

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра деталей машин и прикладной механики

А. А. МУЛЛАБАЕВ, С.Ю. РЕШЕТОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 531.8 (07)
ББК 34.41a7
М 90

Рецензент

кандидат технических наук, доцент А.М. Ефанов

М90 Муллабаев А.А.

Оптимизация графического метода кинематического анализа рычажных механизмов: методические указания к выполнению курсового проекта по теории механизмов и машин / А.А. Муллабаев, С.Ю. Решетов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 10 с.

В настоящее время оптимальные координаты полюсов при графическом дифференцировании принято определять методом «проб и ошибок». При этом студенты теряют значительное время на перечерчивание графиков или, в худшем случае, останавливают свой выбор на полюсах, имеющих отнюдь не оптимальные координаты. При этом графики могут накладываться друг на друга или же лист остается не заполненным. В последнем случае значительно теряется точность.

Авторы предлагают способ определения оптимальных координат полюсов несложным построением.

ББК 34.41a7

© Муллабаев А.А.,
Решетов С.Ю., 2009
©ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

	с.
Введение.....	4
1 Определение оптимальных координат полюсов при графическом дифференцировании	4
2 Методы хорд и касательных для графического дифференцирования.....	6
Список использованных источников.....	10

Введение

Графический метод анализа (в частности, кинематического) является наименее точным, но наиболее наглядным методом. Существуют два метода графического дифференцирования: метод хорд и метод касательных. Эти методы описаны в литературе достаточно полно. При выполнении графического дифференцирования и интегрирования студент закрепляет знания, полученные в курсе высшей математики. При выполнении курсового проекта появляется возможность сравнения двух методов – графоаналитического (метода планов) и графического. Поэтому в курсовых проектах по теории механизмов и машин во всех ВУЗах страны применяют графический метод анализа и синтеза.

В известной литературе и диссертациях мы не нашли методику определения оптимальных координат полюсов при графическом дифференцировании. Под оптимальными будем понимать такие координаты полюсов, при которых оставленное под графическое дифференцирование место на листе ватмана заполняется наиболее плотно, и графики не накладываются друг на друга. В настоящее время в учебной литературе по курсу ТММ выбор оптимальных координат полюсов практически не освещен. Поэтому студентам приходится прибегать к трудоемкому методу «проб и ошибок». При этом приходится много раз исправлять графики или же оставлять лист не заполненным. В первом случае чертеж получается грязным и не наглядным. Во втором случае значительно теряется точность графического анализа.

1 Определение оптимальных координат полюсов при графическом дифференцировании

Нами предлагается методика определения оптимальных координат полюсов, при которой нужные координаты получаются с первой попытки. Напомним, что координатами каждого полюса являются расстояния между осями абсцисс двух соседних графиков и полюсные расстояния.

Порядок определения оптимальных координат полюса будет следующим:

1) строится график перемещений (верхняя кривая на рисунке 1); при этом масштаб перемещений выбирается таким, чтобы верхняя кривая занимала примерно одну треть оставленного места на ватмане;

2) на глаз определяются точки перегиба P_1 и P_2 на верхней кривой; напомним, что производная равняется тангенсу угла подъема касательной, поэтому в точках P_1 и P_2 график скорости имеет «максимум» и «минимум» соответственно;

3) проводим две касательные I-I и II-II через точки P_1 и P_2 ; вместо касательных можно проводить хорды на участках, включающих точки P_1 и P_2 ;

4) на вертикальной оси будущей средней кривой (график перемещений) наносим желательные чертежные значения максимальной и минимальной скоростей (точки B_1 и B_2);

