

## ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ИЗЛОЖЕНИЯ РАЗДЕЛА «КИНЕМАТИКА ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ» В КУРСЕ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН»

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Зубчатые механизмы находят в технике широкое применение. Их используют как в качестве передаточных (для передачи движения от двигателя к основному исполнительному механизму), так и в качестве основных исполнительных механизмов. Это привело к многообразию как схем преобразующих движение механизмов, так и их конструктивному оформлению. Одни и те же кинематические схемы, примененные в различных отраслях техники (металлообрабатывающие станки, штамповочное оборудование, механизмы приборов и т.д.) могут конструктивно выглядеть совершенно по-разному. Поэтому актуальной является потребность научить студентов составлению кинематических схем, дать представление об их конструкции. С другой стороны необходимо уметь для исследуемой конструкции составлять кинематическую схему с учетом современных стандартов и решать задачи кинематики. Проектированию схем и конструированию механизмов обучают последовательно в курсе теории механизмов и машин и в курсе деталей машин. Таким образом, курс теории механизмов и машин является первым курсом в общепрофессиональной подготовке, в котором проявляются противоречия, связанные с более поздним ознакомлением с конструктивными элементами узлов механизмов и машин. Для облегчения понимания излагаемого в разделе «Кинематика зубчатых механизмов» материала требуется продуманное использование имеющихся на кафедре методических средств (стенды, плакаты, коллекция моделей механизмов, учебная литература).

В курсе теории механизмов и машин вышеназванному разделу отводится 4 часа лекций, 4 часа практических занятий и 2 часа лабораторных работ. Рассмотрим возможности применения методических материалов для эффективного усвоения учебного материала, учитывая, что в соответствии с типовой программой курса необходимо изучить классификацию зубчатых механизмов, кинематический анализ зубчатых механизмов с неподвижными осями вращения, кинематический анализ зубчатых механизмов с подвижными осями вращения (дифференциальных, планетарных, замкнутых дифференциальных).

Совершенно очевидно, что при чтении лекций в больших поточных аудиториях (70 – 120 студентов) демонстрация плакатов, моделей, компьютерных презентаций неэффективна. Точно также неэффективно и вычерчивание схем механизмов на доске без предварительного формирования у студентов связи схем с образами их конструкций. Для ликвидации этого разрыва на первом лабораторном занятии выполняется работа № 1А «Условные обозначения и структурно-конструктивная классификация механизмов» [3], посвященная изучению основных типов механизмов и, в частности, классификации зубчатых механизмов. В процессе выполнения работы студенты знакомятся на стенде (рис.1) с классификацией зубчатых механизмов по взаимному расположению осей.

Также демонстрируются соответствующие движущиеся модели цилиндрических передач (рис. 2, 3), передач с коническими колесами (рис. 4), со скрещивающимися осями (рис. 5, 6, 7). Студенты приобретают навыки изображения кинематических схем механизмов, подготавливаясь этим к восприятию лекционного материала.

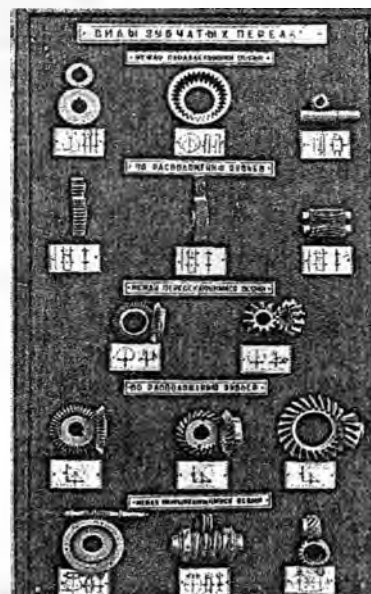
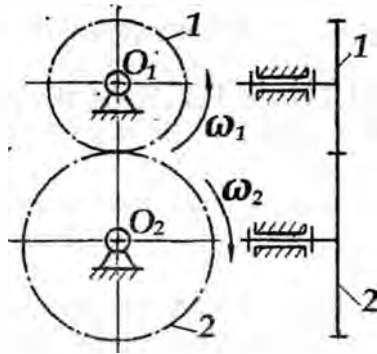
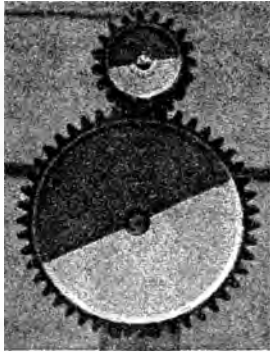


