Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретическая механика», 2 семестр

1. **Методика оценки**

Контрольная работа проводится по темам первой части программы, включает несколько заданий. Выполняется письменно.

2. **Критерии оценки**

Работа считается **не выполненной,** если задачи не решены, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС.
Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если решены не все задачи, оценка составляет менее 0,5 максимального балла.
Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если решены все задачи, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования, оценка составляет менее 0,75 максимального балла.
Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет менее 0,75 максимального балла

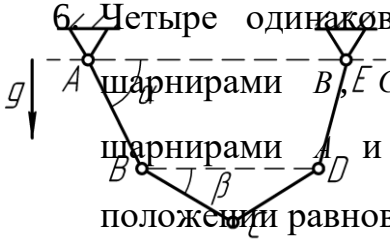
3. **Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Пример варианта контрольной работы**

5. Пример решения задач по статике

6. Четыре одинаковых весомых стержня соединены друг с другом шарнирами A, B, C, D и удерживаются в вертикальном плоскости шарнирами A и E. Найти зависимость между углами α и β в положении равновесия.



7.

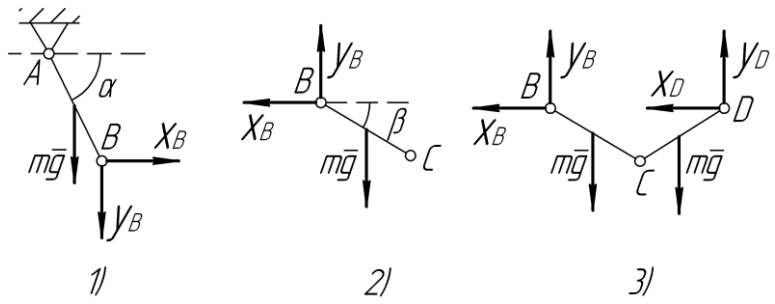
8. **Решение:**

9.

10.

11.

12.



1) 2) 3)

13.

14.Из (3) $\Rightarrow$ $y_B = y_D = mg$; из (1) $\Rightarrow$

$\sum M_A : -1{,}5 \cdot m \cdot g \cdot l \cdot \cos\alpha + x_B \cdot l \cdot \sin\alpha = 0;$

15.Из (2) $\Rightarrow$ $\sum M_C : x_B \cdot l \cdot \sin\alpha - 0{,}5 \cdot m \cdot g \cdot l \cdot \cos\beta = 0$; Из последних двух равенств получаем ответ $3 \cdot tg\beta = tg\alpha$

Пример решения задачи по кинематике

На рисунке показана схема планетарного механизма, состоящего из неподвижного колеса радиуса R, кривошипа (водила) OA, вращающегося вокруг оси колеса 1, и подвижного колеса 2, шарнирно соединенного с кривошипом OA. При вращении кривошип OA заставляет колесо 2 катиться без скольжения по колесу 1. Определить скорость и ускорение точки *M*.

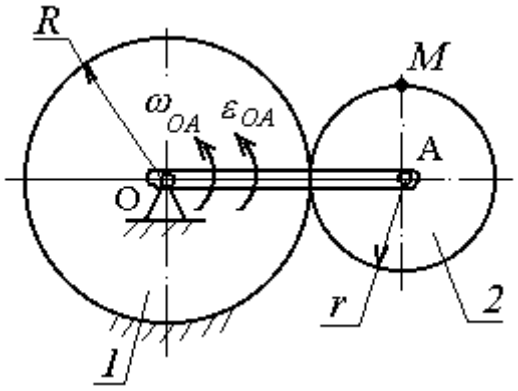
Дано:

$\omega_{OA} = 10 \ \ рад/с,$

$\varepsilon_{OA} = 2 \ \ рад/с^2,$

$R = 0{,}2 \ м,$

$r = 0{,}1 \ м.$



Решение

Точка *M* принадлежит колесу 2. Для определения скорости и ускорения этой точки необходимо найти скорость и ускорение какой-нибудь другой точки, которая в последствии будет принята за полюс колеса 2. В качестве полюса следует принимать такую точку, скорость и ускорение которой либо известно, либо не трудно найти. В донном случае такой точкой является шарнир *A*. Точка А принадлежит одновременно двум звеньям механизма: колесу 2 и кривошипу *OA*.

