах" передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів практичних робіт;
- проведення 1-го і 2-го підсумкових модульних контролів на 8-му та 18-му тижні.

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів, на які поділяється робоча програма дисципліни, надані у таблиці 3.1

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку. Слід зазначити, що всі заплановані заходи повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, отримує екзаменаційну оцінку як середню за підсумками двох модульних тестів.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання іспиту протягом одного тижня.

Таблиця 3.1 – Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах"

Блоки змістових модулів	Короткий зміст модулю	Розподіл навчального часу за видами занять		СРС, годин	Обсяг навантаження студента	
		Лекції, годин	Практ. роботи, №/годин		Годин	Кредити
	Блоки змістового модулю, що виносяться на модульний контроль					
1	1. Основні можливості системи «ГеММа-3D». 2. Інтерфейс системи.	2		16	18	0,33
2	3. Моделювання об'єктів з використанням 2D редакторів.	6	1, 2, 3, 4/8	32	46	0,85
Разом за підсумковий модуль, годин		8	8	48	64	1,18
Термін проведення 1-го підсумкового модульного контролю 8-й тиж- день семестру						
3	4. Моделювання об'єктів з використанням 3D редакторів.	6	5, 6/6	40	52	0,67
4	5. Розробки керуючих програм для. 6. Контроль якості керуючих програм 3-х осьо- вої фрезерної обробки.	4	7/4	20	28	0,50
Разом за підсумковий модуль, годин		10	10	60	80	1,47
Термін проведення 2-го підсумкового модульного контролю 18-й тиждень семестру						

*Позначення у таблиці 3.1: СРС – самостійна робота студента

4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах". Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

4.1 Основна література

1. Система геометрического моделирования и программирования для станков с ЧПУ ГеММа-3D. Версия 8.0. Руководство пользователя, г. Жуковский.-2002.-347с.
2. Система геометрического моделирования и программирования для станков с ЧПУ. ГеММа-3D. Версия 8.0. Краткое описание системы с примерами использования. Вводный курс. г. Жуковский.-2002.-103с.

4.2 Додаткова література

3. Компьютерные интегрированные технологии авиационного производства. ч. 1, 2. Автоматизированное проектирование программной обработки деталей ЛА / В.С. Кривцов, Ю.В. Дьяченко, В.Е. Зайцев, В.В. Коллеров, А.А. Павленко. - Учеб. пособие. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2002. - 72 с.
4. Вермель В.Д., Зарубин С.Г. «Использование системы ГеММА 3D при производстве технологической оснастки на оборудовании с ЧПУ» // «А.П.» , №3, 1998 г.

4.3 Перелік посібників та методичних вказівок

5. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Програмування механічних операцій в технологічних процесах" для спеціальності 8.090202 "Технологія машинобудування" / Укл. П.А. Каморкін, В.А. Панасенко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 36 с.