

Министерство образования и науки Украины  
Донецкий национальный технический университет

## **Кинематический анализ кулисного механизма**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по курсу "Теория механизмов и машин"

Донецк, ДонНТУ – 2005

Министерство образования и науки Украины  
Донецкий национальный технический университет

## **Кинематический анализ кулисного механизма**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по курсу "Теория механизмов и машин"

Рассмотрено  
на заседании кафедры  
"Основы проектирования машин".  
Протокол №     от     г.

Утверждено  
на заседании учебно-методического  
совета ДонНТУ.  
Протокол №     от     г.

Донецк, ДонНТУ – 2005

Кинематический анализ кулисного механизма. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу "Теория механизмов и машин" / В.В. Мазуренко, Э.Л. Гордиенко, А.Л. Сотников. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – 9 с.

Методические указания являются частью комплекса методических материалов, разработанных секцией теории механизмов и машин, кафедры основ проектирования машин ДонНТУ и содержат в себе инструкции по подготовке и проведению лабораторной работы на тему "Кинематический анализ кулисного механизма", а также формы отчетов.

При выполнении лабораторной работы, в качестве инструмента для исследований, использован метод аналитического моделирования на персональном компьютере с использованием комплекса программ "ТММ. Курсовой проект".

Комплекс программ "ТММ. Курсовой проект", как и данные методические указания, распространяются бесплатно.

Авторы: В.В. Мазуренко, к.т.н., доц.  
Э.Л. Гордиенко, ст. преп.  
А.Л. Сотников, ас.

Отв. за выпуск В.Г. Нечепаяев, д.т.н., проф.

## **Лабораторная работа** **"КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛИСНЫХ МЕХАНИЗМОВ"**

Цель работы: кинематическое исследование кулисного механизма аналитическим методом.

Работа выполняется с использованием комплекса программ "ТММ. Курсовой проект".

### **ОСНОВЫ РАБОТЫ С КОМПЛЕКСОМ ПРОГРАММ** **"ТММ. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ"**

Комплекс программ "ТММ. Курсовой проект" состоит из четырех независимых программ расчета и моделирования кулисных механизмов:

- механизма вертикального прессы;
- механизма долбежного станка;
- механизма брикетировочного автомата;
- механизма строгального станка.

Каждая из программ позволяет выполнять:

- редактирование кинематической схемы выбранного механизма;
- построение динамического плана положений механизма;
- построение плана скоростей для заданного положения механизма;
- построение плана ускорений для заданного положения механизма;
- структурный анализ механизма;
- силовой анализ механизма для заданного положения.

Результаты расчета выводятся на экран в табличном и графическом виде, а также предоставляется возможность распечатать на принтере.

Дистрибутив комплекса программ "ТММ. Курсовой проект", включая данную инструкцию, размещены в Интернете на сервере научно-исследовательской части кафедры "Основы проектирования машин", для свободного использования:

**URL: <http://m-lab.donntu.edu.ua/computersystem/>.**

### **ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ**

В основном все манипуляции в программе осуществляются с помощью "мыши" и, в случае ввода данных, клавиатуры.

Элементы управления и поля ввода данных имеют названия, объясняющие их назначение. На рисунке 1 приведен внешний вид программы расчета и моделирования механизма брикетировочного автомата.

В левом углу рабочего окна программы показана кинематическая схема кулисного механизма, для которого ведется кинематический расчет. Справа и сверху, в верхнем правом углу расположены поля ввода исходных данных,

кнопки управления динамическим моделированием и задания положения механизма, таблица результатов расчета скоростей и ускорений механизма.