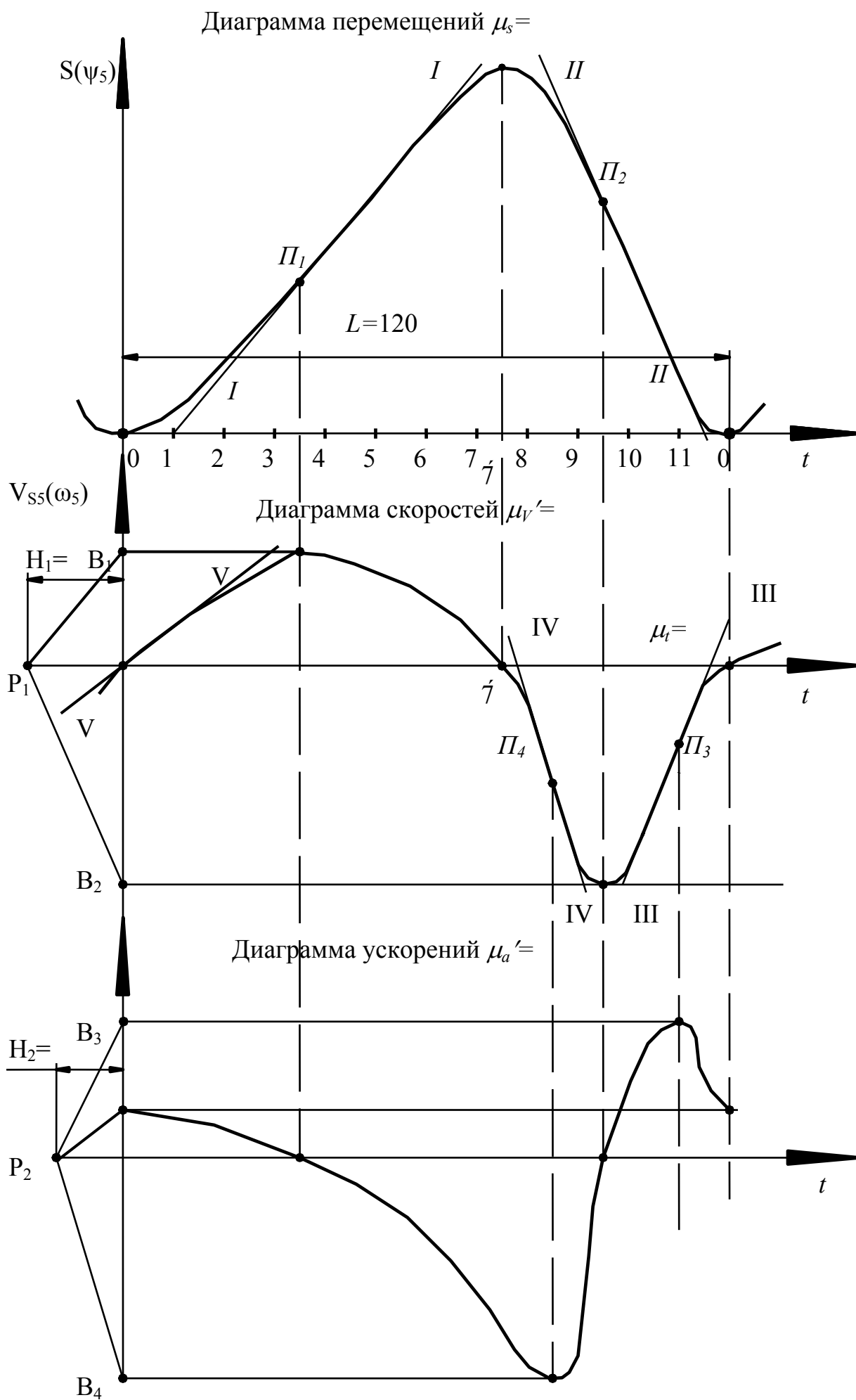


Рисунок 1 -Графическое дифференцирование

5) из точек B_1 и B_2 проводим две прямые, параллельные I-I и II-II соответственно;

6) точка пересечения указанных прямых даст оптимальное положение полюса P_1 . Мы знаем, что будущая средняя кривая не выйдет за пределы выбранных нами (по вертикали) точек B_1 и B_2 . Напомним, что в предлагаемом нами методе, горизонтальные оси средней и нижней кривых заранее проводить не нужно. Эти оси проводятся только после определения оптимальных координат точек P_1 и P_2 . Полученные полюсные расстояния нужно измерять с точностью до 0,5 мм;

7) для построения диаграммы ускорений (нижняя кривая) со средней кривой мы поступаем точно так же, как мы поступали с верхней кривой. Находим на глаз точки перегиба Π_3 и Π_4 на средней кривой, проводим две касательные III-III и IV-IV в этих точках, наносим точки B_3 и B_4 на нижней кривой (желаемые чертежные максимальное и минимальное ускорения), из точек B_3 и B_4 проводим две прямые, параллельные III-III и IV-IV. Точка пересечения этих прямых даст оптимальное положение полюса P_2 . Мы знаем, что будущая диаграмма ускорений (по высоте) не выйдет за пределы B_3 и B_4 . Напомним, что при нанесении точек B_1 , B_2 , B_3 , B_4 нужно стремиться к тому, чтобы наиболее полно занять оставленное на ватмане место и в то же время оставить место для заголовков кривых.

