

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи
для студентів денної форми навчання за напрямом
підготовки: **6.050503 «Машинобудування»**

Затверджено на засіданні кафедри
автоматизації виробничих процесів,
протокол № 3 від 16 вересня 2015 р.

Кіровоград 2015

Основи автоматизації проектування машин. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів денної форми навчання за напрямом підготовки: 6.050503 «Машинобудування» / О. П. Голик. – Кіровоград: КНТУ. -2015. - 19 с.

Укладачі: Голик О. П., кандидат технічних наук, доцент каф. АВП.

Рецензент: Каліч В.М., кандидат технічних наук, професор.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	5
ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	6
ЛІТЕРАТУРА.....	14

ВСТУП

Метою дисципліни є формування у студентів знань методів та засобів основ методологій і математичного моделювання систем автоматизованого проектування (САПР), підсистем та елементів САПР, компонентів САПР, технічних, математичних, програмних, лінгвістичних, інформаційних та організаційних принципів, типових комплексів САПР та програм.

В результаті вивчення курсу студент повинен оволодіти засобами і методами експлуатації САПР, адаптації САПР стосовно особливостей проектування підйомно-транспортних і будівельно-дорожніх машин, структурного і параметричного синтезу і аналізу проектних рішень в області підйомно-транспортного і будівельно-дорожнього машинобудування.

Курс базується на теоретичних знаннях і вміннях, отриманих студентами при вивченні інформатики, вищої математики, дисциплін загальнотехнічного циклу і спеціальних дисциплін по підйомно-транспортних і будівельно-дорожніх машинах. В рамках даної дисципліни студенти мають можливість творчо застосувати накопичений багаж знань для автоматизованого вирішення інженерних і наукових завдань проектування підйомно-транспортних і будівельно-дорожніх машин.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- основні поняття та визначення в галузі автоматизації проектування машин;
- основні принципи і методологію автоматизованого проектування;
- основи математичного опису об'єктів, процесів і систем;
- методи математичного моделювання;
- структуру і основні підсистеми САПР;
- загальносистемне програмне забезпечення;
- сучасні пакети прикладних програм.

вміти:

- володіти способами підготовки графічною, текстовою документації;
- виконувати перевірочні розрахунки механічних систем в САПР;
- розраховувати економічну ефективність проектування машин в САПР;
- користуватися типовими програмами і комплексами САПР при проектуванні деталей і механізмів машин спеціальності.

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва теми
1	Автоматизоване проектування підйомно-транспортних машин
2	Автоматизоване проектування будівельно-дорожніх машин і устаткування
3	Завдання автоматизованого проектування вироблення і обґрунтування ухвалення проектних рішень
4	Взаємодія САПР з іншими автоматизованими системами і їх напрями розвитку
5	Поняття і завдання конструювання, засоби реалізації
6	Структура і основні принципи побудови системи автоматизації розробки і виконання конструкторської документації. Основні підходи до конструювання
7	Геометричне моделювання і організація графічних даних
8	Методи створення моделей геометричних об'єктів і геометричних зображень
9	Творча роль людини і підлегла роль ПЕОМ при оптимальному проектуванні
10	Вимоги до системи параметрів. Системи параметрів стріловидних і врівноважуючих пристроїв.
11	Цільова функція. Безперервні і дискретні критерії якості
12	Завдання про вибір оптимальної (по масі і вартості) марки матеріалу для металевих конструкцій балочних стріл
13	Аналітичні залежності для маси оптимальних елементів стріловидних коробчатих конструкцій
14	Розрахунок асинхронного двигуна з коротко-замкнутим ротором

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. Автоматизоване проектування підйомно-транспортних машин.

Підйомно-транспортні машини (ПТМ), пристрої для переміщення вантажів і людей у вертикальній, горизонтальній і похилій площині. ПТМ є основним засобом механізації підйомно-транспортних і навантажувально-розвантажувальних робіт в промисловості, будівництві, на транспорті, в гірській справі і в сільському господарстві. ПТМ застосовують також для переміщення людей в багатоповерхових житлових, суспільних і адміністративних будівлях, шахтах, на станціях метрополітенів і т.д.

