

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольная работа состоит из трех задач: в первой требуется выполнить структурный анализ и синтез плоского рычажного механизма, во второй и третьей - определить кинематические характеристики зубчатой передачи и рычажного механизма.

В приложении к решению задач необходимо дать сводку основных понятий и определений теории механизмов и машин.


ЗАДАЧА 3

Для плоского рычажного механизма, схема и соотношение размеров звеньев которого приведены на рисунке 1, а длина l_{AB} кривошипа, частота его вращения n_1 и фазовый угол φ расчетного положения заданы в таблице 4, требуется:

- дать формулу строения механизма, предварительно разложив на структурные группы Ассура при ведущем звене AB ;
- вычертить совмещенные планы положений механизма для двух позиций
первое положение - кривошип AB и шатун BC расположены на одной прямой;
второе положение - кривошип AB повернут на заданный фазовый угол φ относительно первого положения;
- построить план скоростей механизма во втором положении и найти скорости характерных точек и угловые скорости звеньев.

Таблица 1

Состав структуры механизма и схемы структурных групп

Посл. цифра шифра	0	
Состав структурных групп в м-ме	I - А-В ЛОС	
Обозначение группы		A
Схема группы		

Схемы ступеней и числа зубьев колес

Таблица 2

Посл. цифра шифра	0	
Обозначение ряда ступеней	A-B	
Обозначение		A
Схема ступени		
Числа зубьев колес	Z_1	- 18
	Z_2	42
	Z_3	

В таблице написано (если непонятно)

-18

42

Таблица 3

Частота вращения ведущего колеса

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_1 , об/мин	300	500	750	1000	1400	1800	2000	2400	2800	3000

Таблица 4

Параметры рычажного механизма

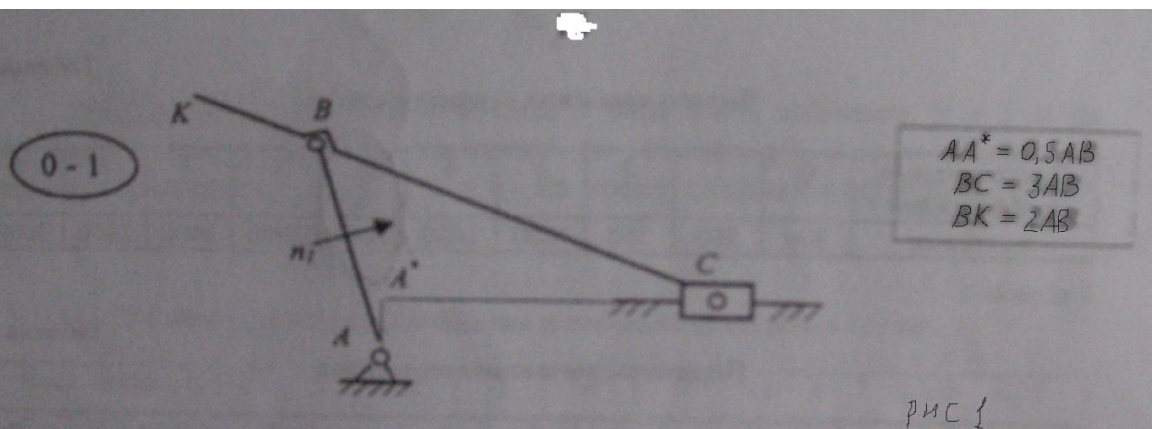
Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_1 , об/мин	300	400	500	100	140	180	200	250	280	360
l_{AB} , мм	50	60	70	80	90	80	70	80	60	50
φ , град	30	60	90	120	150	30	60	90	120	150

Примечание к таблице 1

Студенты с последними цифрами шифра 0-4 выполняют последовательное присоединение структурных групп Ассура II класса к группе I класса (стойка 0 - кривошип 1),

Примечание к рисунку 1

Студенты с последними цифрами шифра 0, 2, 4, 6, 8 выполняют кинематический анализ рычажного механизма при направлении вращения кривошипа по часовой стрелке (как указано на схемах),

