

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт инновационных технологий  
Кафедра «Технология машиностроения»

**Методические указания**

к самостоятельной работе студентов по дисциплине  
**«ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ»**

для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению  
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Составитель:  
профессор кафедры ТМС Шевченко А.П.

Владимир 2015

Методические указания, содержащие рекомендации к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение».

Настоящие методические указания составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОПОП направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», рабочей программы дисциплины «Детали машин и основы конструирования». В качестве рекомендаций для организации эффективной работы студентов использованы методические пособия ведущих ВУЗов России.

Рекомендации предназначены для студентов очной и заочной форм обучения.

Рассмотрены и одобрены на заседании  
НМС направления 13.03.03  
Протокол № 6 от 11.11.2015 г.  
**Рукописный фонд кафедры ТМС ВлГУ**

## Оглавление

|   | стр. |
|---|------|
| I. Введение.....  | 4    |
| II. Задания к самостоятельной работе по теоретической части.....                      | 7    |
| 2.1. Задания к самостоятельной работе по разделу «Структурный синтез механизмов»..... | 7    |
| 2.2. Задания к самостоятельной работе по разделу «Анализ механизмов».....             | 7    |
| 2.3. Задания к самостоятельной работе по разделу «Синтез механизмов».....             | 8    |
| III. Задания к самостоятельной работе по практической части.....                      | 9    |
| 3.1. Задания к самостоятельной работе по разделу «Структурный синтез механизмов»..... | 9    |
| 3.2. Задания к самостоятельной работе по разделу «Анализ механизмов».....             | 14   |
| 3.3. Задания к самостоятельной работе по разделу «Синтез механизмов».....             | 22   |
| IV. Список литературы.....  | 27   |
| Приложение: Титульный лист отчёта о самостоятельной работе.....                       | 30   |

## I. ВВЕДЕНИЕ.

Изучение дисциплины ТММ требует от студентов твёрдых знаний основ высшей математики, теоретической механики и сопротивления материалов, навыков решения задач по этим дисциплинам, а также необходимых знаний и навыков начертательной геометрии и инженерной графики.

Теория механизмов и машин состоит из разделов:

- структурный анализ механизмов;
- кинематический анализ механизмов;
- силовой анализ механизмов;
- динамический анализ механизмов;
- общие методы синтеза механизмов.

Структурный и кинематический анализы механизмов предполагают изучение теории строения механизмов, исследование движения тел, их образующих, с геометрической точки зрения независимо от сил, вызывающих движение этих тел.

Динамический анализ механизмов имеет своей целью изучение методов определения сил, действующих на тела, образующие механизм, во время движения этих тел, и изучение взаимосвязи между движениями этих тел, силами, на них действующими, и массами, которыми обладают эти тела.

Проблемы синтеза механизмов изучаются по видам механизмов, так как задачей синтеза является проектирование механизмов выбранной структуры по заданным кинематическим и динамическим условиям.

Каждый раздел необходимо изучать в порядке, предусмотренном в рабочей программе. Ведение конспекта обязательно. Только в этом случае можно получить прочные знания и навыки расчётов по разделам дисциплины.

Работать с учебниками и конспектом лекций рекомендуется в такой последовательности:

- ознакомиться с содержанием данной темы по программе;
- изучить материал темы. Если тема имеет большой объём, надо разбить её на отдельные части;
- разобрать узловые вопросы темы, записать основные определения, доказательства, правила, формулы, если необходимо снабдить их схемами или рисунками.

В целях закрепления учебного материала и приобретения навыков в пользовании расчётными формулами необходимо разобрать примеры и задачи, помещённые в учебнике и в конспекте лекций.

Настоящие методические указания направлены на формирование у студентов способностей к самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и организации учебной и научной деятельности, и готовности к непрерывному профессиональному образованию и саморазвитию, индивидуальному совершенствованию в процессе приобретения профессиональных компетенций.

Содержание и объем методических указаний для самостоятельной работы студентов (СРС) по дисциплине «Теория машин и механизмов» соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавра 13.03.03 «Энергетическое машиностроение».

Изучение теоретического материала, а также практического его приложения в достаточном объеме невозможно без самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа дает возможность закрепить знания, полученные по рекомендованной литературе в процессе аудиторных занятий и хорошо подготовиться к рейтинг – контролю, устным опросам, к выполнению курсовых или расчетно-графических работ, к экзамену и подготовке к собственным научным исследованиям и участию в научных студенческих конференциях.

Эффективность СРС зависит от правильной организации работы студента в аудитории и в не её. Выполнение заданий самостоятельной работы должны учить мыслить, анализировать, учитывать условия, ставить задачи, решать возникающие проблемы, т.е. процесс самостоятельной работы постепенно должен превращаться в творческий.

## **II. Задания к самостоятельной работе по теоретической части**

### **2.1. Задания к самостоятельной работе по разделу «Структурный синтез механизмов»**

Подготовить конспект по заданной теме теоретической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Структурный синтез механизмов».

**Цель работы:** закрепление практических умений проработки материалов теоретического характера и соответствующей литературы для использования полученных результатов, при подготовке к итоговой аттестации, написанию отчетов и к собственным научным исследованиям, участию в научных студенческих конференциях.

#### **Темы конспектов лекций:**

1. Основные понятия и определения.
2. Классификация кинематических пар.
3. Кинематические пары высшего класса, определение и примеры.
4. Кинематические пары низшего класса, определение и примеры.
5. Структурные формулы механизмов. Формулы Малышева и Чебышева определения подвижности механизма.
6. Структура плоских механизмов с низшими парами. Начальные механизмы.
7. Структурные группы Ассура.
8. Порядок строения механизмов из элементарных структур.
9. Разложение механизма на элементарные структуры.
10. Определение класса и порядка структурной группы механизма.

### **2.2. Задания к самостоятельной работе по разделу «Анализ механизмов»**

Подготовить конспект по заданной теме теоретической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Анализ механизмов».

**Цель работы:** развитие интеллектуальных умений, заключающихся в поиске и анализе литературных источников и публикаций по теоретическому разделу курса. Для представления конкретных примеров использования в технике и технологиях. Структурирование материала и сопровождение его практическими выводами, подготовки к собственным научным исследованиям и участию в научных студенческих конференциях.

#### **Темы конспектов лекций:**

1. Задачи кинематического анализа. Методы кинематического анализа.

2. Кинематический анализ кривошипно-коромыслового механизма методом планов.
3. Кинематический анализ кривошипно-ползунного механизма методом планов.
4. Кинематический анализ кривошипно-кулисного механизма методом планов.
5. Передаточные функции (аналоги скоростей и ускорений), их применение в кинематическом анализе механизмов.
6. Кинематический анализ методом диаграмм. Показать на примере.
7. Кинематический анализ методом координат (аналитический).
8. Задачи и методы силового анализа.
9. Принцип Даламбера. Классификация сил, действующих на механизм.
10. Силовой анализ группы Ассура 2кл 1 порядка.
11. Силовой анализ группы Ассура 2кл 2 порядка.
12. Силовой анализ группы Ассура 2кл 3 порядка.

### **2.3. Задания к самостоятельной работе по разделу «Синтез механизмов»**

Подготовить конспект по заданной теме теоретической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Синтез механизмов».

**Цель работы:** закрепление практических умений проработки материалов теоретического характера и соответствующей литературы для использования полученных результатов, при подготовке к итоговой аттестации, написанию отчетов и к собственным научным исследованиям, участию в научных студенческих конференциях.

#### **Темы конспектов лекций:**

1. Режимы движения машинного агрегата. Звено приведения (динамическая модель). Требования к динамической модели.
2. Факторы, влияющие на изменение угловой скорости входного звена.
3. Условия определения приведенного момента инерции и приведенного момента сил полезного сопротивления. Расчет маховика методом Виттенбауэра. Изложите последовательность расчета.
4. Уравновешивание роторов. Статическое, моментное и динамическое уравновешивание роторов. Статическое уравновешивание рычажных механизмов методом замещающих масс.
5. Зубчатые передачи. Определение. Назначение. Применение. Классификация зубчатых передач. Достоинства и недостатки зубчатых передач.