По характеру виконуваних переміщень і призначенню можуть бути умовно розділені на 5 укрупнених груп: вантажопідйомні машини і механізми, що транспортують машини, машини підвісного однорельсового транспорту, машини підлогового транспорту (в т.ч. безрейковий транспорт) і навантажувально-розвантажувальні машини. ПТМ можуть бути періодичної (циклічної) і безперервної дії. До машин періодичної дії відносяться прості невідвідні вантажопідйомні пристрої: блоки, поліспасти і ін., а також вантажопідйомні машини, головним чином електричні підймальні крани, вантажні і пасажирські ліфти, підйомники. Групу машин безперервної дії складають конвеєри різних типів, у тому числі пасажирські (рухомі тротуари), елеватори, ескалатори і патерностери. До машин однорельсового транспорту відносяться електричні і пневматичні, підвісні електротягачі, електро- і автовізки. Представники машин підлогового транспорту — авто- і електронавантажувачі, електро-штабелери і ін. Навантажувально-розвантажувальні машини бувають як періодичної дії (одноковшові навантажувачі, автомобілерозгрузчики і вагоноопрокидувачі, інерційні розвантажувачі, розвантажувальні машини скребкового типу), так і безперервної дії (багатоковшові навантажувачі, пневморозгрузчики, розгрузочно-штабельовочні машини і ін.).

ПТМ можуть мати електричний, гідравлічний, пневматичний привід або отримувати енергію від двигуна внутрішнього згорання. Знаходять вживання також електричні лінійні двигуни (головним чином асинхронні), що дозволяють здійснювати безпосереднє з'єднання двигуна з машиною (без проміжної механічної передачі).

2. Автоматизоване проектування будівельно-дорожніх машин і устаткування.

Будівельно-дорожні машини — група машин, призначених для проведення будівельних робіт, а також для експлуатації і вмісту доріг. Уживається також термін «дорожно-будівельні машини». Відносно даного класу машин застосовуються аббревіатури СДМ і ДСМ. Види будівельно-дорожніх машин. В залежності від виконуваних функцій будівельно-дорожні машини розділяють на наступні групи. Машини для підготовчих робіт.

3. Завдання автоматизованого проектування вироблення і обґрунтування ухвалення проектних рішень.

Для визначення завдань автоматизації проектно-конструкторського процесу розглянемо процентне співвідношення різних проектних процедур.

Статистичне обстеження ряду загальномашинобудівного і верстатобудівних підприємств показує, що в прямих витратах часу, які безпосередньо служать процесу конструювання, креслярські роботи становлять понад 30%, у той час як творчі елементи проектних робіт-тільки 15%. Частка обчислювальних робіт в порівнянні з проектними та креслярські роботи у відсотковому відношенні досить незначна.

Решта, так звані непрямі проектні роботи, які займають приблизно одну третину загального часу на конструювання, можуть бути в основному охарактеризовано як «рутинні» етапи, які по тимчасових витратах приблизно рівноцінні.

На сьогоднішній день найбільші успіхи досягнуті при автоматизації розрахунків і розробки різного виду текстової та табличної документації, у пошуку аналогів машин і деталей. До кінця не вирішене, через істотних труднощів, питання про автоматизацію креслярсько-графічних робіт.

4. Взаємодія САПР з іншими автоматизованими системами і їх напрями розвитку.

Основним технологічним засобом автоматизації проектування в машинобудуванні є цифрова ЕОМ, що оперує з інформацією, представлена в цифровій формі і фізично існуючої у вигляді різних станів їх елементів. Тому виникає необхідність у розробці методів перетворення різноманітної конструкторської документації в цифрову форму та представленні всіх завдань та елементів процесу проектування тільки у вигляді операцій над числами і логічними виразами з доведенням їх до алгоритмів і машинних програм. Але при автоматизації проектно-конструкторського процесу слід постійно пам'ятати, що ЕОМ – це допоміжний засіб, а не заміна конструктора. Найбільш ефективно обчислювальна техніка може бути використана, коли є математичні моделі, що описують об'єкт проектування і імітують його функціонування в заданій навколишньому середовищу.

5. Поняття і завдання конструювання, засоби реалізації.

