

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра прикладной механики

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания к практической работе по механике
для студентов направлений подготовки 280700.62, 140100.62,
специальности 130101.65 и по прикладной механике
для студентов специальности 130400.65

Составители С. В. Герасименко
М. П. Латышенко
В. Ю. Садовец

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 10 от 30.05.2013

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 130101.65
Протокол № 9 от 03.06.2013

Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2013

ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Целью работы является освоение методики кинематического анализа механизмов методом планов скоростей и ускорений.

Для механизма с одной степенью свободы заданы положение, скорость и ускорение одного из звеньев, примыкающих к стойке. Требуется определить скорости и ускорения всех обозначенных точек, а также скорости и ускорения всех звеньев.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

При кинематическом анализе методом планов скоростей и ускорений их (скорости и ускорения) изображают отрезками прямых. Длину отрезков, условно изображающих кинематические величины измеряют в миллиметрах. Схему механизма, план скоростей и ускорений строят с использованием масштабного коэффициента μ .

Масштабным коэффициентом называют отношение действительной величины \dot{E} к длине изображаемого отрезка $\langle I \rangle$

$$\mu = \frac{\dot{E}}{\langle \dot{E} \rangle} \quad (1)$$

Пример 1. Дана кинематическая схема кривошипно-ползунного механизма (рис. 1, а), также известны угловая скорость ω_1 и угловое ускорение ε_1 звена 1. Для изображенного положения требуется определить скорость и ускорение точек B , C , S_1 и S_2 .

План скоростей. Для упрощения задачи принимают: $\omega_1 = \text{const}$, тогда $\varepsilon_1 = 0$. Скорость точки B определяют непосредственно по исходным данным:

$$v_B = \omega_1 \cdot l_{AB} \quad (2)$$

Для определения скорости точки C связывают с точкой B систему координат Bx , движущуюся поступательно, например, так, что ось x остаётся горизонтальной. Систему Bx принимают за носитель звена 2. При этом движение звена 2 состоит из поступательного вместе с системой и вращательного – вокруг B – относительно системы.

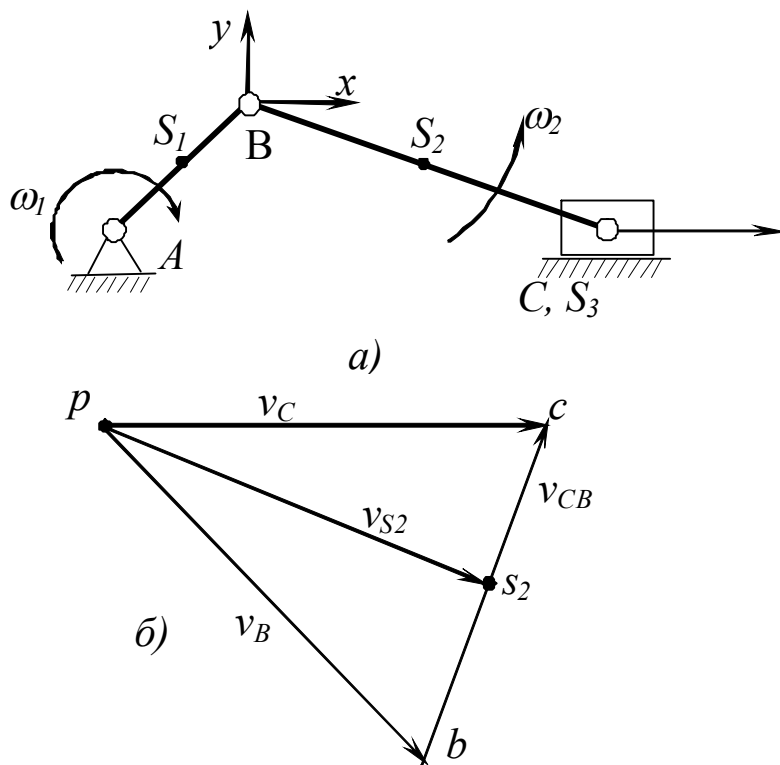


Рис. 1

При составном движении абсолютная скорость любой точки переносимого звена, в данном случае точки C звена 2, равна геометрической сумме скорости точки C , неизменно связанной с системой Bxy , и скорости точки C звена 2 относительно системы. Отсюда следует уравнение:

