

ров, что, в свою очередь, позволяет анализировать влияние их на динамические характеристики машины в интерактивном решении. Допускается многовариантное выполнение расчетов с целью оптимизации выходных параметров по тем или иным критериям и получения наиболее приемлемого решения. Важно отметить, что, хотя работа студентов у экрана дисплея направлена на чисто математический объект, за счет развитого диалога и взаимодействия с компьютером создается ощущение непосредственного влияния на этот объект.

Использование компьютерных технологий и сопутствующих им программно-методических комплексов имеет первостепенное значение в формировании у студентов инженерного, творческого подхода к решению конструкторских и технологических задач.

Литература. 1. Филонов И.П., Анципорович П.П., Жуков Д.В. Программа «Геометрические и кинематические связи в рычажных механизмах». - Мн.: БГПА, 1996. - 28с.; 2. Программа «Динамика машинного агрегата»/ Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1994. - 28с.; 3. Программа «Динамический анализ кривошипно-ползунных механизмов»/ Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1998. - 18с.; 4. Программа «Синтез кулачковых механизмов»/ Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1998. - 56с.

УДК 621.01

П.П. Анципорович, В.К. Акулич

О ПРОГРАММЕ КУРСА «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИН И МАНИПУЛЯТОРОВ»

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Кафедрой теории механизмов и машин БНТУ подготовлен проект программы курса «Теория механизмов, машин и манипуляторов» для механических специальностей ВУЗов. Проект рассмотрен и одобрен на заседании учебно-методического объединения Республики Беларусь. Основные положения проекта программы излагаются ниже.

Предисловие. Одной из основных дисциплин общинженерного цикла, необходимых для обучения инженеров широкого профиля, сочетающих глубокие фундаментальные знания с объективной практической подготовкой, ориентированной на конкретную отрасль, является теория механизмов, машин и манипуляторов (ТММ/М).

Основная цель дисциплины состоит в том, чтобы дать знания о структуре современных машин и их механизмах, о физических процессах, происходящих в машинах, о динамическом взаимодействии их отдельных частей, о свойствах машин как объектах управления.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1) научить составлять расчетные схемы (модели) машин и механизмов, пригодные для решения технических задач, возникающих на различных этапах конструирования машин, проводить кинематические, кинетостатические и динамические расчеты; применять результаты расчетов для конструирования механизмов и машин, для получения их оптимальных кинематических и динамических свойств, обеспечивающих снижение материалоемкости и энергопотребления;

2) привить навыки разработки алгоритмов и программ расчетов на ЭВМ;

3) обучить использованию измерительной аппаратуры для определения кинематических и динамических параметров механизмов и машин.

ТМММ является общеинженерной дисциплиной и базируется на механико-математической подготовке студентов, обеспечиваемой курсами "Высшая математика", "Теоретическая механика", "Информатика". В основе дисциплины ТМММ лежат фундаментальные положения математики и механики. Эти положения развиваются и дополняются применительно к конкретным техническим задачам, которые возникают при проектировании механизмов и машин.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины ТМММ, необходимы при освоении последующих общеинженерных и профилирующих дисциплин, связанных с проектированием и расчетом машин, механизмов, их деталей и узлов.

В целях большей специализации дисциплины допускается изложение отдельных разделов данной программы в расширенном объеме (по предложению специальных кафедр). Содержание курсового проекта также увязывается с будущей специальностью студента.

Данная программа реализуется в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий, курсового проектирования, а также в форме самостоятельной работы студентов, заключающейся в проработке лекционного материала, работе с обучающими и контролирующими программами на ЭВМ, выполнении домашних заданий, подготовке к лабораторным работам, выполнении курсового проекта и научно-исследовательской работы студентов.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется при выполнении домашних заданий, лабораторных работ и курсового проекта. Целесообразно использовать методику рубежного контроля знаний по отдельным темам. Окончательной формой контроля являются защита проекта, зачет и экзамен.