6. Геометрия зубчатого зацепления. Синтез зацепления. Основная теорема зацепления. Плоское зацепление. Полнос зацепления. Плоское зацепление. Образование начальных окружностей.
7. Эвольвента окружности: построение и свойства. Образование эвольвентного зацепления. Эвольвентное зацепление. Основные элементы и характеристики.
8. Способы изготовления зубчатых колес. Подрезание и заострение зубьев. Устранение подреза ножки зуба при нарезании зубьев. Окружности эвольвентного зацепления. Особенности.
9. Шаг зубьев. Определение. Разновидности. Модуль зубьев. Определение. Разновидности. Коэффициент торцевого перекрытия в эвольвентном зацеплении. Определение передаточных отношений зубчатых механизмов.
10. Виды кулачковых механизмов, их краткая характеристика. Законы движения толкателя. Определение минимального радиуса профиля кулачка в механизме со стержневым толкателем.
11. Определение минимального радиуса профиля кулачка в механизме с коромысловым толкателем. Определение минимального радиуса профиля кулачка в механизме с плоским толкателем. Сущность метода обращенного движения при профилировании кулачков графическим методом. Образование рычажных механизмов по расположению стойки и выполнению условий проворачиваемости кривошипа.
12. Углы давления, передачи в кулачковых механизмах. Условия и порядок синтеза кулачковых механизмов. Условия существования кривошипа в рычажных механизмах.
13. Синтез рычажных механизмов. Примеры.
14. Машины автоматы, автоматические линии. Общие сведения.



### III. Задания к самостоятельной работе по практической части

#### 3.1. Задания к самостоятельной работе по разделу «Структурный синтез механизмов»

Подготовить конспект по заданной теме практической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Структурный синтез механизмов».

**Цель работы:** закрепление практических умений проработки материалов практического характера и соответствующей литературы для использования полученных результатов, при подготовке к итоговой аттестации, написанию отчетов и к собственным научным исследованиям, участию в научных студенческих конференциях.

**Методика решения задач по теме «Структурный синтез механизмов».**

**Пример.** Провести структурный анализ кривошипно-ползунного механизма (рис. 1).

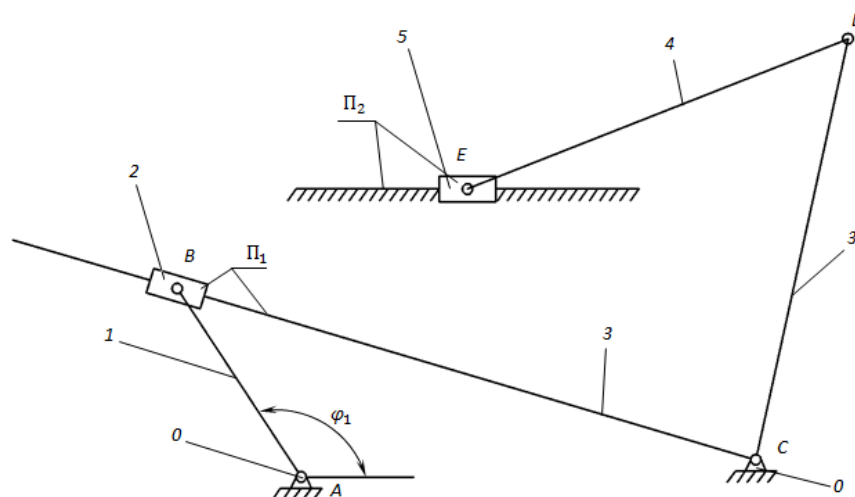


Рис. 1. Кривошипно-ползунный механизм

1. Рассчитаем число степеней свободы механизма по формуле П.Л. Чебышева

$$W = 3n - 2p_1 - p_2.$$

Число подвижных звеньев  $n = 5$  (подвижные звенья пронумерованы цифрами от 1 до 5, стойка обозначена цифрой – 0). Названия звеньев: 1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – кулиса, 4 – шатун, 5 – ползун.

Звенья соединены между собой кинематическими парами. Составим таблицу 1 кинематических пар, в которой указываем из каких звеньев образуется пара, наименование пары.

Таблица 1

Кинематические пары

Количество низших кинематических пар  $p_1 = 7$ .

| Обозначения кинематической пары | А                   | В   | С   | Д   | Е   | П <sub>1</sub>        | П <sub>2</sub> |
|---------------------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------|----------------|
| Звенья, образующие пару         | 0-1                 | 1-2 | 3-0 | 3-4 | 4-5 | 2-3                   | 5-0            |
| Наименование пары               | Низшие вращательные |     |     |     |     | Низшие поступательные |                |

Количество высших кинематических пар  $p_2 = 0$ .

$$W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 15 - 14 - 0 = 1.$$

Следовательно, в механизме одно начальное звено.

2. За начальное звено принимаем звено 1 (н.з. 1).

Начальное звено 1 образует со стойкой О вращательную пару – А. Положение начального звена относительно стойки определяется углом  $\varphi_1$  ( $W = 1$ ).

3. Кинематическая цепь, образованная звеньями 2, 3, 4, 5, имеет  $\Delta W = 0$ .

4. Выявим, какие группы Ассур и в какой последовательности присоединялись к начальному звену 1 и стойке О.

Поводки – это звенья, которые присоединяются к имеющемуся механизму на данном этапе структурного анализа.

При начальном звене 1 и стойке 0 выделим возможные поводки, т.е. звенья, образующие кинематические пары со звеньями 1 и О. Поводками будут звенья – 2, 3, 5. Из них между собой соединены кинематической парой (поступательной П<sub>1</sub>) звенья 2 и 3. Следовательно, эти звенья могут образовать двухповодковую группу Ассур. Вид группы определяем видом внешних и внутренней кинематических пар. Внешними считаются кинематические пары, которыми группа присоединяется к звеньям О и 1. Внутренней – кинематическая пара, соединяющая между собой звенья группы.

Согласно составленной таблице звенья 2 и 3 образуют 2ПГ Ассур 3 вида, так как внешние пары – вращательные В и С, внутренняя пара – поступательная П<sub>1</sub> (ВПВ). Присоединив 2ПГ Ассур 3 вида к н.з.1 и стойке О, получаем промежуточный механизм – О, 1, 2, 3.

Возможными поводками к промежуточному механизму будут звенья 5 (не вошедшее в группу Ассур при предыдущем присоединении) и 4, образующее вращательную пару Д с третьим звеном промежуточного механизма. Звенья 4 и 5 соединены между собой и могут образовать 2ПГ Ассур. В ней внешние пары: вращательная Д и поступательная П<sub>2</sub>, которыми звенья 4 и 5 присоединяются соответственно к звеньям 3 и О промежуточного механизма О, 1, 2, 3; внутренняя пара – вращательная Е, которой звенья 4 и 5 соединены между собой и образуют группу Ассур 2 вида (ВВП).

Таким образом, рассматриваемый механизм образован последовательным присоединением к начальному звену 1 и стойке 0 двух поводковых групп Ассур, сначала 2ПГ Ассур 3 вида, а затем 2ПГ

Ассура 2 вида. Структурный анализ механизма показана рис. 2 (пунктиром показаны паводки, к которым присоединяется группа Ассура).