$$\bar{v}_{C_2} = \bar{v}_{C_{Bxy}} + \bar{v}_{C_2 Bxy}. \quad (3)$$

Скорость точки C звена 2 равна скорости шарнира C , поэтому \bar{v}_{C_2} заменяют на искомое \bar{v}_C . По свойству поступательного движения скорость точки C , неизменно связанной с системой Bxy , равна скорости шарнира B , поэтому неизвестную $\bar{v}_{C_{Bxy}}$ заменяют на известную \bar{v}_B . Громоздкое обозначение $\bar{v}_{C_2 Bxy}$ заменяют на более простое – \bar{v}_{CB} . После всех замен уравнение (3) принимает вид:

$$\bar{v}_C = \bar{v}_B + \bar{v}_{CB}. \quad (4)$$

$$\|DE \perp AB \perp BC$$

На рис. 1, б показан план скоростей, построенный по векторному уравнению 3, на котором скорость точки S_2 определена

по теореме подобия. Угловая скорость звена 2 определяется по формуле $\omega_2 = \frac{v_{CB}}{l_{BC}}$.

Направление скорости ω_2 определяют переносом вектора \vec{v}_{CB} по принадлежности в точку C . Вектор «вращает» звено 2 вокруг B против часовой стрелки, туда же направлена скорость ω_2 .

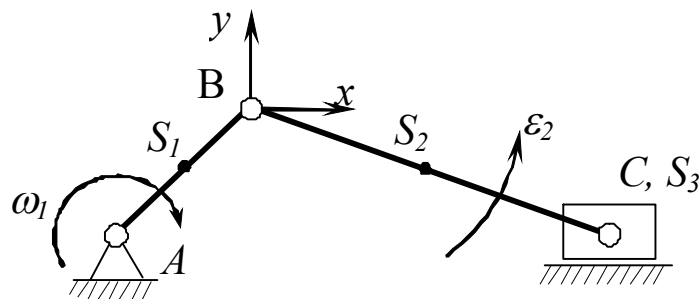
План ускорений. Ввиду криволинейности траектории точки B её ускорение имеет нормальную и тангенциальную составляющую:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_B^n + \vec{a}_B^\tau \quad (5)$$

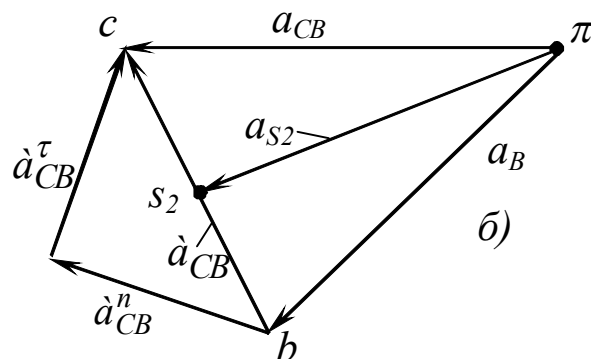
$$\|AB \perp a_B$$

Нормальное ускорение точки B будет определяться $a_B^n = \omega_1^2 \cdot l_{AB}$. Так как звено 1 совершает равномерное вращательное движение, следовательно $\varepsilon_1 = 0$. Тангенциальное ускорение точки B равно $a_B^\tau = \varepsilon_1 \cdot l_{AB} = 0$.

Таким образом, выражение (5) примет вид $\vec{a}_B = \vec{a}_B^n$ (рис. 2, а).



