

СИНТЕЗ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

Ю.А. Гурвич

Автор в учебном процессе уже ряд лет реализует методику постановки и решения различных по сложности задач синтеза кинематики: «Сформировать схему сложного движения точки с заранее заданными свойствами».

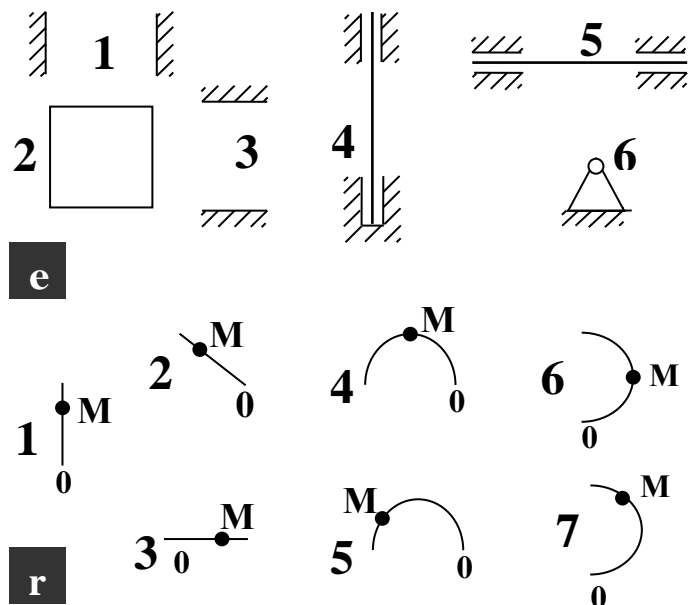
В качестве критерия в задачах синтеза используется одно из значений абсолютного ускорения точки $\vec{a}_i (i = \overline{1,24})$, причем $a_1 = 0$, а \vec{a}_{24} содержит все пять слагаемых $(\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau, \vec{a}_e^n, \vec{a}_k)$.

Примеры задач синтеза. Дано: критерий - одно из 24-х значений \vec{a}_i . Требуется определить: $r, e, S_r = B_1 t^n, S_e = B_2 t^m$ или $\varphi_e = B_3 t^m, n, m, \alpha, \beta, \gamma, \psi, \xi, \theta$ и сформировать схему сложного движения точки. Здесь r - относительное движение точки (прямолинейное или криволинейное); e - переносное движение (поступательное прямолинейное, поступательное криволинейное или вращательное); S_r, S_e или φ_e - законы относительного, переносного (поступательного или вращательного) движений; n, m - целые числа; $B_j (j = \overline{1,3})$ - постоянные положительные коэффициенты; $\alpha = \angle(\vec{\omega}_e, \vec{V}_r)$; $\beta = \angle(\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^\tau)$; $\gamma = \angle(\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau)$; $\psi = \angle(\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^n)$; $\xi = \angle(\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^n)$; $\theta = \angle(\vec{a}_k, \vec{a}_e^n)$; угол α может принимать одно из трех значений - " $= k\pi$ ", " $\neq k\pi$ ", "не существует", $k = 0, 1$; каждый из углов $\beta, \gamma, \psi, \xi, \theta$ может принимать одно из трех значений - " $= \pi/2$ ", " $\neq \pi/2$ ", "не существует".

1. Укажите номера представленных в таблице характеристик относительного (r) и переносного (e) движений и сформируйте из отдельных элементов схемы сложного движения точки M в соответствии с критериями - числом и видом слагаемых ее абсолютного ускорения \vec{a} . Покажите на схемах векторы слагаемых абсолютного ускорения точки и векторы $\vec{\omega}_e, \vec{V}_e, \vec{V}_r$.

r	прямолинейное	1
r	криволинейное	2
r	$S_r = B_1 t^n$	3
n	$n = 1$	4
n	$n = 2$	5
e	поступ. прямолин.	6
e	вращательное	7
e	$S_e = B_2 t^m$	8
e	$\varphi_e = B_3 t^m$	9
m	$m = 1$	10
m	$m = 2$	11
α	$= k\pi, k = 0, 1$	12
α	$\neq k\pi, k = 0, 1$	13
α	не существует	14

$$\vec{a} = \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_r^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_e^n + \vec{a}_k$$