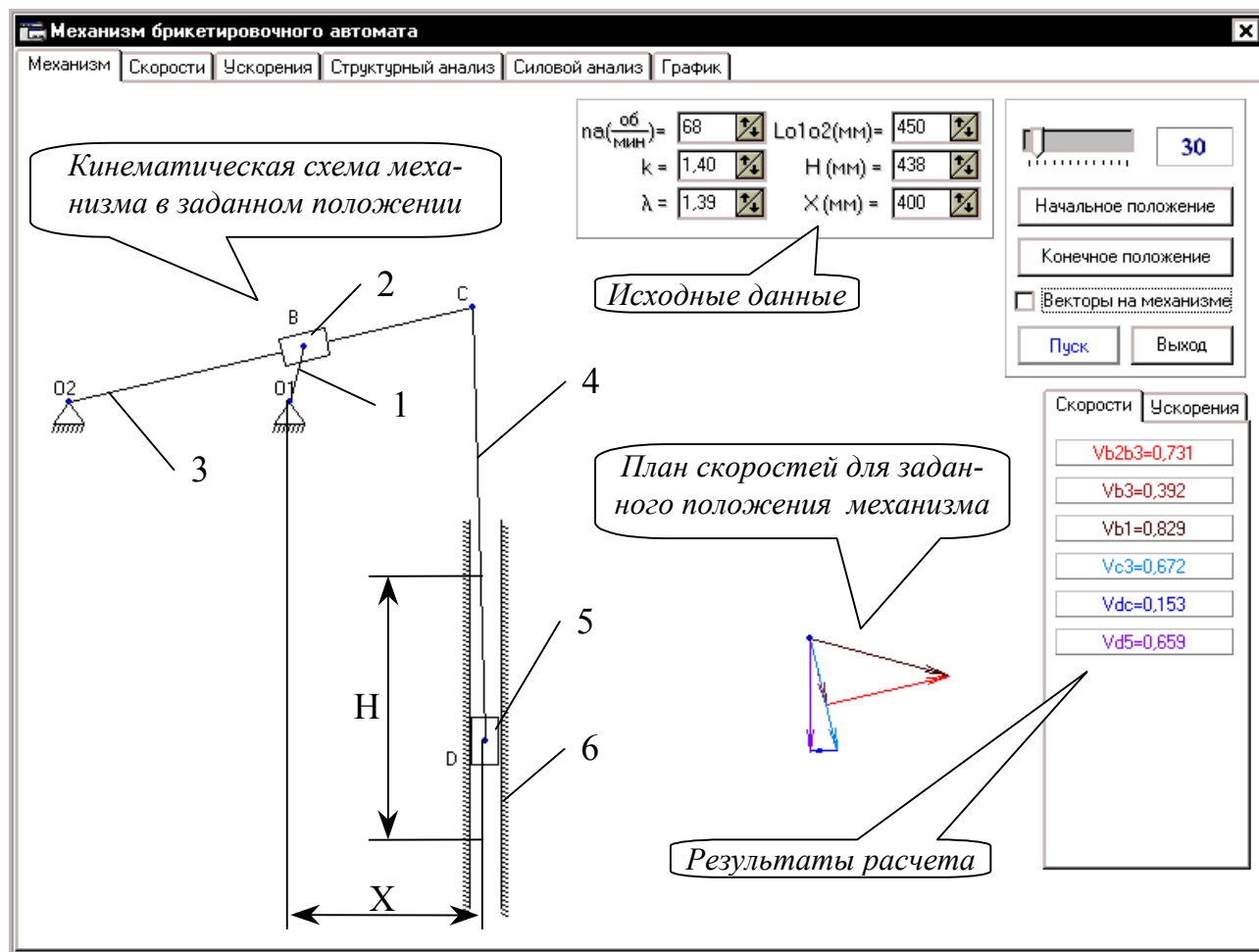


Рисунок 1 – Внешний вид программы

Исходные данные для кинематического анализа механизма:

$n_1 \left( \frac{\text{об}}{\text{мин}} \right)$  – частота вращения кривошипа 1;

$k$  – коэффициент изменения средней скорости ползуна 5;

$\lambda = \frac{l_{cd}}{l_{o2c}}$  – отношение длин звеньев: шатуна 4 и кулисы 3;

$l_{o1o2}$  (мм) – расстояние между опорами O1 и O2;

$H$  (мм) – ход ползуна 5;

$X$  (мм) – расстояние от опоры O1 до направляющей ползуна 5;

$\varphi^*$  (град) – угол поворота кривошипа 1, откладываемый от начального положения механизма в направлении вращения (по часовой стрелке).

Расчет по введенным исходным данным выполняется автоматически. Результаты кинематического расчета выводятся в главном окне программы, страница "Механизм" и на страницах "Скорости" и "Ускорения".

На странице "Механизм", рисунок 1, строится векторный план скоростей для заданного положения механизма, и выводятся абсолютные значения скоростей. Сопоставление обозначений, значений и направлений векторов скоростей

осуществляется по цвету. Вывод на экран плана ускорений осуществляется аналогично, после выбора закладки "Ускорения". Возврат к плану скоростей – закладка "Скорости".

На рисунках 2 и 3 показаны соответственно страницы главного окна программы "Скорости" и "Ускорения".