Конструювання машин є областю інженерної діяльності, найбільш складною для автоматизації. Розробка теорії та методів автоматизації конструювання знаходиться ще в початковій стадії.

Автоматизовані головним чином різні обчислювальні операції, пов'язані з конструюванням. Завданням автоматизації проектування є створення комплексних автоматизованих систем підготовки виробництва в машинобудуванні, що виконують крім розрахунку вибір найбільш раціональних технологічних і конструкторських рішень, компоновання машин

зі складових їх елементів, підбір цих елементів, технологічне проектування, видачу проектної документації в готовому вигляді і т. п.

6. Структура і основні принципи побудови системи автоматизації розробки і виконання конструкторської документації. Основні підходи до конструювання.

Для дійсного ефективного використання автоматизованих методів і засобів проектування необхідно враховувати, що будь-який експерт, в тому числі і генеральний конструктор, має цілком визначеними і, на жаль, досить обмеженими фізіологічними можливостями обробки інформації. Отже, необхідна декомпозиція проблеми. Остання означає, що для автоматизації потрібна система процедур, що дозволяє конструктору на основі обмеженої інформації вести спрямований пошук оптимальних параметрів нових технічних засобів.

Основна проблема автоматизації проектування в даний час пов'язана не тільки і не стільки з питаннями вдосконалення засобів обчислювальної техніки, скільки з тією обставиною, що в науці про конструювання нових технічних засобів не виявлено аналітичні та логічні залежності, пов'язують призначення технічних засобів з їх структурою і характеристиками. Наприклад, в технологічній науці відсутні формалізовані взаємозв'язку між параметрами оброблюваної деталі, структурою і характеристиками технологічного процесу.

Основна увага при традиційному проектуванні приділялася завданням аналізу функціонування технічних засобів з метою виявити вплив різних факторів на точність, продуктивність і економічну ефективність їх роботи. У той же час методи синтезу технічних засобів на основі їх призначення та характеристик зовнішнього середовища, в умовах якої буде функціонувати новий технічний засіб, досліджені ще недостатньо. Необхідне створення теорії проектування, що припускає перехід від традиційних завдань аналізу та емпіричних класифікацій до проблематики завдань синтезу технічних систем.

Проектування виступає як комплексна проблема, в якій у складній взаємозв'язку переплітаються завдання синтезу, моделювання, аналізу, оцінки, оптимізації та відбору альтернатив. Для вирішення таких складних завдань необхідне застосування методології системного підходу. При використанні методології системного підходу для формалізації процесу проектування слід виходити з того, що специфіка складних об'єктів і процесів не вичерпується особливостями його складових частин та елементів, а укладена в характері зв'язків і відносин між ними. Розширення вихідної бази за рахунок таких понять, як, наприклад, структура, функція, організація, зв'язок, відношення, забезпечує певні переваги системного підходу перед традиційними методами досліджень і дозволяє створювати більше адекватні дійсності моделі складних об'єктів і процесів.

Виходячи з основних положень системного аналізу, послідовність рішення багатоваріантних проектних завдань за допомогою засобів обчислювальної техніки можна уявити що складається з ряду етапів.

Визначальним етапом проектування є постановка загальної задачі, при якій формулюється службове призначення (функція) технічної системи і виробляється концепція проекту на основі аналізу системної моделі майбутнього технічного засобу як елемента підсистеми більш високого рівня ієрархії. Адекватне опис такої моделі можливе лише за всебічний розгляд проблеми, для вирішення якої створюється нове технічний засіб. Наприклад, для вирішення проблеми комплексної механізації та автоматизації механоскладального виробництва необхідно створення цілого ряду машин і механізмів, у тому числі металорізальних верстатів, складальних агрегатів, транспортних засобів, завантажувальних пристроїв, інформаційно-вимірювальних систем, систем інструментального забезпечення та ін. Отже, системна модель технологічної машини, наприклад, повинна відображати взаємозв'язки об'єкта не тільки з подібними машинами по структурі

технологічного процесу, але і з завантажувальними, транспортними, вимірювальними та іншими елементами всього виробничого комплексу.