Предлагаемая программа предназначена для всех форм обучения (дневной, вечерней и заочной), а также на разное количество учебных часов в зависимости от специальности. Для механических специальностей рекомендуется общий объем курса в 126 часов (лекции – 54 часа, практические занятия – 36 часов, лабораторные работы – 18 часов, групповые консультации по курсовому проектированию – 18 часов). Уменьшение общего объема курса менее 90 часов для немеханических специальностей недопустимо, так как не будет обеспечен необходимый минимальный уровень общепрофессиональной подготовки инженера.

При разработке рабочих программ может производиться необходимый отбор и перестановка материала. Предложения по отбору материала в соответствии со спецификой специальности утверждаются кафедрой.

Содержание дисциплины.

Тема 1. Введение.

ТМММ - научная основа создания новых механизмов и машин, автоматизации и механизации производственных процессов. Содержание дисциплины и ее значение для инженерного образования. История развития науки о механизмах и машинах. Связь теории механизмов и машин с другими областями знаний.

Основные этапы проектирования машин. Учет многих критериев и факторов при создании новых машин (производительность, быстродействие, энергопотребление, материалоемкость, точность, надежность и т.п.). Многовариантность решения и применение ЭВМ при оптимизационном проектировании машин и механизмов. Ключевая роль ЭВМ в создании и управлении машин-автоматов. Перспективы развития ТМММ.

Раздел 1. Общие сведения по теории технологических машин и машин-автоматов

Тема 2. Рабочие процессы и машины.

Технологические, транспортные, энергетические, информационные рабочие процессы. Машины как системы, осуществляющие механические движения для выполнения механической работы, связанной с реализацией рабочего процесса. Структура машин и машин-автоматов.

Тема 3. Системы управления машин-автоматов.

Цикловая, технологическая и фактическая производительность машин. Системы управления автоматическим циклом. Согласование движения исполнительных органов машин и механизмов, объединенных в автоматическую систему. Циклограммы и тактограммы. Моделирование согласованности движений механизмов машины с использованием операций алгебры логики. Техническая реализация операций алгебры логики. Синтез логических систем управления машин-автоматов по пути.

Раздел 2. Общие методы определения кинематических и динамических характеристик механизмов и машин. Математическое моделирование движения звеньев машин.

Тема 4. Основы строения механизмов.

Основные понятия: механизм, звено, кинематическая пара. Основные виды механизмов, используемых в машиностроении. Классификация кинематических пар. Кинематические цепи. Обобщенные координаты и число степеней свободы механизма. Структурные и параметрические степени свободы. Структурный синтез и анализ механизмов. Избыточные связи и местные подвижности в механизмах.

Тема 5. Моделирование геометрических и кинематических связей в механизмах.

Кинематические передаточные функции и их производные (аналоги скоростей и ускорений). Определение кинематических характеристик плоских рычажных механизмов аналитическим методом (метод замкнутых векторных контуров). Кинематический анализ плоских рычажных механизмов графическим методом (построение планов положений, скоростей и ускорений). Особенности кинематики рычажных механизмов с заданным относительным движением звеньев. Определение передаточных отношений фрикционных и зубчатых механизмов с неподвижными осями вращения. Кинематический анализ зубчатых механизмов с подвижными осями вращения (дифференциальных, планетарных, замкнутых дифференциальных). Кинематика волновой зубчатой передачи. Кинематика мальтийского механизма. Кинематические характеристики винтового механизма. Использование численных методов и применение ЭВМ для расчетов кинематических характеристик механизмов.

Тема 6. Математическое моделирование и исследование движения машин и механизмов с жесткими звеньями.

Силы, действующие в машинах, приборах и других устройствах, и их характеристики. Динамическая и математическая модели машины с одной степенью свободы. Приведение сил и масс. Уравнение движения модели в энергетической и дифференциальной формах. Определение динамических характеристик модели. Режимы движения машин. Определение закона движения звена приведения при установившемся и неустановившемся режимах для различных случаев задания внешних сил. Быстродействие механизмов машин и приборов при неустановившемся режиме работы. Использование численных методов и ЭВМ для решения уравнения движения. Учет статической и динамической характеристик электродвигателя при определении закона движения. Задача ограничения периодических колебаний скорости звена приведения при установившемся движении. Определение постоянной составляющей приведенного момента инерции машин по заданному коэффициенту неравномерности движения. Особенности решения задачи об ограничении периодических колебаний скорости для машин с электроприводом.