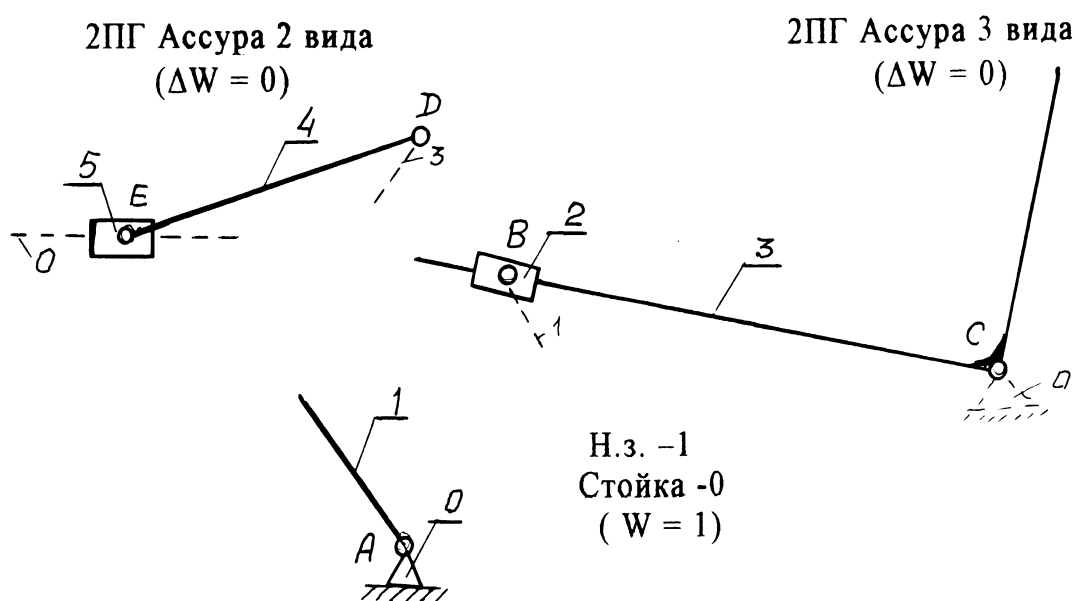


Рис. 2. Структурный анализ механизма

Для самостоятельного решения задач по теме «Структурный синтез механизмов» предлагается перечень некоторых схем механизмов для которых надо выполнить структурный анализ заданного кривошипно-ползунного механизма с простыми кинематическими парами.