Рис. 1. Классификация механизмов по расположению осей колес

а



б

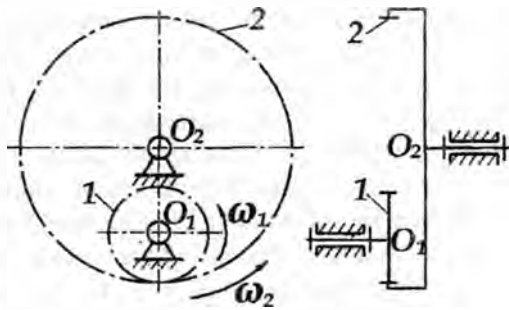


Рис. 2. Вид и схемы цилиндрических зубчатых передач:  
а – с внешним зацеплением, б – с внутренним зацеплением

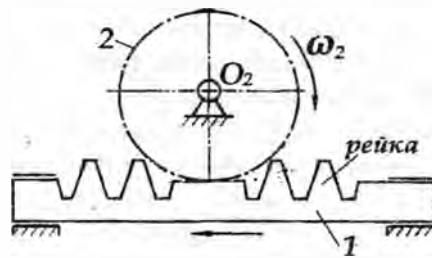
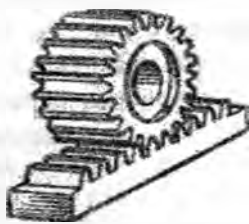


Рис. 3. Вид и схема реечной передачи

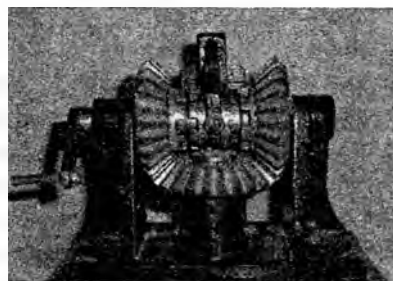
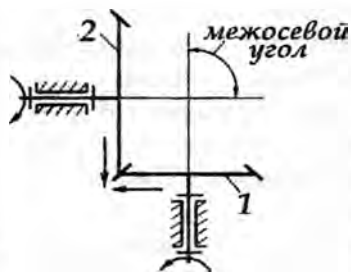


Рис. 4. Вид и схема конической передачи

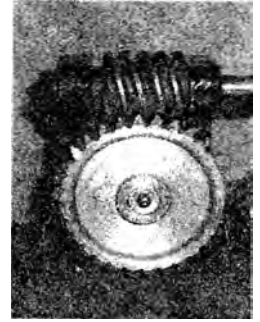
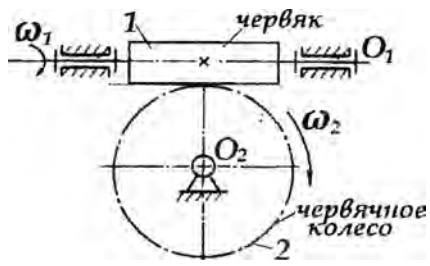


Рис. 5. Вид и схема червячной передачи

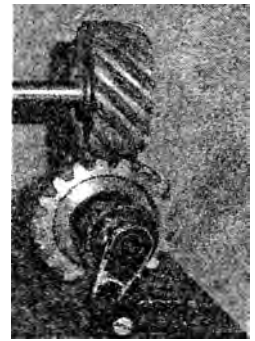
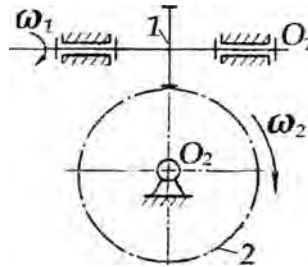


Рис. 6. Вид и схема винтовой передачи

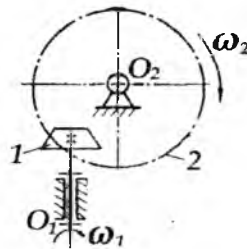
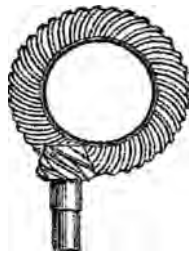
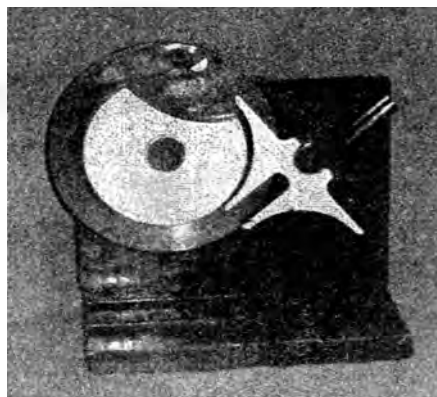


Рис. 7. Вид и схема гипоидной передачи

На лабораторном занятии демонстрируются и другие механизмы, относящиеся к зубчатым (рис. 8, 9).