На наступному етапі необхідно виконати аналіз загального завдання проектування. Тут на основі розгляду системної моделі майбутнього технічного засобу виявляються зв'язку об'єкта проектування з навколишнього середовищем, визначаються компоненти проектної задачі, обмеження та критерії вибору раціональних варіантів.

7. Геометричне моделювання і організація графічних даних.

Інструментом для геометричного моделювання служать математичні методи вирішення тих або інших завдань. Використовувані методи дозволяють описати геометричні властивості предметів, створювати їх математичні моделі і досліджувати їх шляхом проведення різних розрахунків і чисельних експериментів, а також, при необхідності, редагувати модельовані об'єкти і будувати їх графічні відображення.

Для опису геометричних властивостей навколишніх предметів будують тверді тіла. Тіло описується крапками, лініями і поверхнями. Всі вони володіють певними загальними властивостями, тому ними можна оперувати як об'єктами. Крапки, лінії, поверхні і тіла називаються геометричними об'єктами.

Геометричні об'єкти служитимуть основними елементами математичної моделі геометрії реальних або уявних об'єктів. Будуватимемо їх в тривимірному евклідовому просторі, вважаючи їх неіменними в часі.

8. Методи створення моделей геометричних об'єктів і геометричних зображень.

В даній темі необхідно вивчити методи:

- модифікації векторів і крапок (модифікаціями називатимемо зміни положення і форми геометричних об'єктів. Багато ліній, поверхні і тіла описуються певним чином зв'язаним набором крапок, векторів і скалярів. При

зміні положення геометричного об'єкту в просторі потрібно виконувати відповідні модифікації радіус-векторів крапок і векторів, що описують даний об'єкт);

- зсув крапки у просторі (простій модифікації крапки є її зрушення в просторі на вектор зрушення. Положення крапки до модифікації є початковим і описується радіус-вектором, положення крапки після модифікації описуватиметься радіус-вектором, рівним сумі вихідного положення і вектора зрушення);

- поворот крапки в просторі довкола осі;

- масштабування у просторі;

- геометрія кривих ліній.

В більшості випадків складні геометричні об'єкти з'являються як результат деякої операції над простішими об'єктами. Розглянемо методи виконання операцій. Операцією називатимемо сукупність дій над одним або декількома вихідними об'єктами, яка приводить до народження нового геометричного об'єкту. Дії, які змінюють об'єкт, не змінюючи його природи, називатимемо модифікацією або редагуванням.

Редагування об'єкту зводиться до зміни значень його даних при незмінній їх структурі. Редагування об'єктів приводить до зміни цих скалярів і компонент векторів. Редагуванням можна масштабувати, дзеркально відобразити, перемістити, обернути в просторі геометричний об'єкт або змінити його форму. Перетворення трансформації по матриці, переміщення, поворот в просторі геометричного об'єкту зводяться до відповідних перетворень радіус-векторів, що лежать в структурі об'єкта.

До операцій ми відноситимемо побудову проекцій крапок на криві і поверхні по нормалі до них, побудову проекцій крапок на поверхні по заданому напрямку, побудову точок пересічення кривих, побудову точок пересічення кривих і поверхонь, побудову ліній пересічення поверхонь, побудову поверхонь скруглення і поверхонь фасок, а також вирішення інших завдань. Операція

пересічення двовірних кривих і операція пересічення поверхонь є основоположними, оскільки вони присутні в більшості інших операцій, що виконуються над геометричними об'єктами.

9. Творча роль людини і підлегла роль ЕОМ при оптимальному проектуванні.

Накопичений досвід показує, що автоматизація проектування – це область ефективного використання ЕОМ. Але в той же час стає зрозумілим, що головний напрямок тут - не автоматизація окремих етапів проектування, не алгоритми інженерних розрахунків, а зав'язка проекту, коли тільки прорисовуються контури майбутньої конструкції, яка повинна відповідати вихідним задумам. Такий підхід ґрунтується на прагненні здійснити основне завдання - підвищити якість прийнятих проектних рішень за рахунок застосування методів оптимального проектування.