Схема № 1

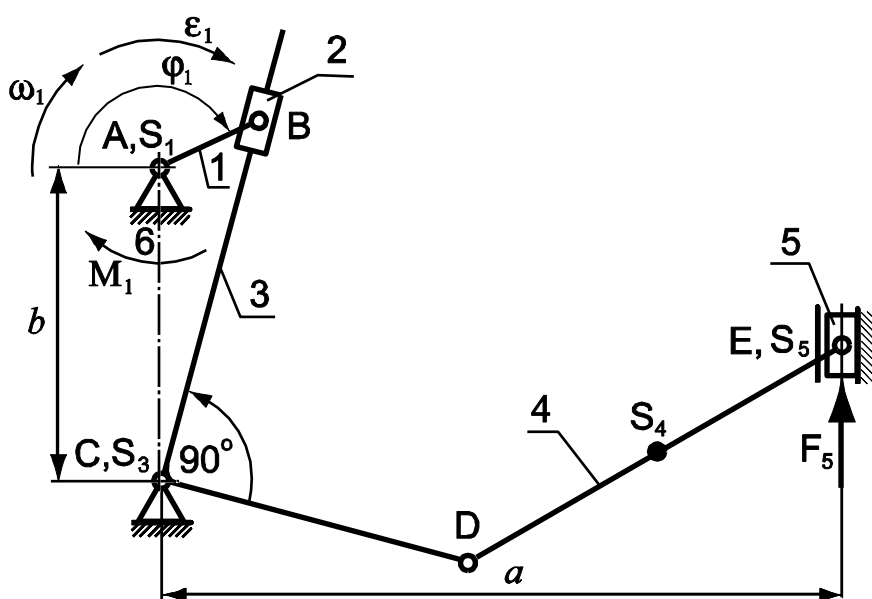


Схема № 2

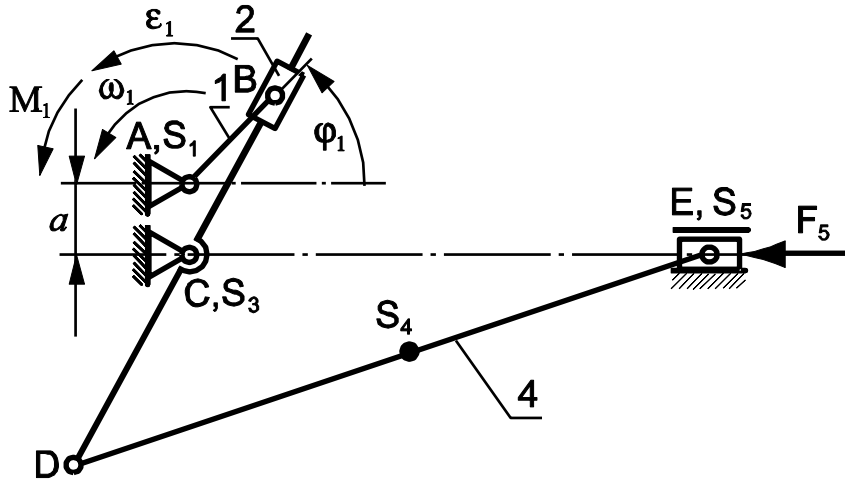


Схема № 3

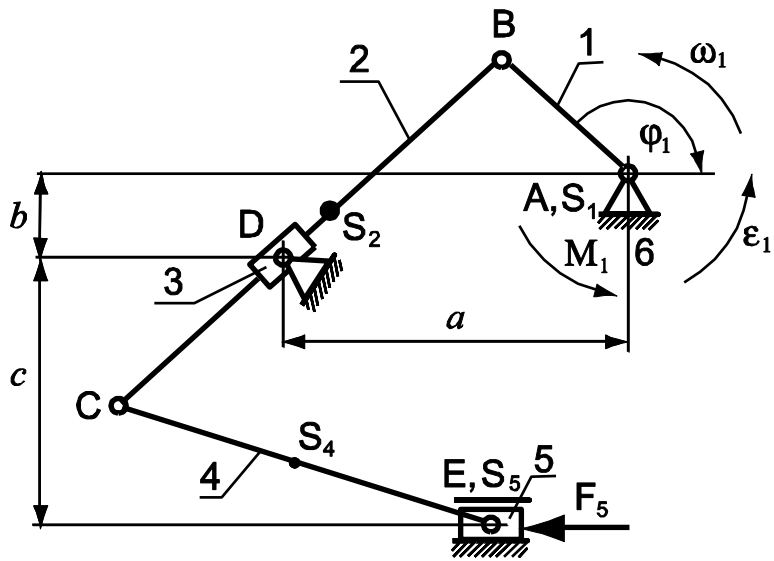


Схема № 4

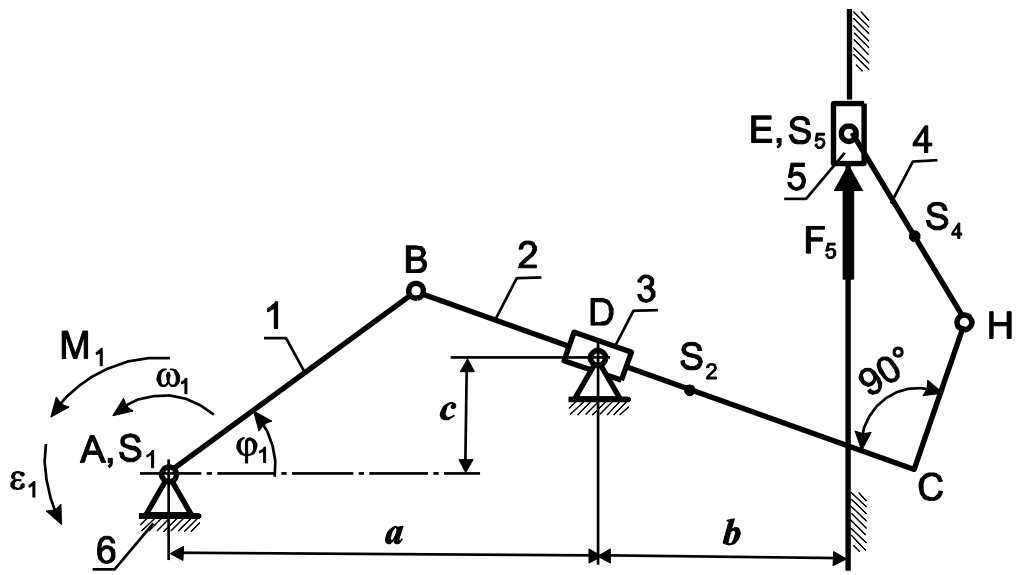


Схема № 5

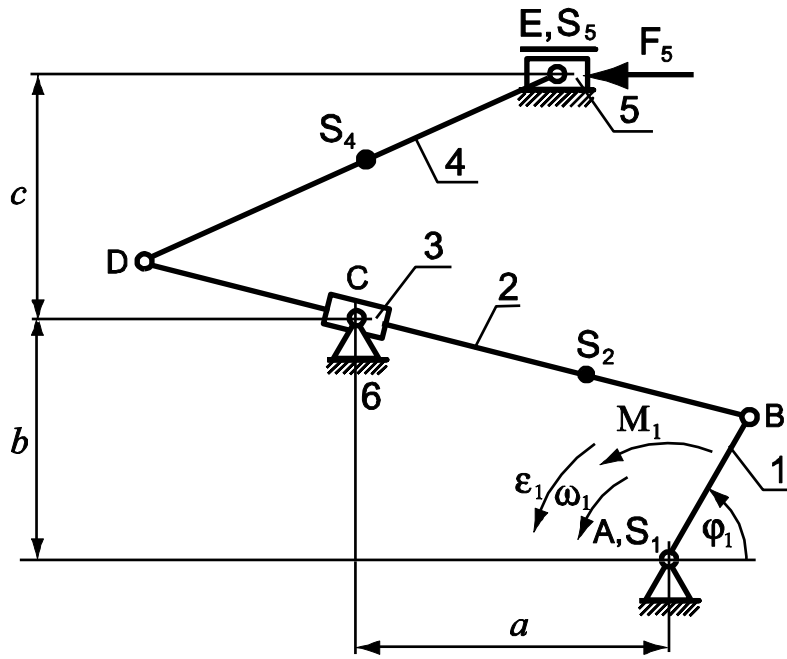
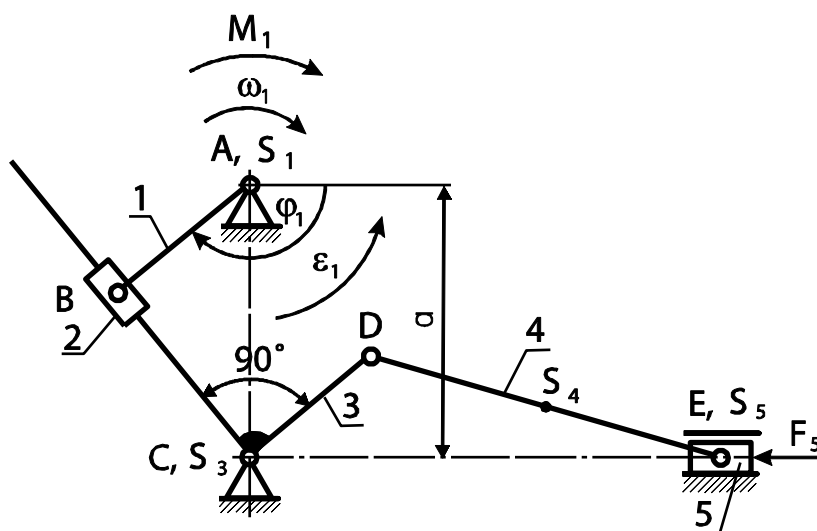


Схема № 6



### 3.2. Задания к самостоятельной работе по разделу «Анализ механизмов»

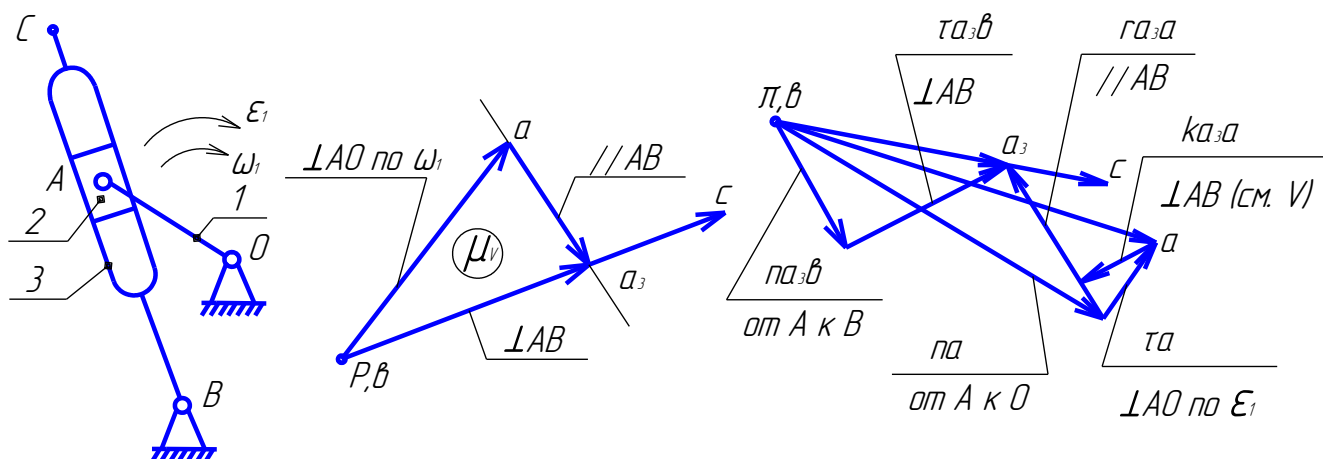
Подготовить конспект по заданной теме практической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Анализ механизмов».

**Цель работы:** закрепление практических умений проработки материалов практического характера и соответствующей литературы для использования полученных результатов, при подготовке к итоговой аттестации, написанию отчетов и к собственным научным исследованиям, участию в научных студенческих конференциях.

**Методика решения задач по теме «Кинематический анализ механизмов».**

**Пример.**

**Построить планы скоростей и ускорений для кулисного механизма**



**План скоростей:**

1. Определить скорость точки A:  $V_A = \omega_1 \cdot l_{O_1A}$  [м/с] – напр.  $\perp AO$  по  $\omega_1$

2. Масштаб плана скоростей:  $\mu_V = V_A / pa \left[ \frac{м/с}{мм} \right]$ , где "pa" – произвольно выбранный отрезок, изображающий VA на плане.

3. Векторные уравнения для определения скорости совмещенной точки АЗ

- приняв за переносное – движение точка А:  $\bar{V}_{A3} = \bar{V}_A + \bar{V}_{A3A}$

- приняв за переносное – движение точки В:  $\bar{V}_{A3} = \bar{V}_B + \bar{V}_{A3B}$

В этих уравнениях  $\bar{V}_A$  и  $\bar{V}_B$  определим полностью ( $V_B = 0$ ), а относительные скорости известны по направлению:  $\bar{V}_{A3} \perp AB$  и  $\bar{V}_{A3A} \parallel AB$ . Решаем систему векторных уравнений графически, т.е. строим план скоростей.

4. Отрезок, изображающий скорость точки С определим из пропорции (это частный случай метода подобия):  $pc = pa_3 \cdot BC / AB$ . Направление совпадает с направлением  $pa_3$ , т.к. точки С и АЗ лежат на одной линии с точкой В.

5. По результатам построения определяем:

- скорость точки АЗ :  $V_{A3} = pa_3 \cdot \mu_V [м/с]$

- относительную скорость точки АЗ относительно А:  $V_{A3A} = a_3a \cdot \mu_V [м/с]$

- скорость точки С:  $V_C = pc \cdot \mu_V [м/с]$

- угловую скорость кулисы 3:  $\omega_3 = V_C / l_{BC} [1/с]$

### План ускорений.

1. Ускорение точки А:  $\bar{a}_A = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^\tau$ , где  $a_A^n = V_A^2 / l_{AO}$  и направлено от А к 0;  $a_A^\tau = \varepsilon_1 \cdot l_{OA}$  -  $\perp AO$ .

2. Масштаб  $\mu_a = a_A^n / \pi a$ , где  $\pi a$  - произвольно выбранный отрезок, изображающий вектор  $\bar{a}_A^n$ , тогда отрезок, изображающий вектор  $\bar{a}_A^\tau$  определится величиной  $\tau a = a_A^\tau / \mu_a [мм]$ .

Сложив графически векторы  $\pi a$  и  $\tau a$  получим отрезок  $\pi a$ , изображающий полное ускорение точки А (здесь точка  $\pi$  - полюс плана ускорений).