а)



б)

Рис. 2

Ускорение точки C определяют из того же разложения движения звена 2, что и при определении скорости. В связи с этим получаем:

$$\begin{aligned} \bar{a}_C &= \bar{a}_B + \bar{a}_{CB}^n + \bar{a}_{CB}^\tau \\ &\parallel AX \parallel AB \parallel BC \perp BC \end{aligned} \quad (6)$$

где \dot{a}_{CB}^τ - тангенциальное ускорение точки C во вращательном движении звена BC вокруг точки B ; нормальная составляющая этого ускорения $\dot{a}_{CB}^n = \frac{v_{CB}^2}{l_{BC}}$.

На рис. 2, б представлен план ускорений, выполненный по векторному уравнению 5, на котором ускорение точки S_2 определено по теореме подобия. Угловое ускорение звена 2 определяется по формуле $\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^\tau}{l_{BC}}$.

Направление ускорения ε_2 определяют переносом вектора \bar{a}_{CB}^τ по принадлежности в точку C . Вектор «вращает» звено 2 вокруг B по часовой стрелке, туда же направлено ускорение ε_2 .

Пример 2. Дана кинематическая схема шарнирного четырёхзвенного механизма (рис. 3, а), также известны угловая скорость ω_1 и угловое ускорение ε_1 звена 1. Для изображенного положения требуется найти скорость и ускорение точек B , C , S_1 , S_2 и S_3 , а также угловые скорости и ускорения звеньев BC и CD .

План скоростей. Скорость точки B , выбранной за полюс, определяется

$$v_B = \omega_1 \cdot l_{AB} \quad (7)$$

Скорость точки C определим по векторному уравнению

$$\begin{aligned} \bar{v}_C &= \bar{v}_B + \bar{v}_{CB} \\ &\perp CD \perp AB \perp BC \end{aligned} \quad (8)$$

На рис. 3, б показано графическое решение векторного уравнения 7, на котором скорость точки S_2 определена по теореме подобия. Угловая скорость звена 2 определяется по формуле

$$\omega_2 = \frac{v_{CB}}{l_{BC}}, \text{ а угловая скорость звена 3 по выражению } \omega_3 = \frac{v_C}{l_{CD}}.$$

Направление скорости ω_2 определяют переносом вектора \vec{v}_{CB} по принадлежности в точку C . Вектор «вращает» звено 2 вокруг B по часовой стрелке, туда же направлена скорость ω_2 . Направление скорости ω_3 определяют также, но переносом вектора \vec{v}_C по принадлежности в точку C .

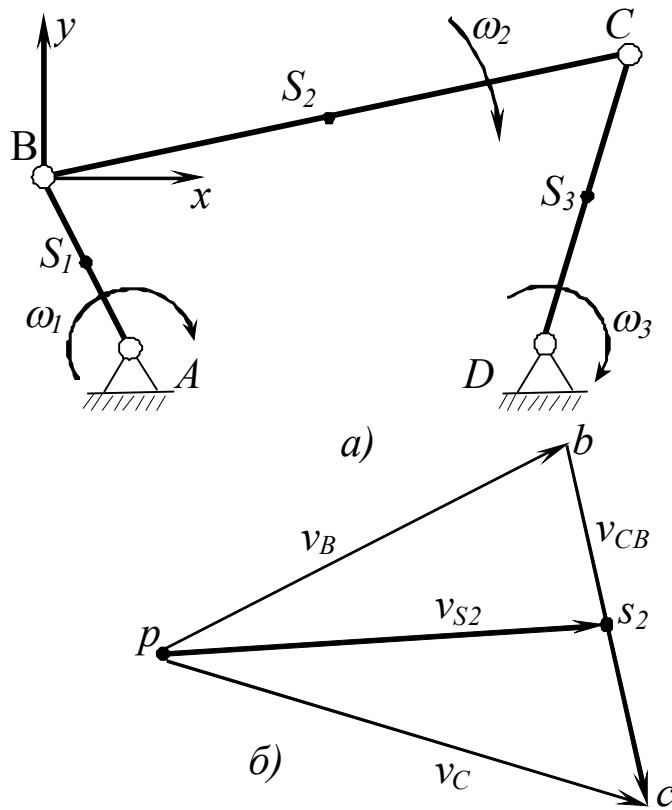


Рис. 3

План ускорений. Нормальное ускорение точки B будет определяться $a_B^n = \omega_1^2 \cdot l_{AB}$. Так как звено 1 совершает равномерное вращательное движение, следовательно $\varepsilon_1 = 0$. Тангенциальное ускорение точки B равно $a_B^\tau = \varepsilon_1 \cdot l_{AB} = 0$.