Тема 7. Силовой анализ, трение и изнашивание в механизмах.

Действие сил в кинематических парах. Метод кинетостатики. Силы инерции звеньев. Условие статической определимости кинематических цепей. Силовой анализ плоских рычажных механизмов аналитическим и графическим методами. Силовой анализ зубчатых и планетарных передач. Силовой анализ кулачковых механизмов. Трение скольжения в поступательной и вращательной кинематических парах. Трение качения в высших кинематических парах. Трение в подшипниках и роликовых направляющих качения. Приведенные коэффициенты трения. Силовой анализ рычажных и кулачковых механизмов с учетом трения. Влияние износа элементов кинематических пар на работоспособность и надежность машин и механизмов. Виды и стадии изнашивания, основные закономерности изнашивания. Количественная оценка износа контактных поверхностей кинематических пар. Использование ЭВМ для моделирования трения и износа.

Тема 8. Оценка энергопотребления и динамической нагруженности машин и механизмов.

Критерии качественной оценки работоспособности машин, механизмов, кинематических пар. Коэффициенты энергопотребления, материалоемкости, динамичности. Угол давления и коэффициент возрастания усилий. Цикловой механический коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент потерь. КПД при последовательном и параллельном соединении механизмов. Определение КПД рычажных, кулачковых и клиновых механизмов, передачи винт-гайка и червячной передачи. Самоторможение в механизмах.

Исследование энергопотребления и динамической нагруженности машин.

Тема 9. Исследование движения машин и механизмов с упругими звеньями.

Приведение жесткостей упругих звеньев. Учет диссипативных сил. Приведенный коэффициент сопротивления. Двухмассовая динамическая модель с двумя степенями свободы. Составление системы дифференциальных уравнений движения динамической модели и их решение с применением ЭВМ. Исследование влияния упругости звеньев на закон движения входного вала рабочей машины и на нагруженность передаточного механизма.

Тема 10. Использование вибраций. Защита от вибраций. Уравновешивание масс механизмов.

Основные положения теории вибрационных машин. Дебалансные вибровозбудители. Динамическая модель вибрационной машины. Дифференциальное уравнение колебаний и его решение. Коэффициент динамичности по перемещениям. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики вибрационной машины. Особенности виброударных машин. Использование машин вибрационного и виброударного действия. Основные методы защиты от вибраций. Источники колебаний и объекты виброзащиты. Виброизоляция при силовом и кинематическом возбуждении. Дифференциальные уравнения движения динамической модели. Коэффициент динамичности по силам и по ускорениям. Виброгашение. Определение характеристик динамического виброгасителя. Статическое и динамическое уравновешивание вращающихся звеньев. Различные виды неуравновешенности роторов и ее устранение. Статическая и динамическая балансировки. Определение главного вектора и главного момента сил инерции механизма. Статическое уравновешивание масс плоских рычажных механизмов.

Тема 11. Моделирование геометрических и кинематических связей и динамики манипуляторов.

Области применения манипуляторов. Структура манипуляторов. Метод преобразования координат точек и векторов в матричной форме. Составление матриц перехода. Определение положений, скоростей и ускорений звеньев манипуляторов и их центров масс по известным обобщенным координатам и их производным. Определение обобщенных координат, скоростей и ускорений манипулятора для обработки заданной

траектории схвата и закона его движения вдоль траектории. Характеристика законов движения схвата. Главный вектор и главный момента сил инерции звеньев манипулятора. Определение реактивных и движущих сил и моментов в кинематических парах манипуляторов кинестатическим методом.

Раздел 3. Проектирование схем основных видов механизмов.