Автоматизація ж «рутинних» операцій звільняє конструктора для творчої діяльності та підвищує продуктивність процесу проектування на оформлювальних етапах робіт. Проте автоматизація тільки окремих операцій, наприклад, за рахунок введення креслярських автоматів або широкого використання ЕОМ для проведення інженерних розрахунків не вносить істотних змін у терміни проектування.

10. Вимоги до системи параметрів. Системи параметрів стріловидних і врівноважуючих пристроїв.

В даній темі необхідно ознайомитись з принципом роботи стріловидних та врівноважуючих пристроїв (наприклад, стрілова машина, баштовий кран). Визначити параметри, що впливають на роботу даних пристроїв. Вивчити методи розробки системи параметрів та вимоги до системи параметрів.

11. Цільова функція. Безперервні і дискретні критерії якості.

Цільова функція (Ц. ф.) — функція змінних, від яких залежить досягнення критерію оптимальності; скалярна функція одній або декілька змінних, званих керованими змінними (керованими параметрами), що характеризує якість об'єкту, що оптимізується.

Формування цільової функції виконується з врахуванням вихідних параметрів об'єкту.

Розрізняється ряд видів Ц. ф.: лінійна, нелінійна, опукла, квадратична і ін. — відповідно до форми математичної залежності, яку вони відображують. Слід також виділити термін “цільовий функціонал”: він застосовується зазвичай, якщо Ц. ф. завдання є функцією від деяких функцій-обмежень.

В безперервних технологічних процесах матеріальний потік і інформація, що його відображає безперервні. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там в кожен момент часу зміни своїх властивостей є неперервним.

До безперервних відносять виробництва, у яких вимагається регулювати витрату, тиск, температуру, напругу, переміщення рухомих елементів та інші величини в усьому діапазоні їх змін. Це різноманітні хімічні реактори, процеси приготування харчових продуктів, металургія, системи постачання теплом, водою та електроенергією.

У безперервних виробництвах зайнято мало людей, тому за рахунок автоматизації можна знизити витрати матеріалів та енергії або стабілізувати технологічний процес, виключивши його залежність від суб'єктивних чинників. Для управління таким виробництвом вимагається узгодження динамічних характеристик об'єкту управління і системи автоматичного регулювання в усьому інтервалі зміни регульованих величин.

Для дискретних технологічних процесів характерна вихідна продукція у вигляді виробів, що обчислюються в штуках. Початкові компоненти перетворюються циклічно і готова продукція випускається партіями.

До дискретних відносять виробництва з кінцевим числом станів змінних, наприклад з включенням (відкриттям) і відключенням (закриттям) клапанів, засувок, пускачів по сигналах двопозиційних датчиків.

Автоматизація дискретного виробництва розвинена менше внаслідок більшої різноманітності виробів і операцій, підвищених вимог до точності операцій. Тут зайнята значна кількість робітників ручної праці. Для дискретного виробництва характерне величезне число варіантів автоматизації, операцій, що відрізняються послідовністю, затратами і ефективністю. Їх зіставлення вимагає формального опису алгоритмів керування устаткуванням і розробки моделей організації виробництва.

У реальних задачах частіше за все спостерігається поєднання обох видів виробництв, що називають безперервно-дискретним виробництвом. Крім того, методи автоматизації дискретного виробництва все частіше застосовують до автоматизації безперервного виробництва.

12. Завдання про вибір оптимальної (по масі і вартості) марки матеріалу для металевих конструкцій балочних стріл.

Балочні металоконструкції дешевші, технологічніші і надійніші фермових, але важче.

Балки застосовують:

- 1) у металоконструкціях малих і середніх розмірів, коли збільшення ваги ще невелике;
- 2) при серійному виробництві, вимогливому до технологічності;
- 3) при напружених режимах експлуатації.

Одним з найбільш поширених елементів сталевих конструкцій є балка або елемент, що працює на вигин. Область застосування балок у будівництві надзвичайно широка: від невеликих елементів робочих майданчиків, міжповерхових перекриттів виробничих або цивільних будівель до великопрольотних балок покриттів, мостів, важко навантажених підкранових

балок і так званих "хребтових" балок для підвіски котлів в сучасних теплових електростанціях. Прольоти мостових балок досягають 150 ... 200 м, а навантаження на одну хребтову балку котельного відділення ГРЕС при прольоті до 45 м складає $\sim 60 \cdot 10^3$ кН.