Звено 2 совершает плоскопараллельное движение, а звено 3 вращательное вокруг точки D . Поэтому ускорение точки C определится по двум векторным уравнениям:

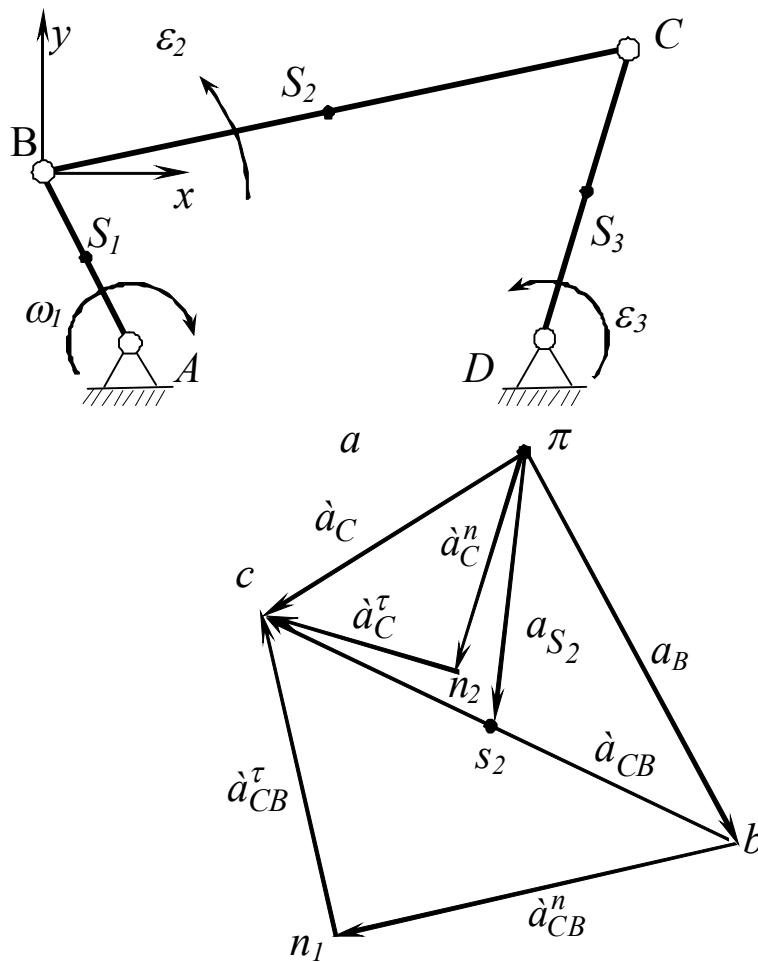
$$\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^\tau \quad (9)$$

$\parallel AB \quad \parallel BC \quad \perp BC$

$$\begin{aligned} \bar{a}_C &= \bar{a}_C^n + \bar{a}_C^\tau \\ \|CD &\perp CD \end{aligned} \quad (10)$$

Совместное графическое решение уравнений 9 и 10, позволяет определить ускорение точки C (рис. 4, б), при этом абсолютные величины нормальных ускорений \dot{a}_{CB}^n и \dot{a}_C^n , определяются по выражениям соответственно

$$\dot{a}_{CB}^n = \frac{v_{CB}^2}{l_{BC}} \text{ и } \dot{a}_C^n = \frac{v_C^2}{l_{CD}} \quad (11)$$



б

Рис. 4

Ускорение точки S_2 определяют по теореме подобия. Угловое ускорение звена 2 определяется по формуле $\varepsilon_2 = \frac{a_{CB}^\tau}{l_{BC}}$, а угловое ускорение звена 3 $\varepsilon_3 = \frac{a_C^\tau}{l_{CD}}$.

