

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни
«Системи автоматизованого проектування»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

**за темою № 5 – Послідовність підготовки завдань
для виконання на ПК**

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, к.т.н., професор Гаврилюк Ю.М.

План лекції:

1. Послідовність підготовки завдань для виконання на ПК.
2. САПР технологічної підготовки виробництва.

Рекомендована література:

Основна література:

1. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів: навч. посібник / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 355 с.
2. Проектування електричних машин: Навч. посібник / Ципленков Д.В., Куваєв Ю.В., Іванов О.Б., Бобров О.В. (за ред. проф. Шкрабця Ф.П.) – Дніпро: НТУ "ДП", 2018. – 390 с.

Допоміжна література:

1. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD: навчальний посібник для втузів / В. В. Ванін, В. В. Перевертун, Т. О. Надкернична. — К.: Каравела, 2006
2. Основи автоматизованого проектування електромеханічних пристроїв і електромеханічних систем: конспект лекцій / О.А. Андрющенко; Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2011. – 114 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <https://www.autodesk.com>
2. http://itsapr.com/?gclid=CjwKCAiAzNj9BRBDEiwAPsL0d8vQ3SPg62oncFf15H02TZ1WrP7np5K3JI0wqQWfrIDgBEd_0OPIPhoCuIAQAvD_BwE
3. <https://www.solidworks.com>

Текст лекції

1. Послідовність підготовки завдань для виконання на ПК

Для виконання інженерних розрахункових або проектних завдань на ПК потрібно провести підготовчу роботу, що охоплює такі етапи: математичне формулювання завдання; вибір чисельного методу вирішення задачі; розроблення алгоритму; складання програми та її налагодження на контрольному прикладі; підготовка і запис початкових даних; вирішення задачі на ЕОМ і аналіз результатів.

Трудомісткість процесу розроблення програм і ефективність їх використання у процесі експлуатації здебільшого залежать від результатів виконання перших трьох етапів, що стосуються математичного забезпечення САПР.

Математичне формулювання завдання передбачає математичний опис її умов і визначення аналітичних виразів і формул, які необхідно вирішити на ЕОМ. Остаточний вигляд формул і математичних залежностей зазвичай називають математичною моделлю. Для переходу від словесного опису завдання до математичного формулювання використовують математичні методи.

Чисельні методи дають змогу звести вирішення найрізноманітніших і складних операцій (інтеграція, диференціювання, обчислення логарифмічних і інших функцій) до послідовного виконання чотирьох арифметичних дій.

Для різних математичних завдань, використовуваних у САПР, розроблені чисельні методи їх вирішення. Вибір того чи іншого чисельного методу для виконання завдання на ЕОМ обумовлюється з вимогами, що став, по-перше, визначенням завдання (необхідна точність, швидкість рішення та витрати на підготовку програми) і, по-друге, самою ЕОМ і програмою з позиції реалізації методу на машині.

За отриманими математичними залежностями записують послідовність виконання математичних операцій у вигляді алгоритму. На етапі вибору чисельного методу вирішення завдання вибирають методи оптимізації відповідно до вигляду цільової функції, кількості й особливостей змінних тощо.

Розроблення алгоритму передбачає визначення послідовності вирішення задачі на підставі раніше виконаного математичного формулювання задачі й вибору чисельного методу її вирішення.

Побудова математичних моделей об'єктів проектування. Процес проектування з використанням САПР у загальному вигляді характеризується деякими загальними підходами до вирішення проектних завдань. Так, у процесі автоматизації конструювання будь-яких об'єктів можна виокремити такі рівні: вибір принципу побудови проектного об'єкта; розроблення його структурної схеми; визначення характеристик процесів функціонування

об'єкта; розроблення функціональних блоків; проектування елементів функціональних блоків.

Ці самі рівні властиві і проектуванню технологічних процесів. Так, перший і другий рівні можна зіставити з вибором загальної схеми та маршруту обробки, четвертий – з проектуванням технологічної операції тощо.