3. Векторные уравнения для определения ускорения совмещенной точки АЗ :

- переносным является движение точки А  $\rightarrow \bar{a}_{A3} = \bar{a}_A + \bar{a}_{A3A}^k + \bar{a}_{A3A}^r$

- переносным является движение точки В  $\rightarrow \bar{a}_{A3} = \bar{a}_B + \bar{a}_{A3B}^n + \bar{a}_{A3B}^\tau$

В этих уравнениях :  $\bar{a}_A$  и  $\bar{a}_B$  определены полностью ( $\bar{a}_B = 0$ );

$\overline{a}_{A3A}^{-k} = 2\omega_3 \cdot V_{A3A}$ , направление определяется поворотом  $\overline{V}_{A3A}$  на  $90^\circ$  по  $\omega_3$ , а отрезок на плане, изображающий этот вектор  $ka_3a = a_{A3A}^k / \mu_a$  [мм]

Вектор  $\overline{a}_{A3A}^{-\tau}$  направлен  $\parallel AB$ , величина неизвестна;

Величина вектора  $a_{A3B}^n = V_{A3}^n / l_{AB}$ , направлен от А к В, отрезок на плане  $na_3b = a_{A3B}^n / \mu$

Вектор  $\overline{a}_{A3B}^{-\tau}$  направлен  $\perp AB$ , величина неизвестна. Т.о. число неизвестных (4) соответствует числу векторных уравнений (2) и все оси м.б. определены. Что и делаем графически, построив план ускорений.

4. Отрезок, изображающий ускорение точки С определяется из пропорции:  
 $\pi_C = \pi_{A3} \cdot BC / AB$  [мм]

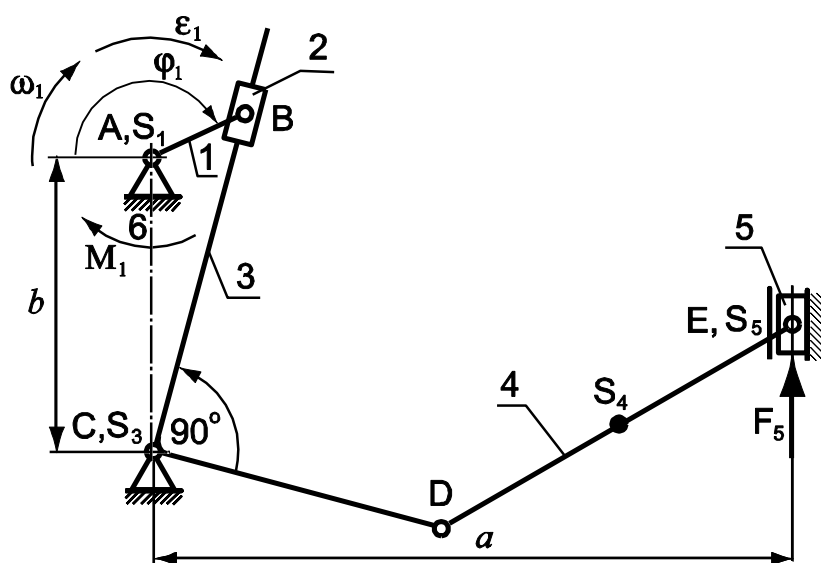
5. Результаты:  $a_{A3} = \pi_{A3} \cdot \mu_a$ ;  $a_C = \pi_C \cdot \mu_a$  ;  $a_{A3B}^\tau = \pi_{A3} \cdot b \cdot \mu_a$  ;  $\varepsilon_3 = a_{A3B}^\tau / l_{AB}$  -

направление углового ускорения определяем переносом вектора  $\overline{a}_{A3B}^{-\tau}$  в соответствующую точку механизма (в точку А).



Для самостоятельного решения задач по теме «Кинематический анализ механизмов» предлагается перечень некоторых схем плоских механизмов.

Схема № 1

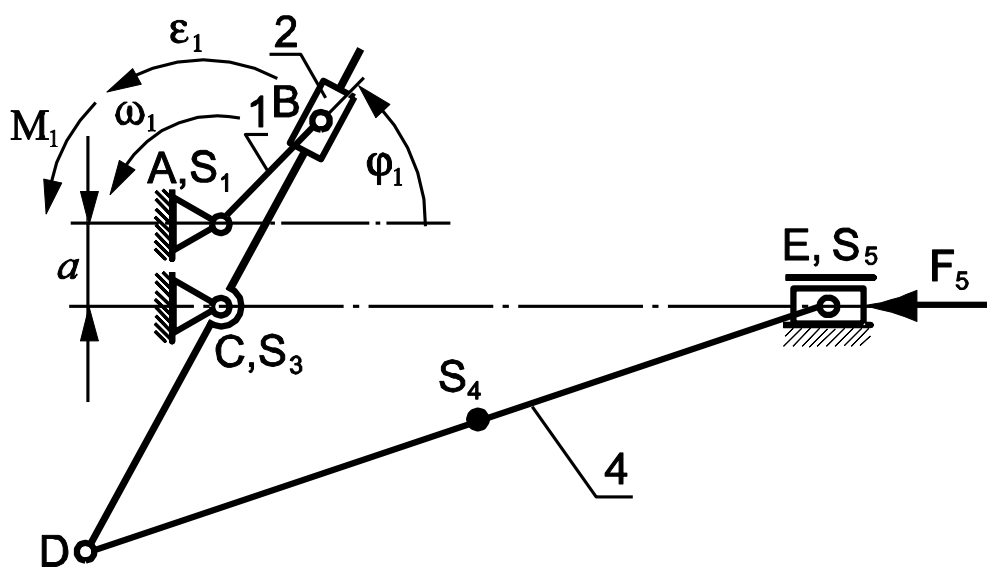


$$l_{CD} = b = 2l_{AB};$$

$$l_{DS4} = 0,5l_{DE}$$

| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | А       | Б    |
| $\varphi_1$     | град              | 60      | 45   |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,15    | 0,14 |
| $l_{DE}$        | м                 | 0,37    | 0,35 |
| $a$             | м                 | 0,45    | 0,42 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 27      | 34   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 80      | 135  |

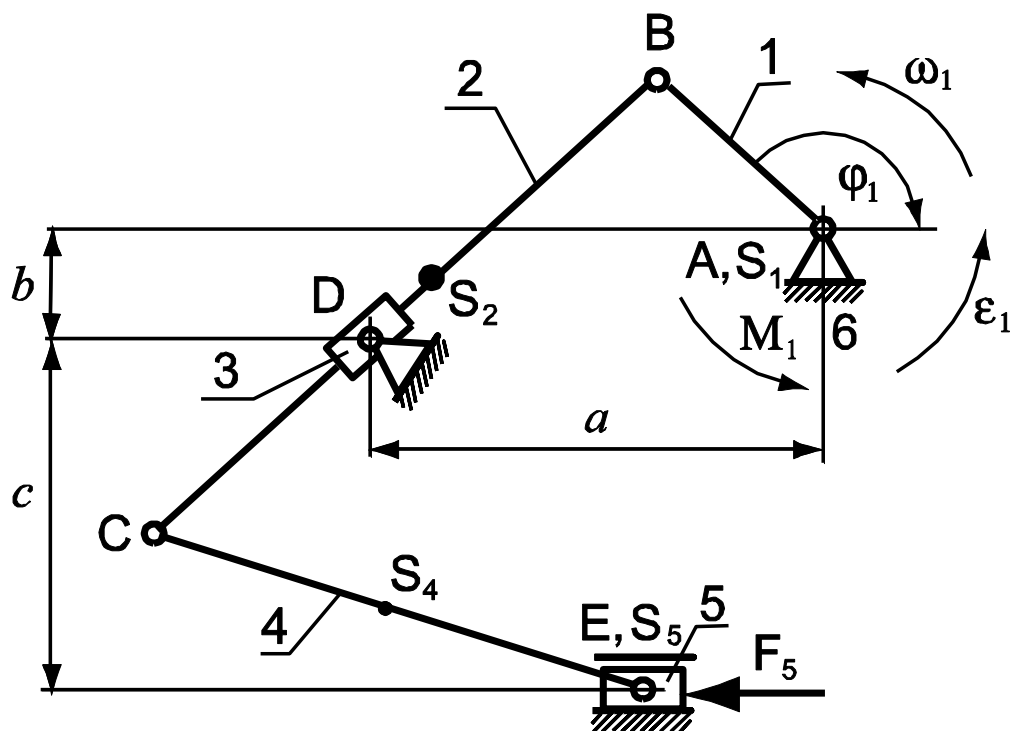
Схема № 2



$$l_{DS4} = 0,5 l_{DE}$$

| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | А       | Б    |
| $\varphi_1$     | град              | 60      | 45   |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,12    | 0,15 |
| $l_{CD}$        | м                 | 0,18    | 0,22 |
| $l_{DE}$        | м                 | 0,48    | 0,60 |
| $a$             | м                 | 0,06    | 0,07 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 20      | 23   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 45      | 80   |