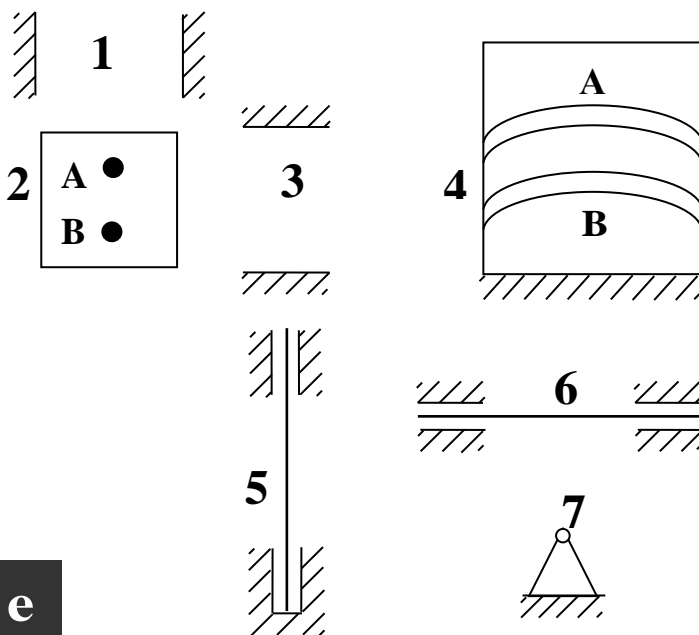


2. Укажите номера представленных в таблице характеристик относительного (r) и переносного (e) движений и сформируйте из отдельных элементов схемы сложного движения точки M в соответствии с критериями - числом и видом слагаемых ее абсолютного ускорения \vec{a} . Покажите на схемах векторы слагаемых абсолютного ускорения точки и векторы $\vec{\omega}_e, \vec{V}_e, \vec{V}_r$.

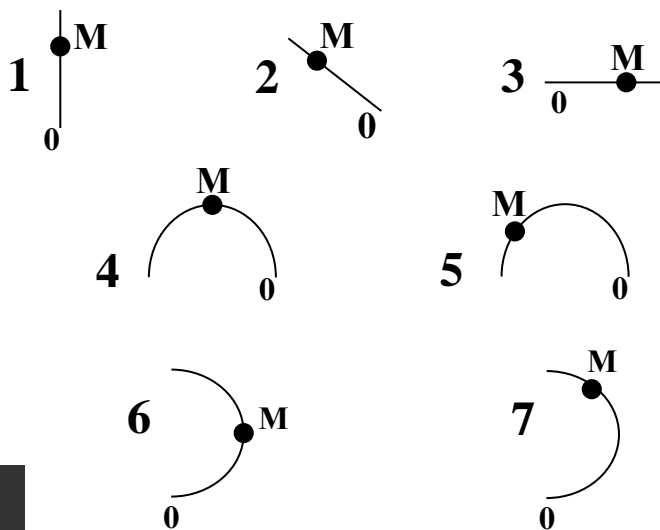
r	прямолинейное	1
r	криволинейное	2
r	$S_r = B_1 t^n$	3
n	$n=1$	4
n	$n=2$	5
e	поступ. прямолин.	6
e	поступ. криволин.	7
e	вращательное	8
e	$S_e = B_2 t^m$	9
e	$\varphi_e = B_3 t^m$	10
m	$m=1$	11
m	$m=2$	12
α	$=k\pi, k=0,1$	13
α	$\neq k\pi, k=0,1$	14
α	не существует	15
β	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^\tau) = \pi/2$	16
β	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^\tau) \neq \pi/2$	17
β	не существует	18
γ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau) = \pi/2$	19
γ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau) \neq \pi/2$	20
γ	не существует	21

$$\vec{a} = 0$$

$$\vec{a} = \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_r^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_e^n$$