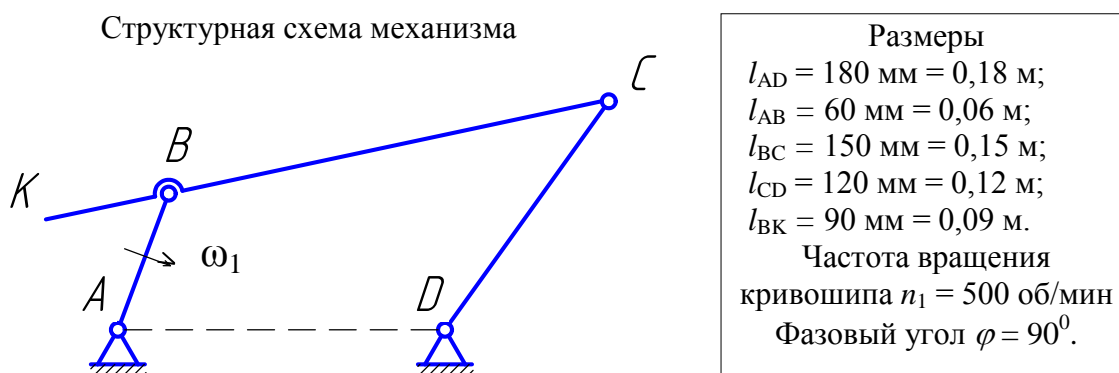


Шаблон решения задачи

Задача 3

Для плоского рычажного механизма задана структурная схема, размеры звеньев, частота вращения n_1 кривошипа и фазовый угол φ расчетного положения. Требуется дать формулу строения механизма, вычертить совмещенные планы положений механизма для двух положений, одно из которых крайнее, построить план скоростей механизма во втором положении, заданном фазовым углом φ поворота кривошипа по отношению к начальному и найти скорости характерных точек и угловые скорости звеньев.

Все графические построения выполняются в системе КОМПАС-3D.



РЕШЕНИЕ

1. Формула строения механизма.

Рычажный четырехзвенный механизм состоит из двух структурных групп: группы I класса (стойка 0 - кривошип 1) и группы Ассур II класса (шатун 2 - коромысло 3), в соответствии с чем его формула строения имеет вид

$$I(0 - 1) \rightarrow II(2 - 3).$$

2. Построение совмещенных планов положений механизма.

Все графические построения к решению задачи выполняются на листе формата А4 (см. рисунок 6), в связи с чем масштаб планов положений принят равным $\mu = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/мм}$ (уменьшение в 3 раза).

Построение методом засечек начинается с размещения на чертеже неподвижных кинематических пар - в нашем случае шарниров A и D на горизонтальной оси, проходящей через точку A . Вначале выбирается положение точки A , а затем вправо от нее на расстоянии AD (60 мм в масштабе) по горизонтали указывается точка D . Затем радиусом $r_1 = AB$, равным длине кривошипа (20 мм в масштабе построения) проводится окружность с центром в точке A - *траектория абсолютного движения точки B* .

Строится крайнее правое (первое) положение механизма, когда кривошип AB и шатун BC лежат на одной прямой. Положение точки C_1 находится засечкой дугой радиусом $r_2 = AB + BC$ (70 мм в масштабе) на *траектории абсолютного движения точки C* - дуге, проведенной из центра в точке D радиусом $r_3 = CD$ (40 мм в масштабе), После этого точка C_1 соединяется прямыми линиями с точками A и D . На пересечении линии AC_1 с окружностью радиуса $r_1 = AB$, находится точка B_1 , а на

продолжении линии C_1B_1 влево от точки B_1 , на расстоянии BK (30 мм в масштабе), находится точка K_1 .

Построение второго положения механизма начинается с вычерчивания кривошипа, повернутого относительно начального на фазовый угол $\varphi = 90^\circ$. Отложив из точки A центральный угол 90° , на окружности радиуса $r_1 = AB$ находим положение точки B_2 и соединяем ее с точкой A . Из точки B_2 дугой радиуса $r_4 = BC$ (50 мм в масштабе) выполняются засечка на дуге радиуса $r_3 = CD$ и таким образом находится точка C_2 , которая соединяется прямыми с соответствующими точками D и B_2 , а на продолжении прямой C_2B_2 находится точка K_2 . На рисунке 6 второе положение механизма выделено жирными линиями.

3. Определение кинематических характеристик механизма во втором положении методом планов скоростей.

Вычерчивание плана скоростей для второго положения выполняется на том же листе, где построены совмещенные планы положений. Поскольку метод планов скоростей графоаналитический, одна часть характеристик рассчитывается, а другая находится путем графических построений.

В соответствии с пунктом 3 указанной выше последовательности, выполняется кинематический анализ отдельных структурных групп формулы строения механизма, начиная с первой.