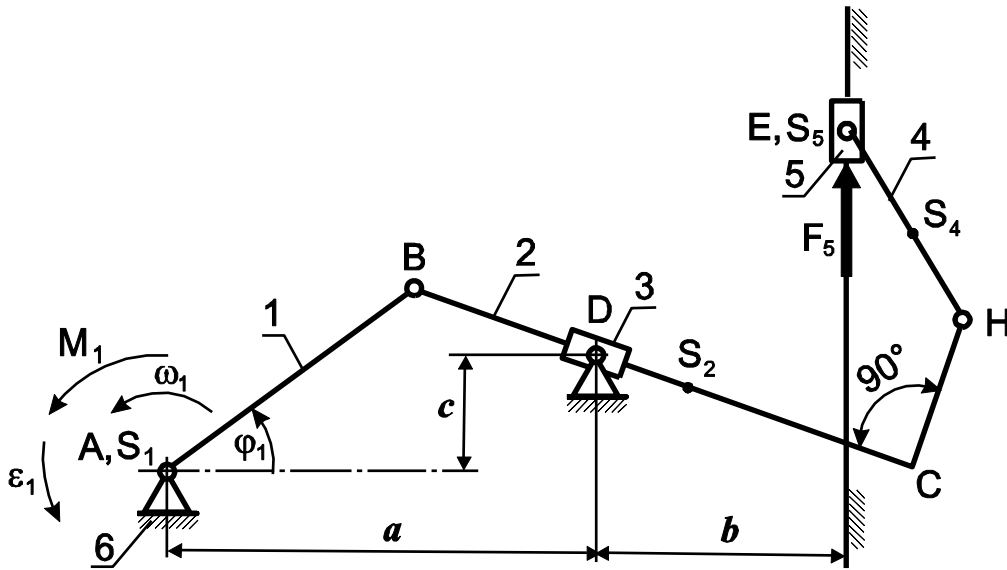
Схема № 3



$$l_{BS_2} = 0,5 l_{BC}; \quad l_{CS_4} = 0,5 l_{CE}$$

| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | А       | Б    |
| $\varphi_1$     | град              | 60      | 45   |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,05    | 0,06 |
| $l_{BC}$        | м                 | 0,25    | 0,30 |
| $l_{CE}$        | м                 | 0,20    | 0,24 |
| $a$             | м                 | 0,13    | 0,15 |
| $b$             | м                 | 0,05    | 0,06 |
| $c$             | м                 | 0,10    | 0,12 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 25      | 28   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 70      | 85   |

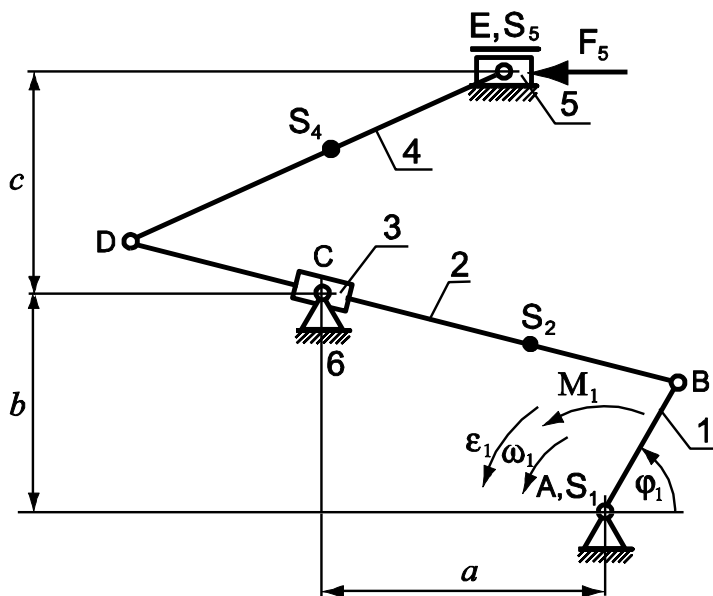
Схема № 4



$$l_{CS_2} = l_{CH} = b = l_{AB}; \quad l_{HS_4} = 0,5 l_{HE}$$

| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | А       | Б    |
| $\varphi_1$     | град              | 45      | 60   |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,15    | 0,18 |
| $l_{BC}$        | м                 | 0,45    | 0,54 |
| $l_{EH}$        | м                 | 0,30    | 0,35 |
| $a$             | м                 | 0,22    | 0,27 |
| $c$             | м                 | 0,08    | 0,09 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 22      | 23   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 55      | 60   |

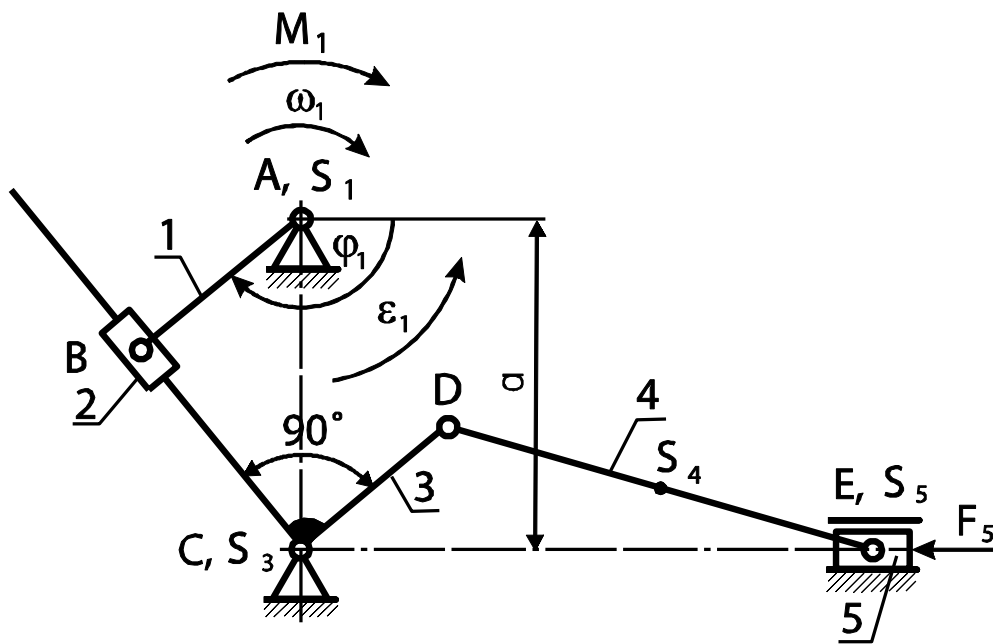
Схема № 5



$$l_{BS_2} = 0,5 l_{AB}; \quad l_{DS_4} = 0,5 l_{DE}$$

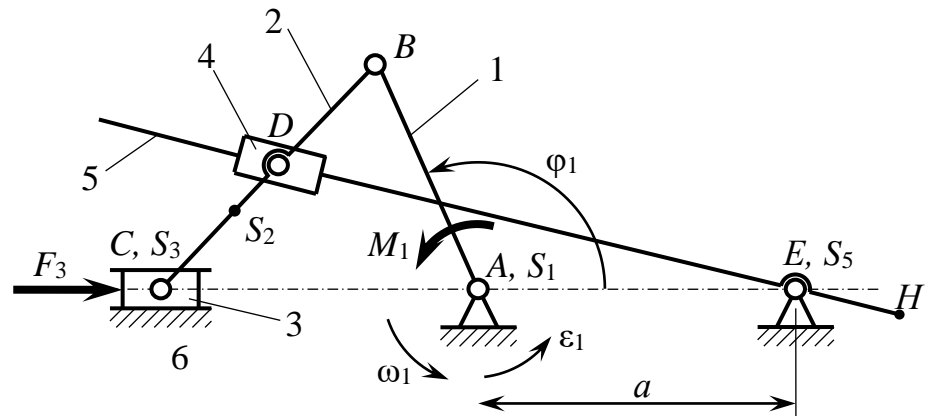
| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | А       | Б    |
| $\varphi_1$     | град              | 45      | 60   |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,10    | 0,12 |
| $l_{BD}$        | м                 | 0,50    | 0,60 |
| $l_{DE}$        | м                 | 0,25    | 0,30 |
| $a$             | м                 | 0,35    | 0,42 |
| $b = c$         | м                 | 0,15    | 0,18 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 30      | 32   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 100     | 110  |