Якість проектування об'єкта залежить від ухвалюваних вирішень на всіх рівнях проектування. Проте найбільше впливають перші рівні, особливо вибір принципу побудови проектного об'єкта та розроблення його структурної схеми.

Залежно від проектних завдань і вимог, що ставляться до їх вирішення, можливі різні способи моделювання цих завдань. Найбільшого поширення в САПР набули методи математичного моделювання, що обумовлюються побудовою математичних (операційних) моделей. У таких моделях разом із безліччю проектних ситуацій і рішень, які можуть бути прийняті в цих ситуаціях, відображаються вимоги, що ставляться до шуканого рішення, і чинники, які необхідно врахувати при його виборі. Вироблення рекомендацій щодо проектного рішення в процесі проектування полягає у відшукуванні рішення з безлічі можливих рішень, які найповніше задовольняють цим вимогам.

Математична модель – це сукупність математичних об'єктів (чисел, змінних, векторів, множин тощо) і відносин між ними, яка адекватно відображає деякі властивості проектного технічного об'єкта. У процесі проектування застосовують ті математичні моделі, які відображають істотні з позицій інженера-проектувальника властивості об'єкта. Головною вимогою до математичних моделей є адекватність відображення в них модельованого об'єкта. Математичні моделі, використовувані під час проектування різних технічних об'єктів, мають загальну структуру.

Усі змінні в математичних моделях поділяються на три групи: керовані, некеровані й похідні.

Під керованими змінними розуміють такі, вибір значень яких визначає вибір того або іншого проектного рішення.

Некеровані змінні характеризують ситуацію, в якій необхідно ухвалити рішення. Ці змінні описують зовнішні чинники, не залежні від проектних рішень, що оптимізуються, але що впливають на наслідки ухвалення того чи іншого вирішення.

Похідні змінні, залежні від керованих і некерованих змінних, є результатами ухвалення того або іншого проектного рішення. До таких змінних у проектних завданнях належать техніко-економічні характеристики проектного об'єкта.

В основу процесу вибору проектних рішень на різних етапах закладають досягнення деяких цілей, які можна підрозділити на якісні й кількісні.

Під якісними маються на увазі цілі, яким відповідають тільки два результати – мета досягнута або не досягнута. Прикладом якісної мети є прагнення забезпечити отримання тієї або іншої техніко-економічної характеристики проектного об'єкта в заданих межах.

Співвідношення, що описують умову здійснення якісних цілей, зазвичай називають обмеженнями моделі (технічними обмеженнями), а вирішення, що задовольняють цим умовам, – допустимими, тому цей тип критеріїв називають іноді критеріями допустимості.

Під кількісними мають на увазі такі цілі, які полягають у прагненні збільшити (або зменшити) деякі характеристики (наприклад, техніко-економічні) проектного об'єкта, залежні від ухвалюваних рішень. З погляду кількісної мети, рішення буде тим краще, чим більше (або менше) при цьому значення відповідного критерію. Критерії, які слугують для вираження кількісних цілей, називають критеріями ефективності або приватними критеріями ефективності.

Якщо серед варіантів проектного об'єкта відшукується не будь-який прийнятний кращий варіант, а якнайкращий у деякому розумінні, то критерій ефективності в цьому разі зазвичай називають критерієм оптимальності.

У реальних проектних завданнях виникає необхідність під час вибору деякого рішення враховувати можливість досягнення декількох кількісних цілей, часом суперечливих. У цих ситуаціях доводиться враховувати декілька приватних критеріїв ефективності. Найпростішим способом вирішення цієї проблеми є побудова узагальненого критерію, який є загалом певною сукупністю приватних критеріїв. Залежність між узагальненим критерієм, або приватним критерієм ефективності (оптимальності), і підлеглими до оптимізації параметрами називають цільовою функцією. Отже, якість проектного рішення буде тим краще (за сукупністю мети), чим більше (або менше) відповідне йому значення цільової функції.