За статичною схемою розрізняють однопрогонові (розрізні), багатопролітні (нерозрізні) та консольні балки. Розрізні балки простіше нерозрізних у виготовленні і монтажі, нечутливі до різних опадів опор, але поступаються останнім по витраті металу на 10 ... 12%. Нерозрізні балки розумно застосовувати при надійних підставах, коли немає небезпеки перевантаження балок внаслідок різкої різниці в осаді опор. Консольні балки можуть бути як розрізними, так і багатопрольотні. Консолі розвантажують прогонові перерізу балок і тим самим підвищують економічні показники чи останніх. За типом перерізу балки можуть бути прокатними або складовими: зварними, клепанними або болтовими. У будівництві найбільш часто застосовують балки двотаврового перерізу. Вони зручні в компонуванні, технологічні і економічні по витраті металу.

Найбільший економічний ефект (при інших рівних умовах) може бути отриманий в тонкостінних балках. Хорошим критерієм відносній легкості згинаного елемента служить безрозмірне співвідношення $\eta = \sqrt[3]{W^2 / A^3}$, де W - момент опору, A - площа перерізу.

Для прямокутного перерізу з шириною b і висотою h , якщо взяти для визначеності відношення h / b рівним 2 ... 6, цей показник становить 0,38 ... 0,55, а для вітчизняних прокатних двотаврів - 1,25 ... 1,45, тобто в прийнятих умовах двутавр в 3 ... 4 рази вигідніше простого прямокутного перерізу. Крім двутавра застосовують і інші форми перерізів. Так, при дії на балку значних крутних моментів краще застосування замкнутих, розвинених в бічній площині перерізів, приклади яких показані.

13. Аналітичні залежності для маси оптимальних елементів стріловидних коробчатих конструкцій.

Ознайомитись з типами стріловидних коробчатих конструкцій, параметрами, що впливають на їх роботу. Побудувати залежності цих параметрів, з метою визначення маси оптимальних елементів.

14. Розрахунок асинхронного двигуна з коротко-замкнутим ротором.

Ознайомитись з принципом роботи асинхронного двигуна з коротко-замкнутим ротором. Вивчити методи його розрахунку, а саме:

- вибір головних розмірів;
- визначити полюсне ділення;
- розрахункова потужність;
- синхронна кутова швидкість;
- розрахункова довжина повітряного зазору;
- побудова відповідних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системы автоматизированного проектирования: Учебн. пособие для ВУЗов: В 9 кн. / Под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высш. шк., 1986. – 159 с.
2. Копылов И.П., Клоков Б.К. Справочник по электрическим машинам. – М: Энергоатомиздат, 1988.
3. Проектирование электрических машин. Под редакцией Копылова И.П. – М: Энергоатомиздат, 1993.
4. Справочник по САПР/ А.П. Будя, А.Е. Кононюк, К.П. Куценко и др.; Под ред. В.И. Скурихина. – К.: Техника, 1988. – 375 с.
5. САПР изделий и технологических процессов в машиностроении / Р.А. Аллик, В.И. Бородянский, А.Г. Бурин и др. Под общ. ред. Р.А. Аллика. – Л.: Машиностроение, 1986. – 319 с.
6. Кудрявцев Е.М. Основы автоматизированного проектирования машин: Учеб. Для вузов. — М.: Машино-строение, 1993. — 335 с.
7. Основы построения систем автоматизированного проектирования / А.И. Петренко, О.И. Семенов. – 2-е изд., стер. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985 – 294 с.
8. Вермишев Ю.Х. Основы автоматизации проектирования. – М.: Радио и связь, 1988 – 288 с.
9. Гардан И., Люка М. Машинная графика и автоматизация конструирования: Пер. с франц. – М.: Мир, 1987. – 272 с., ил.
10. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9 кн. Учебное пособие для ВУЗов / Ю.М. Соломинцев и др. Под ред. И.М. Макарова. – М.: Высш. шк., 1986.
11. Копылов И.П., Клоков Б.К. Справочник по электрическим машинам. – М: Энергоатомиздат, 1988.