Тема 12. Синтез рычажных механизмов.

Входные и выходные параметры и этапы синтеза механизмов. Целевые функции, ограничения и дополнительные условия синтеза. Применение методов оптимизации и ЭВМ при синтезе механизмов. Многовариантность решения. Условие существования кривошипа. Синтез по заданным положениям входного и выходного звеньев. Синтез по коэффициенту изменения средней скорости выходного звена. Синтез по заданной непрерывной функции положения и по требуемой траектории заданной точки механизма.

Тема 13. Синтез зубчатых механизмов.

Виды зубчатых механизмов и области их применения. Относительное движение звеньев, находящихся в зацеплении, и аксоидные поверхности при передаче вращательного движения. Основная теорема зацепления. Геометрические параметры зубчатых колес. Основные свойства и характеристики эвольвентного зацепления. Интерференция зубьев. Качественные показатели зацепления: коэффициент перекрытия, удельные скольжения зубьев, приведенный радиус кривизны профилей в полюсе зацепления. Исходный производящий контур цилиндрических эвольвентных колес. Колеса без смещения и со смещением исходного контура. Станочное зацепление нарезаемого колеса с реечным инструментом. Подрезание зубьев и условия его отсутствия. Определение основных геометрических параметров цилиндрической эвольвентной передачи. Особенности внутреннего зацепления цилиндрических эвольвентных колес. Особенности косозубых цилиндрических эвольвентных колес. Неэвольвентные зацепления цилиндрических колес. Конические передачи. Передачи со скрещающимися осями вращения колес: винтовая зубчатая, червячная и гипоидная передачи. Геометрический синтез планетарных передач по условиям соосности, соседства и сборки сателлитов.

Тема 14. Синтез механизмов прерывистого движения.

Механизмы прерывистого движения. Проектирование мальтийских, храповых и других механизмов с остановами заданной продолжительности. Зубчато-рычажные механизмы.

Тема 15. Синтез кулачковых механизмов.

Виды и назначение кулачковых механизмов. Этапы синтеза механизмов. Основные параметры кулачковых механизмов. Законы движения выходного звена. Угол давления и его влияние на передачу сил, на размеры и надежность механизмов. Определение основных размеров плоских кулачковых механизмов из условия ограничения угла давления или из условия выпуклости профиля кулачка. Определение координат профиля кулачка по заданному закону движения толкателя. Выбор радиуса ролика. Качественные критерии кулачковых механизмов.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Виды механизмов. Условные обозначения. Структурно-конструктивная классификация механизмов.
2. Составление схем и структурный анализ механизмов с низшими и высшими парами.
3. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов.
4. Кинематический анализ зубчатых механизмов с неподвижными и подвижными осями вращения колес.
5. Экспериментальное определение кинематических и динамических характеристик механизмов электрическими методами.

6. Экспериментальное определение КПД передачи винт-гайка, зубчатых редукторов и других механизмов.
 7. Экспериментальное определение приведенного момента инерции рычажного механизма.
 8. Динамическая балансировка вращающихся масс.
 9. Динамическое виброгашение.
 10. Построение профилей зубьев цилиндрических эвольвентных колес методом обкатки с помощью учебных приборов. Построение картины зубчатого зацепления.
- Конкретный перечень лабораторных работ устанавливается кафедрой с учетом специальности или группы специальностей.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.

1. Структурный анализ механизмов.
2. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов.
3. Кинематический анализ зубчатых механизмов.
4. Приведение сил и масс в механизмах.
5. Определение закона движения звена приведения машины.
6. Определение сил инерции звеньев и уравнивание масс.
7. Силовой расчет механизмов.
8. Трение в кинематических парах и определение КПД механизмов.
9. Синтез рычажных, кулачковых, зубчатых механизмов.
10. Кинематический анализ манипуляторов.

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ.

Курсовой проект состоит из 4 листов чертежей формата А1 и пояснительной записки с необходимыми пояснениями, алгоритмами, расчетами и выводами.