Побудова математичних моделей різних технічних об'єктів є досить складним творчим процесом, що потребує від розробника знання тієї сфери, до якої належать проєктований об'єкт, методів математичного моделювання та певної винахідливості.

Процес моделювання охоплює такі етапи: визначення завдання; побудова моделі та її аналіз; розроблення методів отримання проектних рішень на моделі; експериментальна перевірка і коректування моделі й методів.

Якість створюваних математичних моделей здебільшого залежить від правильного визначення завдання. На цьому етапі необхідно визначити техніко-економічні цілі вирішуваного завдання, зібрати та проаналізувати всю початкову інформацію, визначити технічні обмеження. У процесі побудови моделей потрібно використовувати методи системного аналізу.

Процес моделювання, зазвичай, має ітераційне спрямування, що передбачає на кожному подальшому кроці ітерацій уточнення попередніх рішень, прийнятих на попередніх етапах розроблення моделей.

Розроблення алгоритмів. Під алгоритмом розуміють певну, строго визначену послідовність виконання процесу, спрямованого на отримання бажаної інформації певного вигляду й обсягу. Алгоритм характеризується такими поняттями: детермінованістю, дискретністю, масовістю та формалізацією.

Детермінованість, або визначеність встановлює однозначність результату процесу при заданих початкових даних і свідчить про те, що не можуть бути його різні тлумачення. Дискретність означає розчленованість алгоритму на окремі елементарні дії. Масовість припускає вирішення будь-якої задачі з класів однотипних при різних значеннях початкових даних. Під формалізацією, точніше ступенем формалізації потрібно розуміти рівень наближення розроблення алгоритму до мови програмування. Можна вважати, що алгоритм достатньо формалізований тоді, коли він може бути запрограмований для ЕОМ із використанням існуючого математичного забезпечення.

Найпоширеніші такі форми подання (описи) алгоритму.

1. Словесний опис. Ця форма є загальним описом процедур на природній мові. Ступінь деталізації обчислювального процесу є низьким, формалізація процесу практично відсутня. Позитивним моментом потрібно вважати ємне і компактне уявлення про перебіг вирішення задачі. Словесний опис алгоритму використовується зазвичай в різних реферативних описах вирішуваного завдання, на початковій стадії розроблення алгоритму, в технічних описах, статтях тощо.

2. Операторний опис. Полягає в докладному описі процесу, розчленованого на окремі формули або навіть на окремі арифметичні операції зі словесною або символічною вказівкою послідовності дій. Таке подання алгоритму супроводжується майже повною формалізацією, у зв'язку з чим програмування його значно спрощується. Операторну формулу опису алгоритму доцільно застосовувати для нескладних і малим за обсягом розрахункових завдань, інакше алгоритм стає важким для сприйняття і складним для реалізації.

3. Опис у вигляді таблиці ухвалення рішень. Таблиці ухвалення рішень потрібно розглядати як спеціальну форму алгоритмів, яка особливо добре підходить для певних технологічних завдань. Принципова побудова таблиць ухвалення рішень (таблиць відповідностей) наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Структура таблиці ухвалення рішень

<i>Можливі рішення</i>	<i>Критерії (ознаки) вибору рішення</i>				
	T_1	T_2	T_3	...	T_n
Y_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1n}
Y_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2n}
...
Y_m	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	...	X_{mn}

Перевагами застосування таблиць ухвалення рішень є такі: можливість будь-якого розвитку по рядках і стовпцях; можливість застосування для представлення типових рішень (маршрутів обробки, верстатів, інструментів тощо); добре пристосоване до специфічних умов підприємства за допомогою заміни, розвитку або зміни змісту; можливість представлення таблиць ухвалення рішень як підпрограм загальної системи алгоритмів (діаграми послідовності дій).