*Рис. 8. Цевочная передача*



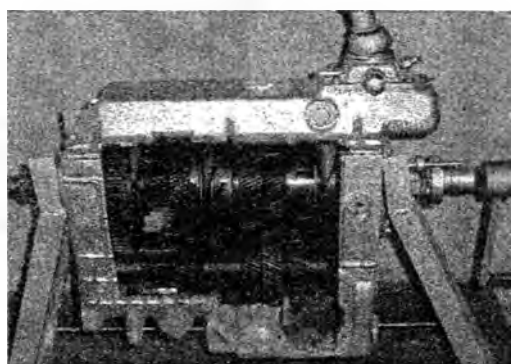
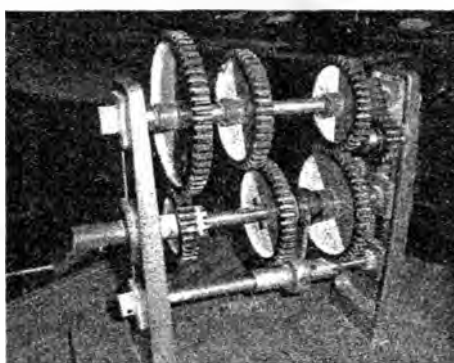
*Рис. 9. Механизм мальтийского креста*

Овладение навыками самостоятельного составления схем и определения передаточных отношений зубчатых механизмов достигается при выполнении лабораторной работы №4 «Составление схем и кинематический анализ зубчатых механизмов». Студенту предлагается составить кинематические схемы двух механизмов – механизма с неподвижными осями колес (коробка передач) и механизма, в составе которого имеется планетарная передача, а также определить требуемые передаточные отношения.

В процессе домашней подготовки к работе и ее выполнения студент пользуется методическим пособием /6/, которое включает теоретическую, практическую части и контрольные вопросы.

В теоретической части изложены основные положения кинематики зубчатых механизмов, дополненные изображениями моделей и схем механизмов, подробным описанием строения коробки передач, рассмотрением всех вариантов компоновочных схем планетарных и дифференциальных механизмов.

Особое внимание уделено строению автомобильной коробки передач (рис. 10), так как подобные механизмы предлагаются студентам для самостоятельного составления схем (рис. 11) и кинематического анализа. Описываются все конструктивные элементы коробки и способы включения отдельных передач. Для облегчения самостоятельной работы приведена таблица элементов кинематических схем коробок передач с их реальным изображением и условным обозначением (рис. 12).



*Рис. 10. Примеры моделей коробок передач*

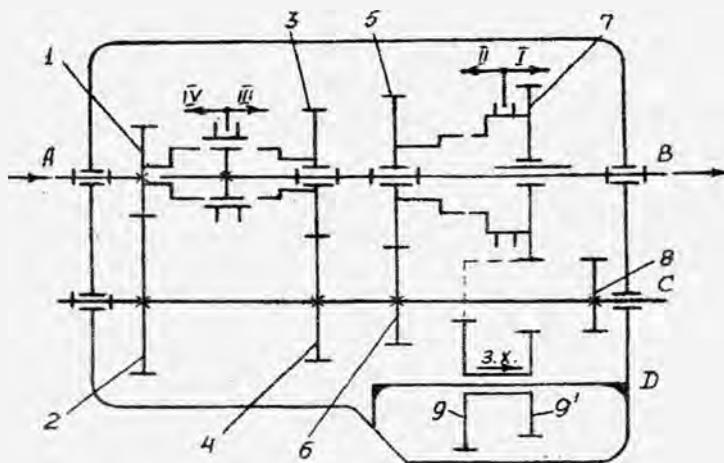


Рис. 11. Пример составленной студентом схемы коробки передач

Исследуя строение коробки в процессе работы, студент последовательно выделяет в ней все конструктивные элементы и, сопоставляя увиденное с упомянутой таблицей, выстраивает свою кинематическую схему. В практической части пособия описан алгоритм действий по выделению конструктивных элементов коробки передач. Эффективность работы на лабораторном занятии зависит от полноты предварительного изучения изложенного в пособии материала. Поэтому проведению лабораторной работы предшествует пятиминутный экспресс-контроль знаний. Студентам предлагается письменно ответить на три контрольных вопроса.