Группа I(0 - 1)

Абсолютная скорость кинематической пары B , общей для звеньев 1 - кривошипа и 2 - шатуна, т.е. соединяющей две структурные группы, определяется по формуле Эйлера

$$v_B = \omega_I l_{AB},$$

где $\omega_I = 0,1n_I$ - угловая скорость кривошипа, рад/с.

$$\omega_I = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ с}^{-1},$$

$$v_B = 50 \cdot 0,06 = 3,0 \text{ м/с}.$$

Группа II(2 - 3)

По правилу двух точек на звене 2 записывается векторное уравнение, связывающее абсолютные скорости точек B и C

$$\vec{v}_C = \vec{v}_B + \vec{v}_{CB}$$

В этом уравнении известны величина и направление абсолютной скорости v_B точки B (вектор из точки B перпендикулярно AB в сторону вращения кривошипа) и направления абсолютной v_C и относительной v_{CB} скоростей точки C (векторы из точки C соответственно перпендикулярно CD и CB). Направления этих векторов показаны на втором плане положения механизма (для скоростей v_C и предположительно v_{CB}).

Построение плана скоростей, который является графическим решением приведенного выше векторного уравнения, начинается с выбора масштаба μ_v плана скоростей и положения на чертеже его полюса p_2 .

Масштаб с учетом принятого размера листа принимается таким, чтобы изображение p_2b вектора скорости на чертеже было длиной от 40 до 80 мм. Тогда, приняв длину равной $p_2b = 75$ мм, найдем масштаб

$$\mu_v = v_B / p_2b = 3/75 = 0,04 \text{ мс}^{-1}/\text{мм}.$$

Построение плана скоростей показано на рисунке 6. На луче, проведенном через полюс p_2 перпендикулярно AB_2 , откладывается в сторону вращения кривошипа отрезок $p_2b = v_B / \mu_v = 75$ мм - таким образом строится вектор абсолютной скорости точки B_2 , направленный из полюса в точку b плана. В соответствии с первым свойством планов в полюсе лежат точки a и d (поскольку кинематические пары A и D неподвижны).

Все точки на планах скоростей и ускорений изображаются строчными латинскими буквами a, b, c, d и т.д.

В соответствии со вторым и третьим свойствами планов скоростей через полюс p_2 проводится луч, перпендикулярный звену C_2D и соответствующий направлению абсолютной скорости v_C , а через точку b плана скоростей - луч, перпендикулярный звену B_2C_2 и соответствующий направлению относительной скорости v_{CB} . На пересечении этих лучей находится точка c - обозначим на плане скоростей направления соответствующих скоростей стрелками, направленными в эту точку.

Положение точки k на плане скоростей найдется по свойству подобия на продолжении прямой cb влево от точки b . Рассчитав для звена CBK величину коэффициента подобия $\gamma = l_{BK} / l_{BC} = 90/150 = 0,6$, определим длину отрезка bk на плане скоростей

$$bk = \gamma bc = 0,6 \cdot 12,08 = 7,3 \text{ мм},$$

где $bc = 12,08$ - длина вектора скорости v_{CB} на плане, мм.

Вектор, проведенный из полюса в точку k , является вектором абсолютной скорости v_K точки K .

Величины линейных скоростей характерных точек находятся по результатам построения плана скоростей с учетом его масштаба μ_v . Измерив на плане скоростей соответствующие аналоги в мм и умножив их на масштаб μ_v , найдем скорости всех точек

$$v_C = p_2c \cdot \mu_v = 70 \cdot 0,04 = 2,8 \text{ м/с}; \quad v_{CB} = bc \cdot \mu_v = 0,5 \text{ м/с} \dots\dots$$

Результаты этих расчетов приведены в таблице А

Таблица А

Скорости характерных точек механизма

Обозначение	V_B	V_C	V_{CB}	V_K	V_{KB}
Величина, м/с	3	2,8	0,5	3,2	0,3

Угловые скорости звеньев находятся делением соответствующей линейной скорости на расстояние до оси вращения, т.е. на длину звена в м

