

**КИНЕМАТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ
МЕХАНИЗМОВ**

**Рабочая тетрадь №2
по теоретической механике**

Студент _____

Группа _____

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**
им. Р.Е. Алексеева

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ

Рабочая тетрадь №2
по теоретической механике

Нижний Новгород 2010

УДК 531(075)

Кинематические характеристики плоских механизмов: Рабочая тетрадь №2 по теоретической механике / А.Ю. Панов, Н.Ф. Ершов, Р. Л. Шиберт, Д. А. Смирнов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. Н. Новгород, 2010. 16 с.

Учебно-методическая разработка предназначена студентам всех специальностей для выполнения расчетно-графической работы по кинематике. Способствует развитию творческой инициативы и инженерной интуиции.

Редактор О.В. Пугина

Подп. Формат 60x84 1/8. Бумага газетная. Печать офсетная.
Печ.л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,4. Тираж 700 экз. Заказ .

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева. Типография НГТУ им Р.Е. Алексеева.
603950, Н. Новгород, ул. Минина, 24.

© А.Ю. Панов, Н.Ф. Ершов, Р.Л. Шиберт, Д.А. Смирнов
© Нижегородский государственный
технический университет, 2010

Кинематика точки

Движение точки рассматривается по отношению к неподвижной системе координат. При этом закон движения считается заданным, т.е. в любой момент времени положение точки может быть найдено. Основной задачей кинематики точки является определение траектории движения, скорости и ускорения точки. Если уравнения движения точки заданы, то их можно рассматривать как уравнения траектории в параметрической форме. По уравнениям движения можно также найти скорость и ускорение точки в произвольный момент времени.

Плоское движение твердого тела

Движение твердого тела называется плоским, если все точки тела движутся в плоскостях, параллельных неподвижной плоскости. Основной задачей плоского движения твердого тела является определение кинематических характеристик тела (скорость и ускорение полюса, угловая скорость и угловое ускорение плоской фигуры). При определении скоростей точек тела можно воспользоваться теоремой о сложении скоростей, либо теоремой о проекциях скоростей, либо методом, основанным на понятии о мгновенном центре скоростей. Наиболее предпочтительным является последний метод (если его можно применить для решения конкретной задачи). При определении ускорений точек плоской фигуры удобнее воспользоваться теоремой о сложении ускорений.

Сложное движение точки

Движение точки по отношению к нескольким системам координат называют сложным. В случае двух систем координат одна является основной (неподвижной), а другая – подвижной. Движение точки по отношению к подвижным осям называется относительным, а по отношению к неподвижным – абсолютным (сложным). Движение подвижных осей по отношению к неподвижным называется переносным. Основной задачей сложного движения точки является определение кинематических характеристик абсолютного и составляющих движений. Так абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей, а абсолютное ускорение – геометрической сумме относительного, переносного и кориолисова ускорений.

Таблица. Исходные данные*

Цифра шифра		А,	В,	Е.	И,	Л,	Н,	П,	С,	У,Ф,	Ш,Щ,Ъ,
		Б	Г,	Ж,	К	М	О	Р	Т	Х,Ц,	Ы,Ь,Э,
			Д	З						Ч	Ю,Я
1-я	Схема (рис. 1)	3	4	5	1	2	1	6	2	6	4
2-я	$b, м$	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	1,0	0,8	0,9
3-я	$ AM / AB $	0,6	0,65	0,5	0,55	0,6	0,65	0,4	0,45	0,3	0,35
4-я	$\omega, рад/с$	0,7	0,9	0,6	1,0	0,8	0,7	0,9	0,6	1,0	0,8
5-я	$t_1, с$	1,45	1,4	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0

Уравнения движения точки А (рис. 1)

Для схемы 1 $y(t) = b \sin(\omega t)$.

Для схемы 2 $x(t) = b \sin(\omega t)$.

Для схем 3, 4 $x(t) = b (\omega t - \sin(\omega t))$,
 $y(t) = b (1 - \cos(\omega t))$.