После определения положения полюса P_1 строим среднюю кривую одним из известных методов: методом хорд, методом касательных. Эти методы описаны почти во всех известных литературных источниках [1, 2, 3, 4, 5].

2 Методы хорд и касательных для графического дифференцирования

На участке 0-1 верхней кривой мысленно проводим хорду (ставим треугольник). Из полюса P_1 проводим линию, параллельную указанной хорде до пересечения с вертикальной осью. Из полученной точки на вертикальной оси проводим горизонталь до середины участка 0-1. Полученная точка – это первая точка будущей диаграммы скоростей. Точно так же поступаем с остальными участками и по полученным точкам строим диаграмму скоростей. Мы знаем, что в крайних положениях механизма скорость выходного звена равняется нулю.

Для построения диаграммы ускорений (нижний чертеж) с диаграммой скоростей поступаем точно также, как мы поступали с диаграммой перемещений. Но при этом студент встречает небольшое затруднение: он не знает, как найти ускорение выходного звена в начальной (нулевой) точке. Напомним, что ускорения выходного звена в крайних положениях не равны нулю, как это было со скоростями.

Ускорение в нулевой точке можно найти методом касательных. В этом случае вместо хорд надо проводить касательные в определенных точках, затем из полюса « P » проводить прямые, параллельные касательным до пересечения с

вертикальной осью. Из полученной точки проводим горизонталь до данного положения кривошипа (а не до середины участка, как это было в методе хорд).

Для нахождения ускорения в нулевой точке пририсовываем конец третьей кривой к началу этой кривой. При этом нужно стараться, чтобы не было излома кривой в нулевой точке. После этого ускорение в нулевой точке можно найти методом касательных.

Напомним, что в некоторых литературных источниках содержится ошибочное утверждение о том, что в точках, где скорость равняется нулю (крайних точках), ускорение имеет экстремальное значение. Это является только «возможным» событием. Для многих механизмов указанное утверждение является неверным.

Формулы для определения масштабов диаграмм приведены во многих известных литературных источниках. В зависимости от механизма встречаются два случая. Первый случай – исследуемое звено совершает прямолинейное возвратно-поступательное движение. Второй случай – исследуемое звено вращается.

В зависимости от вида движения исследуемого звена формулы для определения масштабов диаграмм имеют разное написание.

I-й случай – исследуемое звено движется поступательно.

Масштаб времени « t »:

$$\mu_t = \frac{60}{n_1 L}, \quad \frac{с}{мм}, \quad (1)$$

где n_1 – частота вращения кривошипа, об/мин.

L – расстояние на диаграмме в мм (рисунок 1), в курсовых проектах рекомендуется брать $L=180$ мм.

Масштаб перемещений « S ». Если на диаграмме $S(\varphi)$ мы откладываем такие же расстояния, что и перемещения ползуна от нулевого положения, то

$$\mu_S = \mu_L, \quad м/мм,$$

где μ_L – масштаб диаграммы положений.

Если на диаграмме $S(\varphi)$ откладываем расстояния, уменьшенные в два раза, то

$$\mu_S = 2\mu_L.$$

Масштаб диаграммы скорости вычисляется по известной формуле:

$$\mu_v' = \frac{\mu_S}{H_1 \cdot \mu_t}, \quad \frac{м}{с \cdot мм}, \quad (2)$$

где H_1 – полюсное расстояние, измеренное с точностью до 0,5 мм.

Напомним, что вычисленные по каким-то формулам масштабы надо записывать с точностью до третьей значащей цифры, иначе в расчетах закладывается ошибка. Например, почти все студенты пишут

$$\mu_v' = \dots = 0,0149 \approx 0,01 \frac{м}{с \cdot мм}$$

При этом они допускают ошибку в 49 %. Масштабы округлять нужно только в тех случаях, если они выбираются свободно (например, в планах положений, скоростей, ускорений, сил и т.д.).

Масштаб диаграммы ускорений определяется аналогично масштабу скоростей.

$$\mu_a' = \frac{\mu_v'}{H_2 \cdot \mu_t}, \frac{м}{с^2 \cdot мм}, \quad (3)$$

где H_2 – полюсное расстояние, измеренное с точностью до 0,5 мм.

Для сравнения метода планов и графического метода определяем координаты

$$Y_v = \frac{V_{ss}}{\mu_v}, мм, \quad (4)$$

где V_{ss} – скорость ползуна в разных положениях, м/с;

μ_v' – масштаб диаграммы скоростей.