Схема № 6



| Обозначение     | Единица измерения | Вариант |      |
|-----------------|-------------------|---------|------|
|                 |                   | Б       | В    |
| $\varphi_1$     | град              | 60      | 120  |
| $l_{AB}$        | м                 | 0,17    | 0,14 |
| $l_{CD}$        | м                 | 0,22    | 0,35 |
| $l_{DE}$        | м                 | 0,68    | 0,56 |
| $l_{DS^4}$      | м                 | 0,34    | 0,28 |
| $a$             | м                 | 0,61    | 0,82 |
| $\omega_1$      | $c^{-1}$          | 45      | 40   |
| $\varepsilon_1$ | $c^{-2}$          | 200     | 150  |

Схема № 7



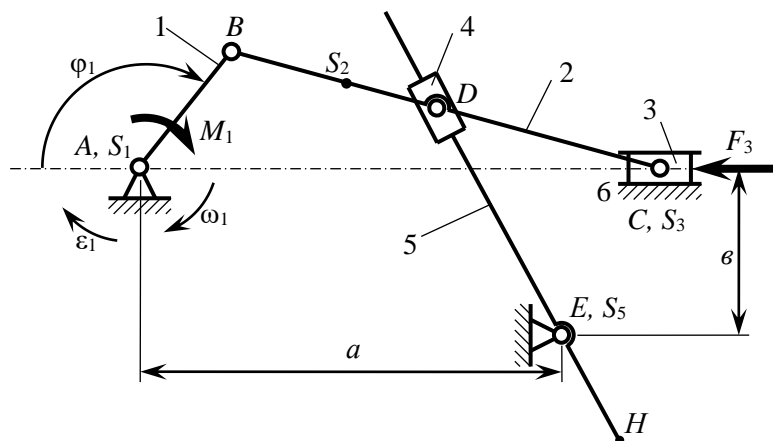
$$l_{BS_2} = l_{AB}$$

$$l_{BD} = 0,5l_{BC}$$

$$l_{EH} = 1,5l_{AB}$$

| Обозначение     | Ед. измер.          | Варианты |      |
|-----------------|---------------------|----------|------|
|                 |                     | А        | Б    |
| $\varphi_1$     | град.               | 30       | 45   |
| $l_{AB}$        | м                   | 0,10     | 0,12 |
| $l_{BC}$        | м                   | 0,30     | 0,36 |
| $a$             | м                   | 0,15     | 0,18 |
| $\omega_1$      | рад·с <sup>-1</sup> | 25       | 27   |
| $\varepsilon_1$ | рад·с <sup>-2</sup> | 70       | 80   |

Схема № 8



$$l_{BS_2} = b = l_{AB}$$

$$l_{BD} = 0,5l_{BC}$$

$$l_{EH} = 0$$

| Обозначение     | Ед. измер.          | Варианты |      |
|-----------------|---------------------|----------|------|
|                 |                     | А        | Б    |
| $\varphi_1$     | град.               | 120      | 30   |
| $l_{AB}$        | м                   | 0,15     | 0,20 |
| $L_{BC}$        | м                   | 0,45     | 0,60 |
| $a$             | м                   | 0,30     | 0,40 |
| $\omega_1$      | рад·с <sup>-1</sup> | 30       | 32   |
| $\varepsilon_1$ | рад·с <sup>-2</sup> | 100      | 105  |

### 3.3. Задания к самостоятельной работе по разделу «Синтез механизмов»

Подготовить конспект по заданной теме практической части дисциплины «Теория машин и механизмов» по разделу «Синтез механизмов».

**Цель работы:** закрепление практических умений проработки материалов практического характера и соответствующей литературы для использования полученных результатов, при подготовке к итоговой аттестации, написанию отчетов и к собственным научным исследованиям, участию в научных студенческих конференциях.

**Методика решения задач по теме «Синтез цилиндрической эвольвентной передачи внешнего зацепления».**

**Пример.**

**Расчет геометрических параметров цилиндрической эвольвентной передачи внешнего зацепления**

Спроектировать эвольвентное зацепление нулевых зубчатых колес с числами зубьев  $Z_1 = 23$ ,  $Z_2 = 46$  и модулем  $m = 2$  мм

$$X_1 = 0, X_2 = 0$$

Межосевое расстояние

$$a_w = m(Z_1 + Z_2)/2 = 2 * (23+46)/2 = 69 \text{ мм}$$

Величина шага

$$P = \pi m = 3,14 * 2 = 6,28 \text{ мм}$$

Передаточное число

$$U = Z_2 / Z_1 = 46 / 23 = 2$$

Делительные радиусы

$$r_1 = m Z_1 / 2 = 2 * 23 / 2 = 23 \text{ мм}$$

$$r_2 = m Z_2 / 2 = 2 * 46 / 2 = 46 \text{ мм}$$

Основные радиусы

$$r_{B1} = r_1 \cos 20^\circ = 23 * \cos 20^\circ = 21,61 \text{ мм}$$

$$r_{B2} = r_2 \cos 20^\circ = 46 * \cos 20^\circ = 43,23 \text{ мм}$$

Начальные радиусы

$$r_{w1} = r_{B1} / \cos \alpha_w = 21,61 / \cos 20^\circ = 23 \text{ мм}$$

$$r_{w2} = r_{B2} / \cos \alpha_w = 43,23 / \cos 20^\circ = 46 \text{ мм}$$

Радиусы вершин зубьев

$$r_{a1} = r_1 + m = 23 + 2 = 25 \text{ мм}$$

$$r_{a2} = r_2 + m = 46 + 2 = 48 \text{ мм}$$

Радиусы впадин

$$r_{f1} = r_1 - m * 1,25 = 23 - 2 * 1,25 = 20,5 \text{ мм}$$

$$r_{f2} = r_2 - m * 1,25 = 46 - 2 * 1,25 = 43,5 \text{ мм}$$

Проверка:

$$r_{a1} + r_{f2} = 25 + 43,5 = 68,5 \text{ мм}$$

$$r_{a2} + r_{f1} = 48 + 20,5 = 68,5 \text{ мм}$$

$$a_w - 68,5 = 69 - 68,5 = 0,5 = m/4$$

Расчет выполнен верно

Делительные толщины зубьев

$$S_1 = P/2 = 3,14 \text{ мм}$$

$$S_2 = P/2 = 3,14 \text{ мм}$$

$$\cos \alpha_{a1} = r_{B1} / r_{a1} = 21,61/25=0,864 \quad \alpha_{a1}= 30,18^\circ \quad \text{tg } \alpha_{a1}= 0,582$$

$$\cos \alpha_{a2} = r_{B2} / r_{a2} = 43,23/48=0,900 \quad \alpha_{a2}= 25,84^\circ \quad \text{tg } \alpha_{a2}= 0,484$$

$$\text{tg } \alpha_w = 0,364$$

$$\varepsilon_\alpha = \left( \frac{Z_1 \cdot \text{tg } \alpha_{a1} + Z_2 \cdot \text{tg } \alpha_{a2} - (Z_1 + Z_2) \text{tg } \alpha_w}{2\pi} \right) = \left( \frac{23 \cdot 0,582 + 46 \cdot 0,484 - (23 + 46)0,364}{2 \cdot 3,14} \right) = 1,67$$

14. Коэффициент относительного скольжения

а) На ножку зубьев

$$v_{D1} = - \left( \frac{(\text{tg } \alpha_{a2} - \text{tg } \alpha_w)(U+1)}{(\text{tg } \alpha_w - U \cdot (\text{tg } \alpha_{a2} - \text{tg } \alpha_w))} \right) = - \left( \frac{(0,484 - 0,364)(2+1)}{(0,364 - 2 \cdot (0,484 - 0,364))} \right) = -2,9$$

$$v_{D2} = - \left( \frac{(\text{tg } \alpha_{a1} - \text{tg } \alpha_w)(U+1)}{(U \cdot \text{tg } \alpha_w - (\text{tg } \alpha_{a1} - \text{tg } \alpha_w))} \right) = - \left( \frac{(0,582 - 0,364)(2+1)}{(2 \cdot 0,364 - (0,582 - 0,364))} \right) = -1,3$$