Направление ускорения ε_2 определяют переносом вектора \bar{a}_{CB}^τ по принадлежности в точку C . Вектор «вращает» звено 2 вокруг B по часовой стрелке, туда же направлено ускорение ε_2 . Направление ускорения ε_3 определяют таким же способом, но переносят вектор \bar{a}_C^τ по принадлежности в точку C .

ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ

Для предложенной схемы механизма (см. приложение) по заданным линейным размерам звеньев и известным φ_1 , ω_1 , ε_1 :

- построить схему механизма с учетом назначенного масштабного коэффициента μ_l ;
- построить планы скоростей и ускорений с учетом назначенных масштабных коэффициентов μ_v и μ_a ;
- определить действительные значения скоростей и ускорений всех точек и звеньев механизма;
- определить значения и направления угловых скоростей и ускорений звеньев механизма.

Центры масс звеньев находятся на их середине. Угол φ_1 принять кратным 45° , $\omega_1 = 10 \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon_1 = 0$. Направление вращения звена 1 – против часовой стрелки. Размеры звеньев, приведенные на схеме, указаны в метрах. Длина кривошипа во всех заданиях – 0,1 м. Выполнить конспект описания и расчета каждого из видов сварных швов.

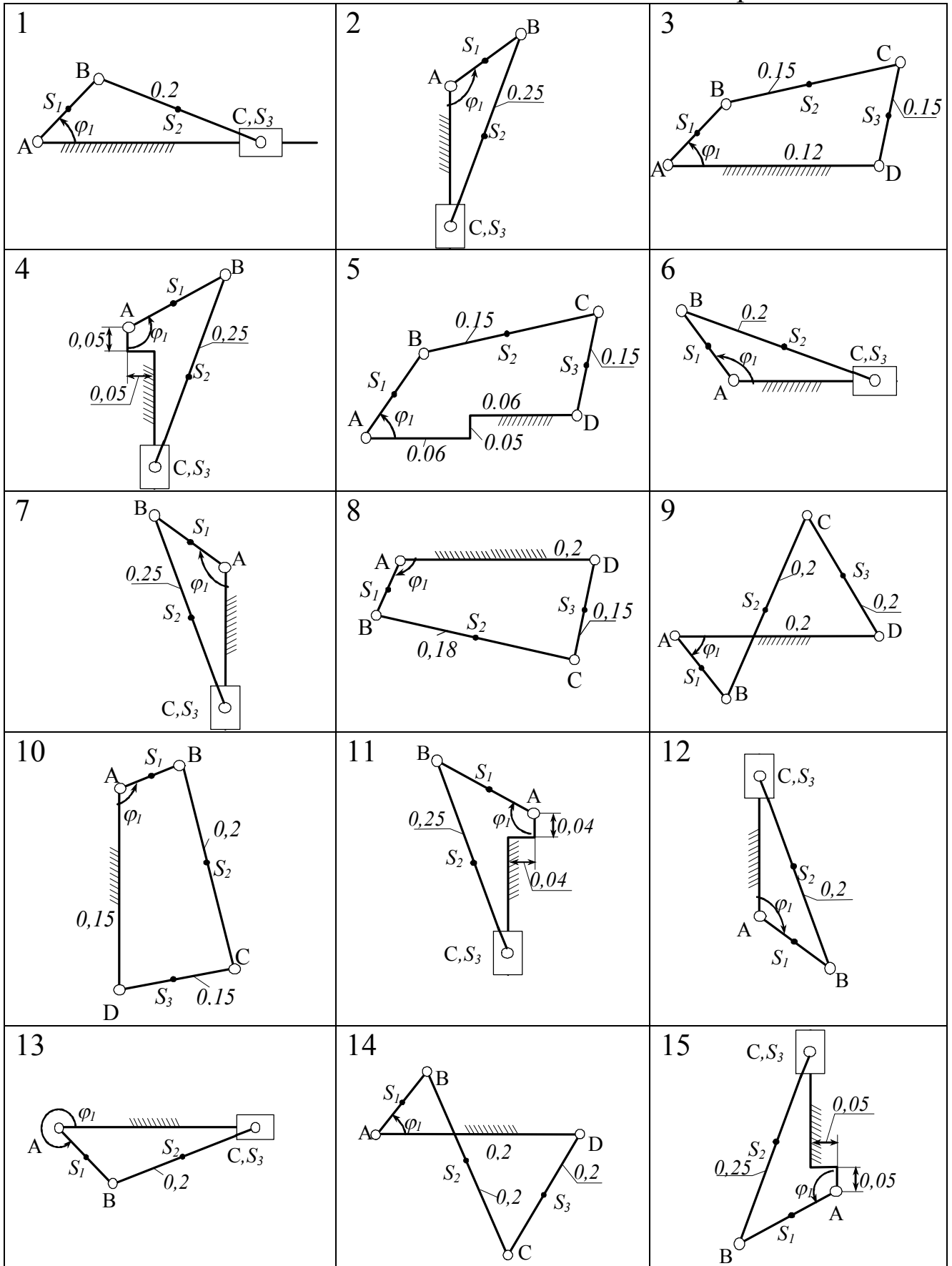
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