Определим скорость и ускорение шарнирной точки A. Известны угловая скорость ε_{OA} и ω_{OA}, поэтому скорость $\overline{V}_A$ и ускорение $\overline{a}_A$ определяются

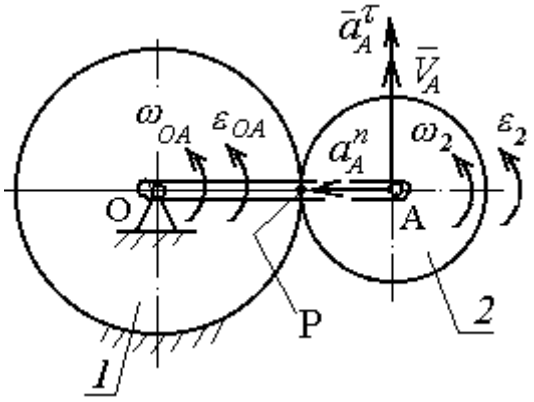
по формулам (12)-(14): $V_A = \omega_{OA} \cdot l_{OA} = 10 \cdot 0{,}3 = 3\ м/с,$

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot l_{OA} = 10^2 \cdot 0{,}3 = 30\ м/с^2,$$

$$a_A^\tau = \varepsilon_{OA}^2 \cdot l_{OA} = 2 \cdot 0{,}3 = 0{,}6\ м/с^2,$$

где $l_{OA} = R + r = 0{,}2 + 0{,}1 = 0{,}3\ м.$

Вектор скорости точки A направлен перпендикулярно прямой AO в сторону вращения кривошипа OA, то есть вверх (рисунок 14). Так как направление ε_{OA} совпадает с направлением ω_{OA}, то тангенциальная составляющая ускорения a_A^τ совпадает с направлением скорости точки A, а нормальное ускорение направлено от точки *A* к оси вращения.



Определим угловую скорость ω_2 колеса 2. Рассуждения при выборе метода решения выполняются в следующей последовательности: закон движения колеса 2 неизвестен, колесо 2 совершает плоское движение и известно положение мгновенного центра скоростей (точка *P* на рис. 14), который находится в точке контакта колес 1 и 2, так как колесо 2 катится без скольжения по неподвижному колесу 1.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{l_{AP}} = \frac{V_A}{r} = \frac{3}{0{,}1} = 30\ рад/с.$$

Определим угловое ускорение ε_2 колеса 2.

Зависимости $\varphi_2(t)$ и $\omega_2(t)$ неизвестны, однако расстояние от точки *A* до мгновенного центра скоростей (точки *P*) постоянно и равно r, следовательно, можно найти производную по времени от угловой скорости ω_2 (тангенциальная составляющая ускорения точки *A* – a_A^τ найдена ранее).

$$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{V_A}{r}\right) = \frac{1}{r}\cdot\frac{dV_A}{dt} = \frac{a_A^\tau}{r} = \frac{0{,}6}{0{,}1} = 6\ рад/с^2.$$

Определение скорости и ускорение точки M колеса 2.

Рассуждения при выборе метода решения производятся в следующей последовательности: точка принадлежит телу, входящему в состав механизма, однако угловая скорость ω_2 этого тела и его ускорение ε_2 известны (определены ранее), тело совершает плоское движение, причем известны скорость и ускорение точки A (также определена ранее).

Приняв точку A за полюс, согласно (16) и (17) получим

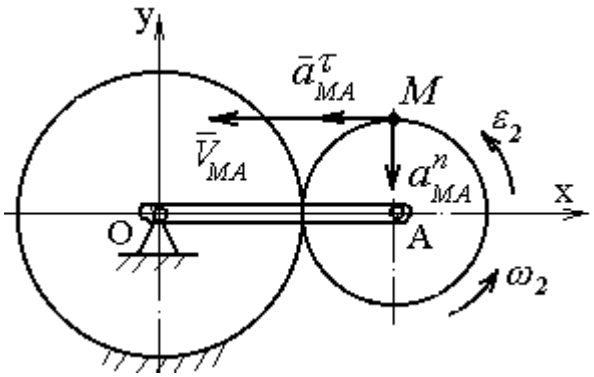
$$\overline{V}_M = \overline{V}_A + \overline{V}_{MA} \qquad (26)$$