При этом студенты допускают другую ошибку – вычисляют значение Y_v с точностью до тысячных долей миллиметра и точнее. Все чертежные значения в ТММ нужно вычислять с точностью до десятой доли миллиметра. Точнее просто невозможно отложить.

По полученным значениям Y_v строим пунктиром другую кривую. Если получим большое расхождение между скоростями, найденными графическим и графоаналитическим методами, то надо искать ошибку.

Координаты Y_a (из планов ускорений) пересчитываем на новый масштаб

$$Y_a = \frac{a_{ss}}{\mu_a}, мм, \quad (5)$$

где a_{ss} – ускорение ползуна, $\frac{м}{с^2}$,

μ_a' – масштаб диаграммы ускорений.

В ОГУ обычно задается один план ускорений.

Напомним, что из-за большой погрешности графического метода расхождение между двумя методами в ускорениях может дойти от 20 до 25 %.

Рассмотрим II-случай – исследуемое звено вращается. В этом случае масштаб времени μ_t вычисляется по той же формуле (1).

Масштаб угла поворота исследуемого звена. Если 1° соответствует 1 мм, то

$$\mu_\psi = \frac{1 \cdot \pi}{180} = 0,0175 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}.$$

Если же 1° соответствует 2 мм, то

$$\mu_\psi = \frac{0,5 \cdot \pi}{180} = \frac{\pi}{360} = 0,00873 \frac{\text{рад}}{\text{мм}}.$$

В курсовых проектах масштабы μ_s и μ_ψ надо выбирать так, чтобы максимальные чертежные значения параметров S и ψ по высоте примерно равнялись 100 мм.

Для нахождения остальных масштабов в соответствующих формулах нужно произвести следующие замены.

I – случай

$$\begin{array}{l} \mu_t \\ \mu_s, \\ \mu_v, \\ \mu_a \\ Y_v \\ Y_a \end{array} \quad \begin{array}{c} \longrightarrow \\ \longrightarrow \\ \longrightarrow \\ \longrightarrow \\ \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array}$$

II – случай

$$\begin{array}{l} \mu_t \\ \mu_\psi \\ \mu_\omega \\ \mu_\varepsilon \\ Y_\omega \\ Y_\varepsilon. \end{array}$$

Тогда получим формулы:

$$\mu_\omega = \frac{\mu_\psi}{H_1 \cdot \mu_t}, \frac{\text{рад}}{\text{с} \cdot \text{мм}}, \quad (6)$$

$$\mu_\varepsilon = \frac{\mu_\omega}{H_2 \cdot \mu_t}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2 \cdot \text{мм}}, \quad (7)$$

$$Y_\omega = \frac{\omega_5}{\mu_\omega}, \text{ мм},$$

$$Y_\varepsilon = \frac{\varepsilon_5}{\mu_\varepsilon}, \text{ мм}. \quad (9)$$

В этих формулах ω_5 , ε_5 – значения угловой скорости и углового ускорения, найденные из построения планов скоростей и ускорений.

Предлагаемый метод позволяет выполнять графическое дифференцирование без использования метода «проб и ошибок», с максимальной точностью и без того, чтобы графики накладывались друг на друга и на штамп.

Список использованных источников

1. Ефанов, А.М. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов: методические указания к курсовому проектированию по ТММ для студентов технических специальностей/ А.М. Ефанов. – Оренбург: ОГТУ, 1995. – 28 с.: ил.
2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов / И.И. Артоболевский. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Наука, 1988. – 639 с.: ил. – ISBN 5-02-013810-X.
3. Фролов, К.В. Теория механизмов и машин: учебник для вузов/ К.В. Фролов, [и др.]; под общ. ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1987. – 495 [1] с.: ил.
4. Коренько, А.С. Теория механизмов и машин: учебник для вузов/ А.С. Коренько. – Киев: Вища школа, 1976. – 444 с.: ил.
5. Попов, С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов / под ред. К.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1986. – 294 [1] с.: ил.
6. Левицкая, О.Н. Курс теории механизмов и машин: учебное пособие для механических специальностей вузов / О.Н. Левицкая, Н.И. Левицкий. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, – 1985.– 279 с.: ил.
7. Муллабаев, А.А. Определение оптимальных координат полюсов при графическом дифференцировании: методические указания к выполнению курсового проекта по теории механизмов и машин / А.А. Муллабаев. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 9 с. – (Зарегистрировано в НМО УМУ ГОУ ОГУ как учебно-методическое издание. Рег. уч. №26М09092005).