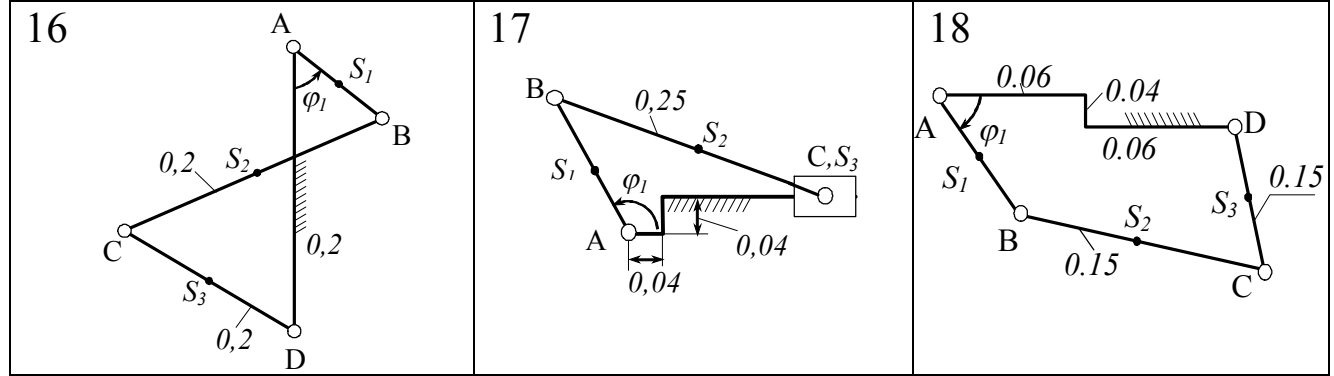
Отчет по работе выполняется на миллиметровой бумаге и должен содержать: схему механизма в заданном положении, план скоростей и ускорений, а также необходимые расчеты.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория механизмов и машин (краткий курс) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Н. Ермак; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева" - Кемерово, 2011 –164 с. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90546&type=utchposob:common>
2. Артоболевский, И. И. Теория машин и механизмов / И. И. Артоболевский, Москва: Альянс, 2008. – 640 с.
3. Ермак В.Н. Лекции по теории механизмов и машин: Учеб. пособие / Ермак В.Н. / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1999. – 218 с.

Приложение





Составители

Герасименко Сергей Владимирович
Латышенко Михаил Павлович
Садовец Владимир Юрьевич

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания к практической работе по механике для студентов направлений подготовки 280700.62, 140100.62, специальности 130101.65 и по прикладной механике для студентов специальности 130400.65

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 13.06.2013 Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 1,2.
Тираж 101 экз. Заказ
КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Типография КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.