4. Опис у вигляді математичних залежностей. Достатньо коротка і раціональна форма подання алгоритмів – це функціональні залежності, записані у вигляді формул, які забезпечують мінімізацію потреб в об'ємі пам'яті. У багатьох випадках виявляється можливим перетворити табличні форми подання інформації, наприклад довідково-нормативні таблиці у вигляді математичних залежностей. У разі використання інтегрально-аналітичного методу визначення припуску замість громіздких нормативних галузевих таблиць операційних припусків можна застосовувати рівняння типу:

$$z_{j \min} = a + bD^m + cL^n,$$

де a, b, c – коефіцієнти та показники ступенів m, n , визначені шляхом математичної обробки довідкових таблиць операційних припусків.

5. Опис у вигляді схем. Будучи за змістом операторною формою, такий опис істотно відрізняється від неї за формою уявлення, бо використовує графіку і графічні символи для відображення всього процесу. Кожна операція алгоритмізованого процесу полягає у графічному символі-блоці, що характеризує виконувану операцію. Зв'язок між блоками також указується графічно прямими лініями.

Подання алгоритмів у вигляді схем на сьогодні найпоширеніше.

Зазвичай схеми використовують і під час складання словесного опису алгоритмів, коли словесний опис виконуваних процедур і зв'язку між ними оформлюється графічно.

2. САПР технологічної підготовки виробництва

Сучасна САПР при її розвитку повинна включати автоматизоване вирішення всіх завдань, що зустрічаються у процесі технологічного проектування. До того ж для вирішення кожного завдання передбачається створення окремої підсистеми автоматизованого проектування. Зразковий склад підсистем, відповідний сучасному рівню розвитку технології машинобудування, наведений на рисунку1.

Підсистеми автоматизації технологічного проектування передбачають виконання таких завдань:

1) розроблення технології ливарного виробництва: литво в земляні форми, литво під тиском, кокільне литво, відцентрове литво, прецизійне литво;

2) розроблення технології зварювання та різання металів: дугового електрозварювання, контактного електрозварювання, газового зварювання та різання, підготовки програм для зварювальних автоматів і для різання металів із ЧПК;

3) розроблення технології ковальсько-штампувального виробництва: вільного кування, штампування на молотах і пресах, кування на горизонтально-кувальних машинах, пресування на гідравлічних пресах, поперечного плющення, підготовки програм для пресів із ЧПК;

4) розроблення технології механічної обробки: типових групових і одиничних технологічних процесів, автоматних операцій, технічного нормування, підготовки програм для верстатів із ЧПК;

5) розроблення технології складання: операційних технологічних процесів складання, підготовки керувальних програм, для промислових роботів;

6) розроблення технології хімічних, термохімічних, хіміко-механічних, електричних, термічних методів обробки, металопокриттів, забарвлення.