где $$V_{MA} = \omega_2 \cdot l_{MA} = 30\cdot 0{,}1 = 3\,м/с.$$

Спроектировав (26) на оси Ox и Oy (рисунок 15), получим

$$V_{MX} = V_{MA} = 3\,м/с;\ \ V_{MY} = V_A = 3\,м/с;$$

$$V_M = \sqrt{V_{MX}^2 + V_{MY}^2} = \sqrt{3^2+3^2} = 4{,}24\,м/с.$$



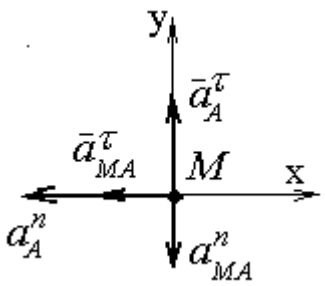
Согласно формул (18) – (29), получим

$$\overline{a}_M = \overline{a}_A + \overline{a}^{\,\tau}_A + \overline{a}^{\,n}_{MA} + \overline{a}^{\,\tau}_{MA}, \qquad (27)$$

где $$a^n_{MA} = \omega_2^2 \cdot l_{MA} = 30^2\cdot 0{,}1 = 90\,м/с^2,$$

$$a^\tau_{MA} = \varepsilon_2 \cdot l_{MA} = 6\cdot 0{,}1 = 0{,}6\,м/с^2.$$

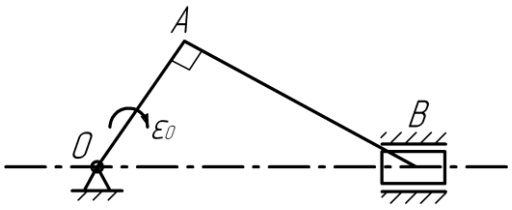
Спроектировав (27) на оси координат, получим:



$$a_{MX} = -a_A^n - a_{MA}^\tau = -30 - 0{,}6 = -30{,}6\ м/с^2;$$

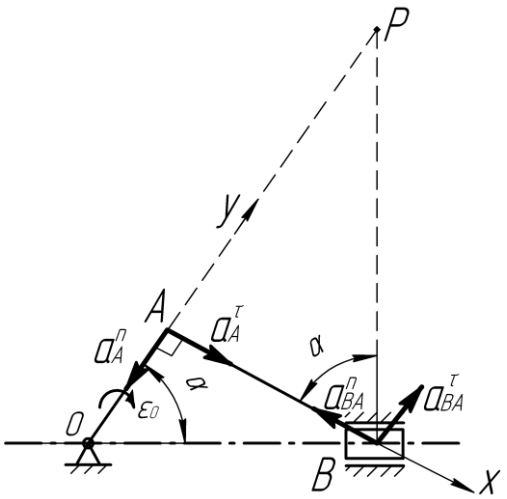
$$a_{MY} = a_A^\tau - a_{MA}^n = 0{,}6 - 90 = -89{,}4\ м/с^2;$$

$$a_M = \sqrt{a_{MX}^2 + a_{MY}^2} = \sqrt{(-30{,}6)^2 + (-89{,}4)^2} = 94{,}5\ м/с^2.$$



В кривошипно-шатунном механизме $OA = r$, $AB = l$. Кривошип имеет угловое ускорение ε_0. Найти ускорение точки A и угловое ускорение шатуна AB в момент, когда кривошип перпендикулярен шатуну и ускорение ползуна равно нулю.

Решение:



$$\bar{a}_B = \overline{a_A^\tau} + \overline{a_A^n} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}$$

$$(x):\ 0 = a_A^\tau - a_{BA}^n$$

$$a_A^\tau = \varepsilon_o \cdot r;\ \varepsilon_o \cdot r = \omega_{AB}^2 \cdot l$$

$$\omega_{AB}^2 = \varepsilon_o \cdot \frac{r}{l}$$

$$V_A = \omega_{OA} \cdot r = \omega_{AB} \cdot AP$$

$$AP = l \cdot tg\alpha,\ tg\alpha = \frac{l}{r},\ AP = \frac{l^2}{r}$$

$$\omega_{OA} = \omega_{AB} \cdot \frac{l^2}{r^2}$$

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot r = \varepsilon_o \cdot \frac{r}{l} \cdot \frac{l^4}{r^4} \cdot r = \varepsilon_o \cdot \frac{l^3}{r^2}$$

$$a_A = \sqrt{a_A^n + a_A^\tau} = \sqrt{\varepsilon_o^2 \cdot \frac{l^6}{r^4} + \varepsilon_o^2 \cdot r^2} = \frac{\varepsilon_o}{r^2} \cdot \sqrt{l^6 + r^6}$$

$$(y):\ 0 = a_{BA}^\tau - a_A^n;\ a_{BA}^\tau = a_A^n;\ \varepsilon_{AB} \cdot l = \varepsilon_o \cdot \frac{l^3}{r^2};\ \varepsilon_{AB} = \varepsilon_o \cdot \frac{l^2}{r^2}$$