Муфта двухсторонняя		<p>в – ступица с наружными шлицами;  г – подвижная часть (синхронизатор) с внутренними шлицами; д и е – правая и левая полумуфты, жестко соединенные с зубчатым колесами</p>	
	нейтральное положение	включение влево	включение вправо
		вид муфты в реальной коробке передач	

Рис. 12. Фрагмент таблицы

После составления кинематической схемы студентам предлагается определить передаточные отношения коробки для двух указанных преподавателем передач. Пример соответствующего расчета приведен в образце протокола. Затем студенты знакомятся с методикой проверки расчета передаточного отношения по количеству оборотов входного вала на один оборот выходного. Аналогичным образом регламентируется работа по составлению схемы и расчету

передаточного отношения механизма с планетарной ступенью. Руководством для составления схемы является образец протокола и рассмотренные в теоретической части компоновочные схемы механизмов с подвижными осями. Такая организация подготовки и проведения лабораторного занятия подталкивает студента к самостоятельной работе и глубокому осмыслению материала, пониманию строения и методов анализа механизмов. Работа зачитывается при успешном прохождении экспресс-контроля знаний и выполнении в полном объеме практической части с составлением отчета согласно требованиям оформления кинематических схем механизмов.

Закрепление лекционного материала продолжается на практических занятиях, где решаются задачи /2/ определения передаточных отношений и скоростей вращения отдельных звеньев для различных механизмов: ступенчатых и паразитных рядов, планетарных и замкнутых дифференциальных механизмов, а также комбинированных зубчатых механизмов, содержащих элементы всех выше перечисленных. Уделяется внимание кинематике дифференциальных механизмов. Обязательно рассматриваются особенности кинематики ступенчатых рядов и планетарных механизмов с коническими колесами. Предлагаются задачи для самостоятельной работы, как в аудитории, так и в виде домашнего задания.

Итогом изучения раздела «Кинематика зубчатых механизмов» является проведение коллоквиума. На нем студенту предлагается ответить на теоретические вопросы и решить задачи. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении итоговой оценки курсу теории механизмов и машин.

Многообразие зубчатых механизмов и широкое применение их в технике позволяет рекомендовать данный раздел для углубленного изучения в рамках научно-исследовательской работы студентов. Как объект изучения при написании рефератов предлагаются волновые передачи, механизмы прерывистого движения (мальтийские и храповые), планетарные коробки передач, особенности строения и кинематики зубчатых механизмов в различных отраслях техники. Глубокая проработка дополнительного материала и написание оригинальных рефератов позволяет студенту повысить итоговую экзаменационную оценку.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. - 4-е изд. - М.: Наука, 1988. - 640 с.
2. Артоболевский, И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин / И.И. Артоболевский, Б. В. Эдельштейн. - 2-е изд.-М.: Наука, 1975. - 256 с.
3. Структура механизмов: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов» / П.П. Анципорович [и др.]. - Минск: БНТУ, 2008. - 33 с.
4. Лабораторные работы по теории механизмов и машин / Е.А. Камцев [и др.]; под общ. ред. Е.А. Камцева. - Минск: Вышэйшая школа, 1976. - 174 с.
5. Акулич, В.К. Зубчатые передачи. Текст лекций / В.К. Акулич, Н.И. Мицкевич, О.Н. Цитович. - Минск: БПИ, 1973. - 95 с.
6. Кинематика зубчатых механизмов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов» / П.П. Анципорович [и др.]. - Мн.: БНТУ, 2010. - 26 с.

УДК 621.01

*Анципорович П.П., Акулич В.К.*

### **УЧЕТ ТРЕНИЯ ПРИ СИЛОВОМ РАСЧЕТЕ МЕХАНИЗМОВ И СОСТАВЛЕНИИ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Введение сил трения в уравнения кинетостатики приводит к увеличению числа неизвестных компонент реакций в кинематических парах, а количество уравнений при этом остается неизменным. Поэтому, чтобы задача силового анализа оказалась разрешимой, необходимо вводить дополнительные условия, число которых равно числу добавочных неизвестных. Эти