б) На головку зубьев

$$v_{h1} = \left( \frac{(\text{tg } \alpha_{a1} - \text{tg } \alpha_w)(U+1)}{U \text{tg } \alpha_{a1}} \right) = \left( \frac{(0,582 - 0,364)(2+1)}{2 \cdot 0,582} \right) = 0,56$$

$$v_{h2} = \left( \frac{(\text{tg } \alpha_{a2} - \text{tg } \alpha_w)(U+1)}{U \text{tg } \alpha_{a2}} \right) = \left( \frac{(0,484 - 0,364)(2+1)}{2 \cdot 0,484} \right) = 0,37$$

Коэффициент повышения контактной прочности

$$\varphi_K = \text{tg } \alpha_w / \text{tg } 20^\circ = 1$$

**Для самостоятельного решения задач по теме «Синтез цилиндрической эвольвентной передачи внешнего зацепления» предлагается перечень некоторых задач.**

1. **Дано:**

Числа зубьев  $Z_1 = 19$ ,  $Z_2 = 57$ , смещения  $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 0$ , модуль  $m = 3 \text{ мм}$

угол профиля  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки  $h_a = 1$ .

2. **Дано:**

Числа зубьев  $Z_1 = 24$ ,  $Z_2 = 32$ , смещения  $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 0$ , модуль  $m = 2 \text{ мм}$



угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**3. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=13$ ,  $Z_2=20$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**4. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=24$ ,  $Z_2=72$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**5. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=17$ ,  $Z_2=22$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**6. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=17$ ,  $Z_2=28$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**7. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=18$ ,  $Z_2=25$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**8. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=18$ ,  $Z_2=31$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=2$  мм

угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;

коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;

коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**9. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=20$ ,  $Z_2=25$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=2$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**10. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=20$ ,  $Z_2=31$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**11. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=20$ ,  $Z_2=38$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**12. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=25$ ,  $Z_2=34$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**13. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=17$ ,  $Z_2=25$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**14. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=20$ ,  $Z_2=22$ , смещения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

**15. Дано:**

Числа зубьев  $Z_1=20$ ,  $Z_2=28$ , смещения  $X_1=0,4$ ,  $X_2=0,8$ , модуль  $m=4$  мм  
угол профиля –  $\alpha = 20^\circ$ ;  
коэффициент радиального зазора –  $c = 0,25$ ;  
коэффициент высоты головки –  $h_a = 1$ .

#### IV. Список литературы.

##### *Основная литература:*

1. Техническая механика. Кн. 3. Основы теории механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. Д.В. Чернилевского, Я.Т. Киницкий - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756123.html>
2. "Основы проектирования машин по динамическим и экономическим показателям [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Н.Н. Барбашов, Д.И. Леонов, И.В. Леонов; под ред. И.В. Леонова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0133.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0133.html)
3. "Движение механизмов под действием приложенных сил [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для подготовки к рубежному контролю знаний по дисциплине "Теория механизмов и машин" / Б. И. Плужников, С. Е. Люминарский; под ред. Г. А. Тимофеева. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836590.html>
4. "Применение системы Mathcad в курсовом проектировании по теории механизмов и машин [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / О.В. Егорова, Д.И. Леонов, И.В. Леонов, Б.И. Павлов; под ред. И.В. Леонова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0134.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0134.html)
5. Беляев, Борис Александрович. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс] : учебное пособие к курсовому проектированию для вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств" / Б. А. Беляев, А. П. Шевченко, А. А. Рязанов ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2014 .— 124 с.  
URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3553/1/01321.pdf>
6. Беляев, Борис Александрович. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс] : учебное пособие к практическим занятиям для вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств" / Б. А. Беляев, А. П. Шевченко ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2014 .— 119 с.  
URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3826/1/01363.pdf>

### ***Дополнительная литература:***

1. Синтез эвольвентного зубчатого зацепления: учеб. пособие/ Ю.С. Волюшко и др. ; Владим. гос.ун-т. – Владимир, 2007. – 52 с.

2. Попов, Сергей Александрович. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин : учебное пособие для вузов / С. А. Попов, Г. А. Тимофеев. — Изд. 6-е, стер. — Москва : Высшая школа, 2008. — 457 с. : ил., табл. — (Для высших учебных заведений, Общетеchnические дисциплины) .— Библиогр.: с. 454 .— Библиогр. в подстроч. примеч. — ISBN 978-5-06-005952-6.

3. Волюшко, Юрий Степанович. Структура механизмов и исследование движения механизмов под действием сил. В вопросах и ответах : учебное пособие / Ю.С. Волюшко, А.А. Рязанов ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) . – Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 . – 51 с. : ил. – Имеется электронная версия . – Библиогр.: с. 50.

4. "Основы проектирования машин по динамическим и экономическим критериям: метод. указания к курсовому проектированию [Электронный ресурс] / Н.Н. Барбашов, И.В. Леонов, Б.И. Плужников; под ред. Г.А. Тимофеева. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0327.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0327.html)

5. "Теория механизмов и машин. Сборник задач [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.В. Кузенков, И.В. Леонов, В.В. Панюхин и др. ; под ред И.Н. Чернышевой. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0255.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0255.html)

6. "Лабораторный практикум по теории механизмов и машин: Метод. указания к лабораторным работам по дисциплине "Теория механизмов и механика машин" [Электронный ресурс] / Тарабарин В.Б., Кузенков В.В., Фурсяк Ф.И. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0316.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0316.html)

7. Теория механизмов и машин. Кинематика, динамика и расчет [Электронный ресурс] / Лачуга Ю. Ф., Воскресенский А. Н., Чернов М. Ю. - М. : КолосС, 2008. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953205245.html>

## **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### ***Программное обеспечение и интернет ресурсы:***

1. Пакет программ Win Machine версия 9.1.
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: справочная система: [портал]. URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 13.02.2015). содержит значительное количество электронных учебных пособий по всем 4 модулям дисциплины.
3. Сайт кафедры теоретической механики московского энергетического института (технического университета): <http://vuz.exponenta.ru> (дата обращения 13.02.2015). содержит конспекты лекций, условия и решения задач, тесты, видеолекции по всем 4 модулям дисциплины.
4. Сайт южно-уральского государственного университета: [www.labstend.ru](http://www.labstend.ru) (дата обращения 13.02.2015). Содержит комплект учебно-наглядных пособий по всем 4 модулям дисциплины.

### ***Материально-техническое обеспечение:***

1. Компьютерный класс аудитория 204-2 на 13 рабочих мест.
2. Мультимедийная лекционная аудитория 209-2 на 75 мест.
3. Мультимедийная лекционная аудитория 229-2 на 75 мест.
4. Мультимедийный курс лекций.
5. Мультимедийный курс практических занятий.
6. Комплект слайдов учебно-наглядных пособий.
7. Тестовые задания для текущего контроля и промежуточной аттестации (рейтинг-контроля) с помощью компьютера.
8. Настольные демонстрационные макеты механизмов.
9. Настольные демонстрационные модели плоских механизмов.

**Титульный лист отчета о самостоятельной работе.**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт \_\_\_\_\_

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Отчет о самостоятельной работе**  
по дисциплине **«Теория машин и механизмов»**

Отчет по теоретическому курсу на тему:  
« \_\_\_\_\_ »

Выполнил:

\_\_\_\_\_

Проверил:  
проф., к.т.н. каф. ТМС  
А.П. Шевченко

Владимир, 20\_\_\_\_\_

**Приложение 2**  
**Титульный лист отчета о самостоятельной работе.**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт \_\_\_\_\_

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Отчет о самостоятельной работе**  
по дисциплине **«Теория машин и механизмов»**

Отчет по практической части курса на тему:  
«\_\_\_\_\_»

Выполнил:

\_\_\_\_\_

Проверил:  
проф., к.т.н. каф. ТМС  
А.П. Шевченко

Владимир, 20\_\_\_\_\_