e



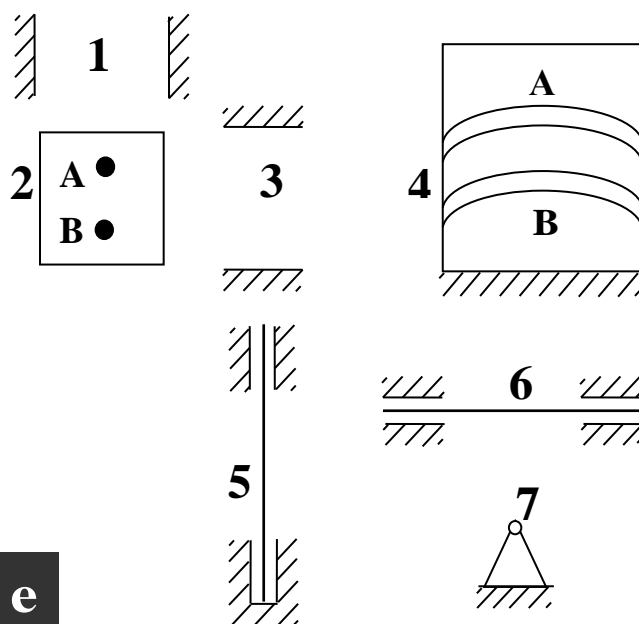
r

r	прямолинейное	1
r	криволинейное	2
r	$S_r = B_1 t^n$	3
n	$n=1$	4
n	$n=2$	5
e	поступ. прямолин.	6
e	поступ. криволин.	7
e	вращательное	8
e	$S_e = B_2 t^m$	9
e	$\varphi_e = B_3 t^m$	10
m	$m=1$	11
m	$m=2$	12
α	$=k\pi, k=0,1$	13
α	$\neq k\pi, k=0,1$	14
α	не существует	15
β	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^\tau) = \pi/2$	16
β	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^\tau) \neq \pi/2$	17
β	не существует	18
γ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau) = \pi/2$	19
γ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^\tau) \neq \pi/2$	20
γ	не существует	21
Ψ	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^n) = \pi/2$	22
Ψ	$\angle (\vec{a}_r^\tau, \vec{a}_e^n) \neq \pi/2$	23
Ψ	не существует	24
ξ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^n) = \pi/2$	25
ξ	$\angle (\vec{a}_r^n, \vec{a}_e^n) \neq \pi/2$	26
ξ	не существует	27
θ	$\angle (\vec{a}_k, \vec{a}_e^n) = \pi/2$	28
θ	$\angle (\vec{a}_k, \vec{a}_e^n) \neq \pi/2$	29
θ	не существует	30

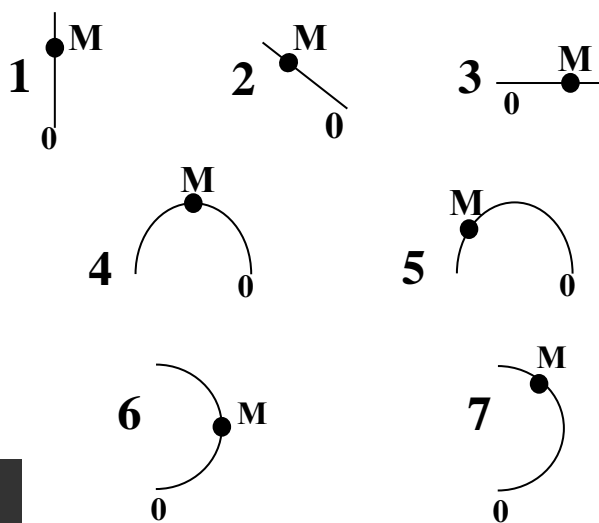
3. Укажите номера представленных в таблице характеристик относительного (r) и переносного (e) движений и сформируйте из отдельных элементов схемы сложного движения точки M в соответствии с критериями – числом и видом слагаемых ее абсолютного ускорения \vec{a} . Покажите на схемах векторы слагаемых абсолютного ускорения точки и векторы $\vec{\omega}_e, \vec{V}_e, \vec{V}_r$.

$$\vec{a} = 0$$

$$\vec{a} = \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_r^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_e^n$$



e



r

Задачам синтеза присуща многозначность решений. Например, критерию $\bar{a} = \bar{a}_e^n$, будут соответствовать две схемы: с переносным поступательным криволинейным движением и с переносным вращательным движением, что дает дополнительные возможности конструктору для принятия окончательного решения.

В динамике автор реализует методику постановки и решения задач синтеза динамики относительного движения точки: «Сформировать схему движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета с заранее заданными свойствами за счет изменения эйлеровых сил инерции».

В качестве критериев в задачах синтеза могут использоваться: одно из восьми значений абсолютного ускорения $\bar{a}_j(\bar{a}_e^\tau, \bar{a}_e^n, \bar{a}_k)$, $j = \overline{1,8}$, причем $\bar{a}_1 = 0$, $\bar{a}_2 = \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_k = 0$, $\bar{a}_3 = \bar{a}_e^n + \bar{a}_k = 0, \dots$, $\bar{a}_8 = \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_e^n + \bar{a}_k$; N_{\min} или N_{\max} - минимальное или максимальное давление, например, шарика на стенки канала (см. Д-4 из сборника заданий для курсовых работ по теоретической механике под редакцией А.А.Яблонского, где автор изменяет условия задач с целью научить студентов реализовывать идеи синтеза на практике).

Пример задачи синтеза. Дано: критерий - одно из 8-ми значений \bar{a}_j или критерии - одно из 8-ми значений \bar{a}_j и N_{\min} или N_{\max} . Требуется определить: $e, S_e = B_2 t^m$ или $\varphi_e = B_3 t^m, m, \alpha, \theta$ и сформировать схему движения материальной точки в неинерциальной системе отсчета.

Решая одну из задач синтеза, студент практически осуществляет постановку всех задач анализа соответствующих заданному критерию. Уже одно это обстоятельство резко повышает уровень знаний студента.

Применение в учебном процессе новой методики многокритериального синтеза способствует формированию современного мышления студента, повышает эффективность обучения. Приобретенные навыки помогут будущему специалисту успешно решать задачи проектирования механизмов с заранее заданными свойствами, принимать наилучшее из всех возможных решений.