Для схем 5, 6, 7 и 8 $x(t) = b \cos(\omega t)$,
 $y(t) = b \sin(\omega t)$.

Размеры механизма

Для схем 1, 2 $|AB| = b$.

Для схем 3, 4 $|O_1A| = b, |AB| = 5b$.

Для схем 5, 6 $|OA| = b, |AB| = 5b$.

Для схем 7, 8 $|OA| = b, |AB| = 5b, |O_1B| = 2b$.

* Исходные данные определяются по пятизначному шифру.

Варианты 7 и 8 – повышенной сложности.

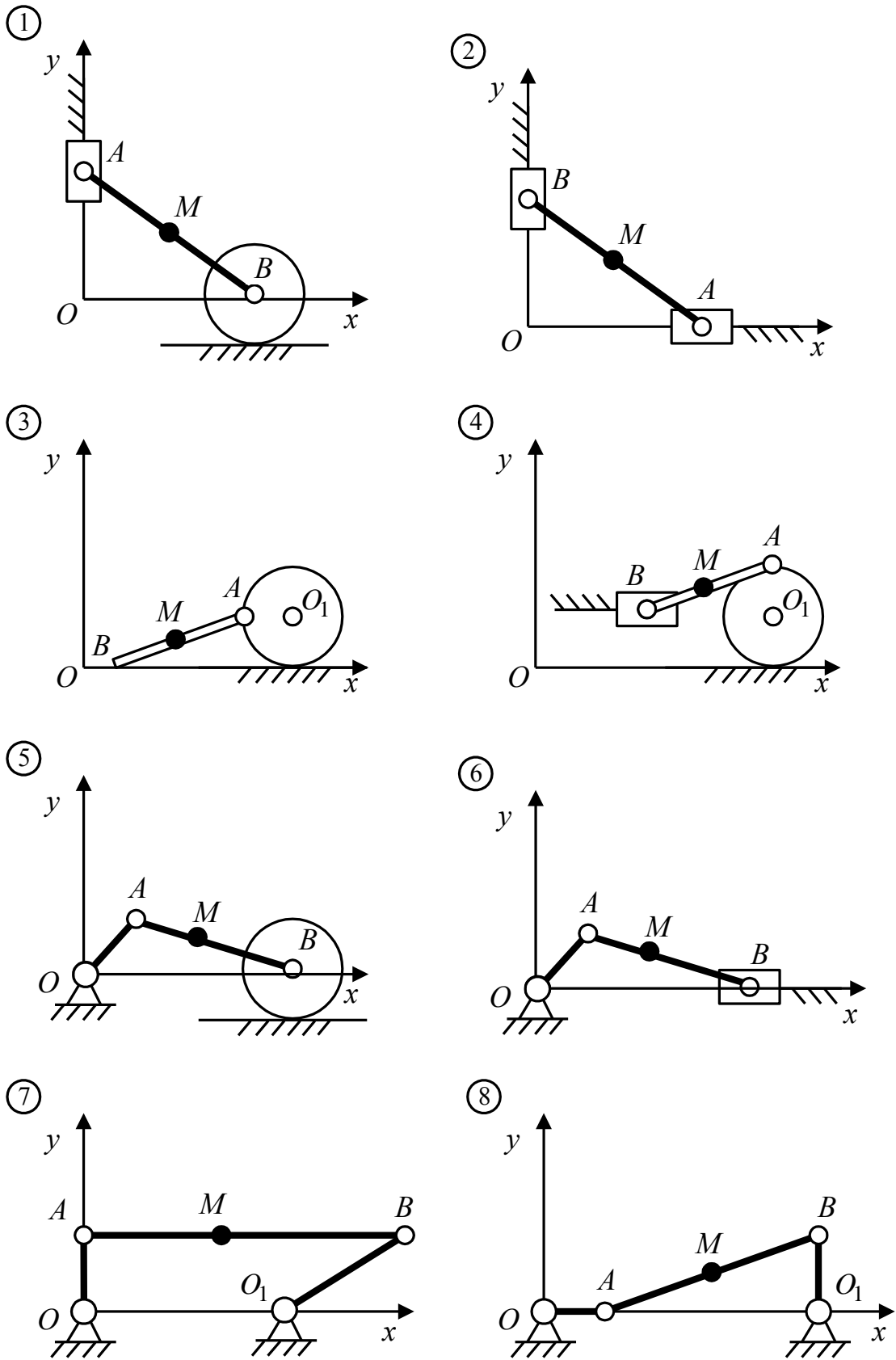


Рис. 1

**Перечень тем и вопросов, знание которых необходимо
при выполнении задания**

Тема. Кинематика точки

Вопросы к заданию № 4

- 1. Способы задания движения точки.*
- 2. Скорость точки при координатном способе задания движения.*
- 3. Ускорение точки при координатном способе задания движения.*
- 4. Скорость точки при естественном способе задания движения.*
- 5. Ускорение точки при естественном способе задания движения.*

Тема. Плоское движение твердого тела

Вопросы к заданию № 5

- 1. Скорость точки тела при плоском движении.*
- 2. Теорема о сложении скоростей.*
- 3. Теорема о проекциях скоростей на ось, проходящую через две точки.*
- 4. Мгновенный центр скоростей.*
- 5. Ускорение точки тела при плоском движении.*

Тема. Сложное движение точки

Вопросы к заданию № 6

- 1. Относительная, переносная и абсолютная скорости.*
- 2. Относительное, переносное и абсолютное ускорения.*
- 3. Направление кориолисова ускорения.*
- 4. Величина кориолисова ускорения.*
- 5. Условия, при которых величина кориолисова ускорения равна нулю.*

Задание № 4. Определить скорость и ускорение точки.

1. Записываем уравнения движения точки.

Указание. В соответствии с заданным вариантом записать декартовы координаты точки A как функции времени (рис. 1).

2. Находим скорость точки.

Указание. Найти проекции скорости точки на оси неподвижной декартовой системы координат. Найти модуль скорости.

3. Находим ускорение точки.

Указание. Найти проекции ускорения точки на оси неподвижной декартовой системы координат. Найти модуль ускорения.