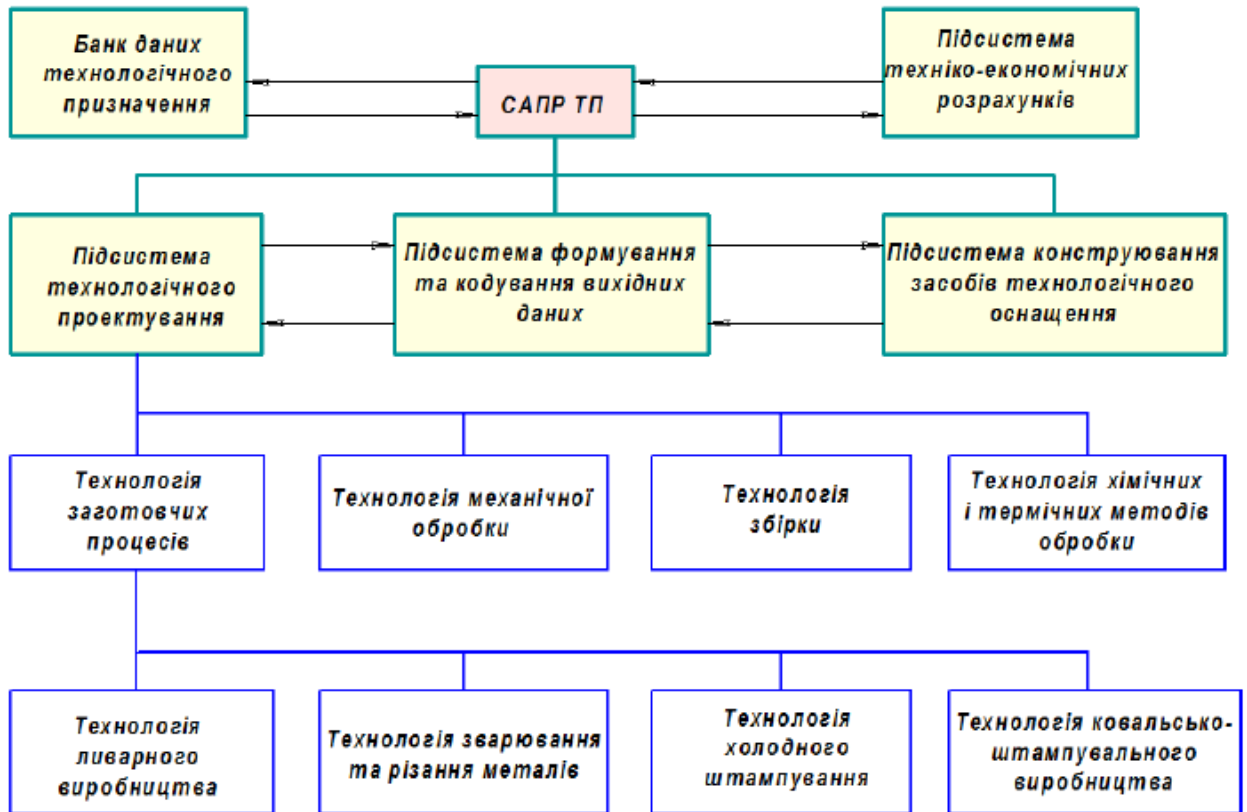


Рисунок 1 – Функціональний склад комплексної САПР ТП машинобудівного підприємства

Підсистеми конструювання засобів технологічного оснащення повинні включати інваріантні частини (модулі), що дають змогу виконувати для різних підсистем технологічного проектування такі завдання: проектування спеціального обладнання; проектування спеціального оснащення; проектування спеціальних різальних інструментів; проектування спеціальних вимірювальних інструментів. Для здійснення функцій зв'язку між окремими підсистемами САПР ТП необхідно розробити спеціальну підсистему стикування. Цю функцію виконує підсистема формування та кодування початкових даних, яка здійснює вибірку, переробку і систематизацію даних, що видаються попередніми підсистемами, а також підготовку даних для роботи подальших підсистем технологічного проектування.

Для зберігання, пошуку і первинної переробки даних, необхідних під час проектування, в САПР ТП слугує банк даних технологічного призначення.

Незважаючи на різноманіття завдань, що виникають під час створення комплексних САПР ТП машинобудівного підприємства, є можливість їх побудови на єдиній методологічній базі з максимальним використанням стандартних методів, програм і технічних засобів. На сьогодні здебільшого використовують окремі підсистеми технологічного проектування. Проте розроблюються комплексні САПР ТП, які більше не потребують технічної

документації для виробничих цілей і вся інформація для виконання різноманітних завдань передаватиметься з ЕОМ по каналах зв'язку.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке математична модель?
2. У чому полягає сутність побудови математичного моделювання об'єктів проектування?
3. З чого складається процес розроблення алгоритмів?
4. Наведіть функціональний склад комплексної САПР технологічної підготовки машинобудівного підприємства.