Задание на курсовой проект является комплексным, предусматривающим проектирование и исследование основных видов механизмов, объединенных в систему машины, прибора или устройства. Оно должно учитывать специальность, по которой обучается студент. Задания на проект устанавливаются кафедрой.

В проекте предусматривается разработка следующих вопросов:

- 1) проектирование кинематических схем механизмов (рычажных, зубчатых, кулачковых) по заданным кинематическим и динамическим условиям;
- 2) динамический синтез машины и определение закона движения звена приведения;
- 3) ограничение периодических колебаний скорости при установившемся режиме движения;
- 4) кинематический и силовой анализ спроектированных механизмов;
- 5) согласование во времени движений основного и вспомогательного механизмов;
- 6) разработка принципиальной схемы управления машины-автомата на логических элементах по заданной тактограмме.

Расчеты при выполнении проекта проводятся с использованием ЭВМ.

Основная литература. 1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М., 1988; 2. Артоболевский И.И., Эдельштейн Б.В. Сборник задач по теории механизмов и машин. М., 1975; 3. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. М., 1985; 4. Теория механизмов и машин. Под редакцией К.В.Фролова. М., 1998; 5. Филонов И.П., Анципорович П.П., Акулич В.К. Теория механизмов, машин и манипуляторов. Мн., 1998; 6. Юдин В.А., Петрокас Л.В. Теория механизмов и машин. М., 1977.

Дополнительная литература. Список дополнительной литературы устанавливается кафедрой.

Рекомендуется использовать следующие издания: 1. Борисенко Л.А., Самойленко А.В. Механика промышленных роботов и манипуляторов с электроприводом. Мн., 1992; 2. Горов Э.А. и др. Типовой лабораторный практикум по теории механизмов и машин. М., 1990; 3. Коловский М.З. Динамика машин. Л., 1989; 4. Коловский М.З., Слоущ А.В. Основы динамики промышленных роботов. М., 1988; 5. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. Под общей ред. Г.Н. Девойно. Мн., 1986; 6. Лабораторные работы по теории механизмов и машин. Под общей ред. Е.А. Камцева. Мн., 1976; 7. Лабораторный практикум и курсовое проектирование по теории механизмов и машин с использованием ЭВМ. Под общ. ред. А.М. Ашавского. М., 1983; 8. Левитский Н.И. Колебания в механизмах. М., 1988; 9. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М., 1990; 10. Механика промышленных роботов. Кн.1: Кинематика и динамика. Е.И. Воробьев и др. М., 1988; 11. Попов С.А., Тимофеев Г.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. М., 1998; 12. Сумский С.Н. Расчет кинематических и динамических характеристик плоских рычажных механизмов. М., 1980; 13. Юдин В.А. и др. Сборник задач по теории механизмов и машин. М., 1982.

Компьютерные программы:

Обучающие:

а) геометрические и кинематические связи в рычажных механизмах.

Контролирующие:

а) структурный анализ механизмов.

Расчетно-обучающие (курсовое проектирование):

а) динамика машинного агрегата;

б) динамический анализ рычажных механизмов;

в) проектирование кулачковых механизмов.

Научно-методические материалы:

Научно-методические материалы разрабатываются кафедрой и включают:

1. Методические пособия к лекционному курсу и практическим занятиям.
2. Методические пособия к лабораторным занятиям и курсовому проектированию.

УДК 681.3

П.П. Анципорович, О.И. Алейникова, Т.И. Булгак, Н.Я. Луцко

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК – ОСНОВА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В современных условиях бурного развития информации возникает существенный разрыв между моментом ее появления и поступления к пользователям. Особые трудности имеют место в учебном процессе. Они связаны со сложностями издания учебной и научной литературы в достаточных тиражах, своевременного обновления ее содержания. Поэтому, естественно, что в образовательном процессе все большее распространение получают идеи дистанционного обучения. Своеобразие дистанционного обучения состоит в том, что реализуется возможность получения знаний без непосредственного контакта обучаемого с преподавателем. Этому способствует быстрое разви-