4. Вычисляем кинематические характеристики движения точки.

Указание. Вычислить положение, скорость и ускорение точки для момента времени t_1 .

5. Вычисляем касательное и нормальное ускорения точки.

Указание. Использовать зависимости касательного и нормального ускорений точки от проекций скорости и ускорения на оси декартовой системы координат. Вычислить касательное и нормальное ускорения для момента времени t_1 .

6. Находим траекторию движения точки.

Указание. Записать уравнения траектории в параметрической форме. Провести вычисления для промежутка времени от нуля до t ($t > t_1$).

7. Проводим построения.

Указание. Строим в масштабе траекторию движения точки. Показываем положение точки на траектории в момент времени t_1 . Обязательно указываем точку начала и направление движения ($t = 0$). Строим вектор скорости и ускорения точки, а также составляющие касательного и нормального ускорений (в соответствующих масштабах) для заданного момента времени t_1 .

Задание № 4. Решение

Задание № 4. Решение (продолжение)

Задание № 5. Определить кинематические характеристики плоского механизма.

1. Изображаем плоский механизм.

Указание. В соответствии с заданным вариантом показать в масштабе механизм (рис. 1) для момента времени t_1 .

2. Показываем направления скоростей точек звеньев механизма.

Указание. Показать скорости точек A и B для соответствующего положения механизма.

3. Определяем положение мгновенного центра скоростей.

Указание. Найти положение мгновенного центра скоростей для звена AB , совершающего плоское движение. Если мгновенный центр скоростей звена AB не существует, то воспользоваться другими способами определения скоростей точек механизма.

4. Показываем направления угловых скоростей звеньев механизма.

Указание. Показать направления угловых скоростей звеньев механизма и скорость точки M .

5. Проводим вычисление скоростей.

Указание. Вычислить угловые скорости всех звеньев механизма и скорости точек B и M .