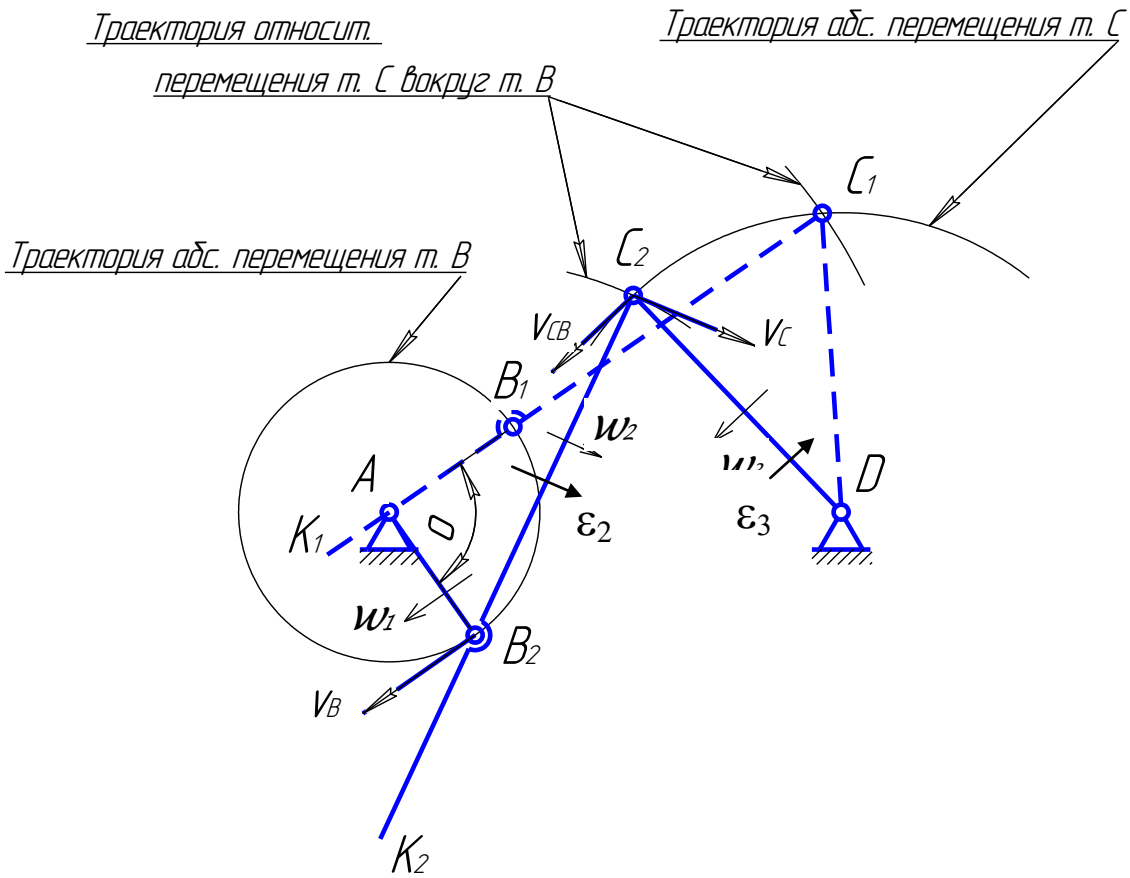
$$\omega_2 = v_{CB}/l_{CB} = 0,5/0,15 = 3,3 \text{ рад/с};$$

$$\omega_3 = v_C/l_{CD} = 2,8/0,12 = 23,3 \text{ рад/с};$$

и их направления указываются стрелками (поперек звеньев) на плане положения механизма - эти направления совпадают с направлениями соответствующих векторов аналогов скоростей на плане скоростей.

В случае несовпадения принятых предварительно направлений линейных скоростей, указанных на плане второго положения, с полученными при построении плана скоростей направлениями векторов скоростей, в чертеж вносятся соответствующие коррективы.

Совмещённые планы положений $\mu_l = 3 \text{ мм/мм}$



План скоростей

$$\mu_v = 0,04 \text{ (м/с)/мм}$$

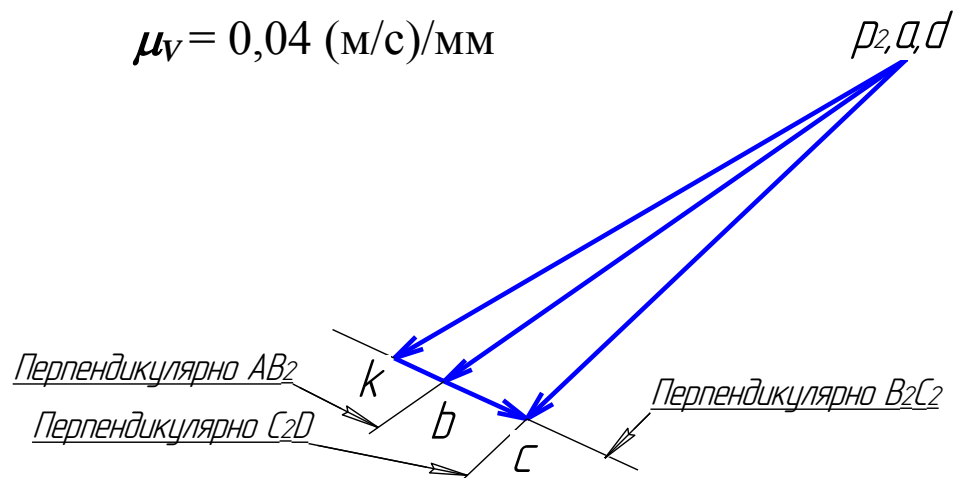


Рисунок. Планы положений и план скоростей механизма во 2-м положении