6. Показываем направления ускорений точек плоского механизма.

Указание. За полюс принять точку A и построить многоугольник векторов ускорений для определения ускорения точки B .

7. Проводим вычисление ускорений.

Указание. Вычислить ускорение точки B , угловое ускорение звена AB и ускорение точки M .

Задание № 5. Решение

Задание № 5. Решение (продолжение)

Задание № 6. Определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки.

1. Определяем положение механической системы.

Указание. Положение механической системы (рис. 1) определить для момента времени t_1 , используя уравнения движения точки А. Считать, что точка М совершает относительное движение вдоль прямой АВ, а положение точки М в момент времени t_1 задано (см. табл.).

2. Показываем положение механической системы.

Указание. Показать на рисунке в масштабе положение механической системы в момент времени t_1 .

3. Определяем переносную скорость точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти переносную скорость точки, мысленно закрепив точку М.

4. Определяем относительную скорость точки.

Указание. Для момента времени t_1 выбрать направление относительной скорости точки М. Величину этой скорости принять равной величине переносной скорости.

5. Показываем векторы скоростей.

Указание. Показать на схеме механической системы для момента времени t_1 векторы относительной, переносной и абсолютной скоростей.

6. Определяем абсолютную скорость точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти модуль абсолютной скорости точки М.

7. Определяем переносное ускорение точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти переносное ускорение, мысленно закрепив точку М.

8. Определяем относительное ускорение точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти направление относительного ускорения точки М, учитывая, что движение точки замедленное. Величину этого ускорения принять равной величине переносного ускорения.

9. Определяем кориолисово ускорение точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти кориолисово ускорение точки М.

10. Показываем векторы ускорений.

Указание. Показать на схеме механической системы для момента времени t_1 векторы относительного, переносного, кориолисова и абсолютного ускорений точки М.

11. Определяем абсолютное ускорение точки.

Указание. Для момента времени t_1 найти модуль абсолютного ускорения точки М.

Задание № 6. Решение

*Задание № 6. Решение (продолжение)**

* Допускается оформление контрольных домашних заданий на листах формата А4 в соответствии с требованиями СПб I – У – НГТУ – 2004.

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

К заданию № 4.

Скорость точки $\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j}$, $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$.

Ускорение точки $\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j}$, $a_x = \ddot{x}$, $a_y = \ddot{y}$, $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

Касательное ускорение $a_\tau = \left(a_x a_x + V_y a_y \right) / V$, $\left(\uparrow \uparrow \vec{V} \right)$.

Нормальное ускорение $a_n = |V_x a_y - V_y a_x| / V$.

К заданию № 5.

Теорема о сложении скоростей

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}, \quad \vec{V}_{BA} = \vec{\omega} \times \overline{AB}, \quad V_{BA} = \omega |AB|.$$

Теорема о проекциях скоростей

$$\left(\vec{V}_B \right)_{AB} = \left(\vec{V}_A \right)_{AB}.$$

За полюс принят мгновенный центр скоростей C_V , тогда

$$\vec{V}_B = \vec{V}_{BC_V}, \quad \vec{V}_{BC_V} = \vec{\omega} \times \overline{BC_V}, \quad V_{BC_V} = \omega |BC_V|.$$

Теорема о сложении ускорений

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{oc} + \vec{a}_{BA}^{bp}, \quad \vec{a}_{BA}^{oc} = \vec{\omega} \times \vec{V}_{BA}, \quad a_{BA}^{oc} = \omega^2 |AB|, \quad \vec{a}_{BA}^{bp} = \vec{\varepsilon} \times \overline{AB}, \quad a_{BA}^{bp} = \varepsilon |AB|.$$

К заданию № 6.

Абсолютная скорость точки $\vec{V}_a = \vec{V}_r + \vec{V}_e$.

Абсолютное ускорение точки $\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{cor}$.

Кориолисово ускорение $\vec{a}_{cor} = 2\vec{\omega} \times \vec{V}_r$.