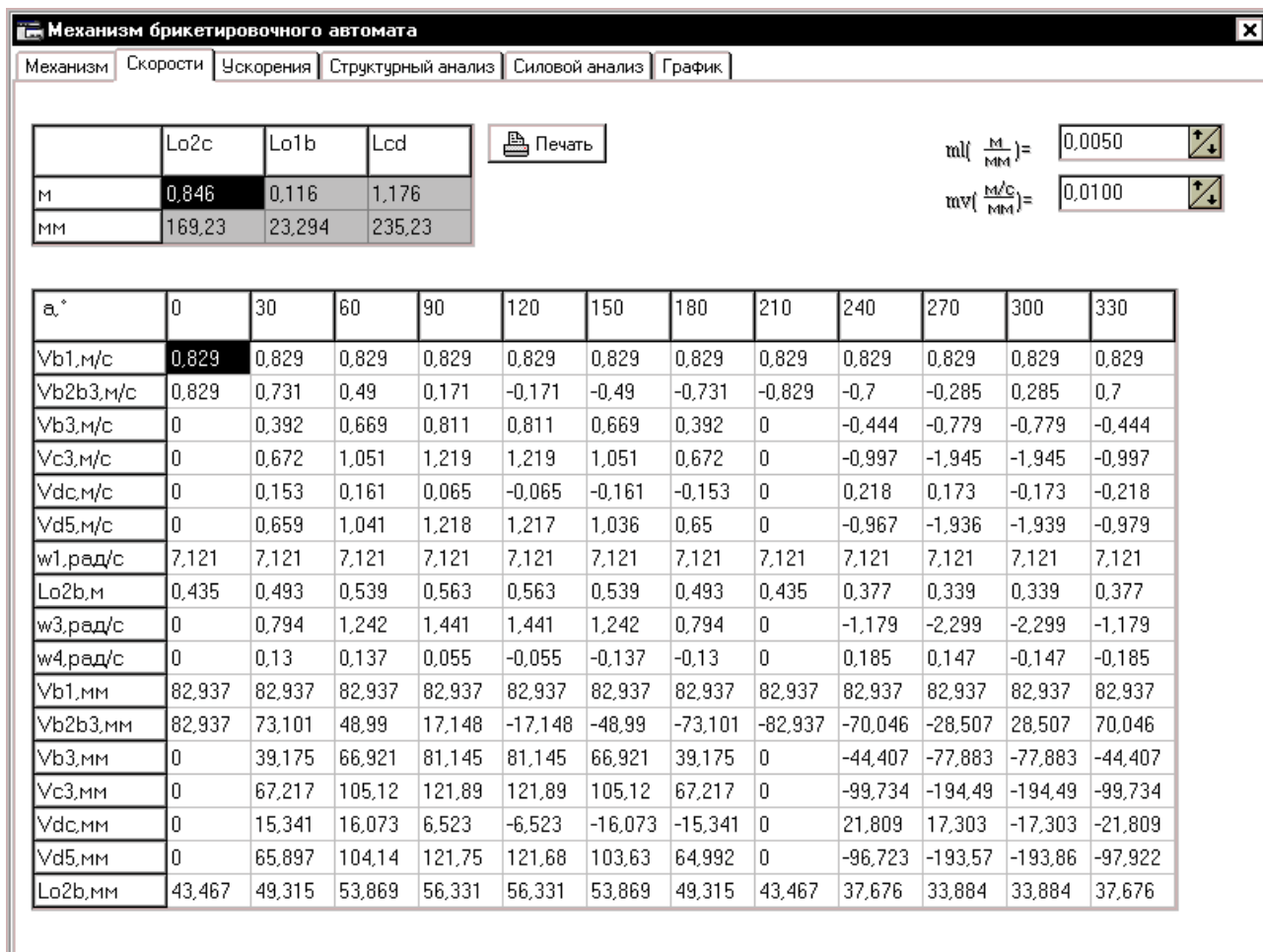


Рисунок 2 – Результаты расчета скоростей механизма в табличном виде для 12 положений механизма

На данных страницах приведены результаты кинематического расчета для 12 положений кулисного механизма. Результаты представлены в табличном виде, двумя значениями: действительным и в миллиметрах чертежа. На странице "Скорости" приведены также значения длин всех звеньев механизма.

Для получения в таблицах значений длин звеньев, скоростей и ускорений механизма в миллиметрах чертежа, соответствующих графическим построениям в расчетно-графической работе №1, необходимо ввести принятые в работе

масштабные коэффициенты:  $\mu_l \left( \frac{м}{мм} \right)$ ,  $\mu_v \left( \frac{м/с}{мм} \right)$ ,  $\mu_a \left( \frac{м/с^2}{мм} \right)$ .

| Механизм брикетировочного автомата   |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|--|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Механизм   Скорости   Ускорения   Структурный анализ   Силовой анализ   График |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| Печать   |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|  |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         | $\mu\alpha \left( \frac{m/c^2}{mm} \right) =$ 0.1000 |
| $\alpha, ^\circ$   | 0      | 30     | 60     | 90      | 120     | 150     | 180     | 210     | 240     | 270     | 300     | 330  |
| Ab1n,м/с2  | 5,906  | 5,906  | 5,906  | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906   | 5,906  |
| Ab2k,м/с2  | 0      | 1,161  | 1,217  | 0,494   | -0,494  | -1,217  | -1,161  | 0       | 1,651   | 1,31    | -1,31   | -1,651   |
| ab2b3,м/с2   | 0      | 2,478  | 3,934  | 4,609   | 4,609   | 3,934   | 2,478   | 0       | -3,686  | -7,336  | -7,336  | -3,686   |
| Ab3n,м/с2  | 0      | 0,311  | 0,831  | 1,169   | 1,169   | 0,831   | 0,311   | 0       | 0,523   | 1,79    | 1,79    | 0,523  |
| Ab3t,м/с2  | 5,906  | 4,044  | 2,271  | 0,727   | -0,727  | -2,271  | -4,044  | -5,906  | -6,639  | -3,34   | 3,34    | 6,639  |
| Ab3,м/с2   | 5,906  | 4,056  | 2,419  | 1,377   | -1,377  | -2,419  | -4,056  | -5,906  | -6,66   | -3,79   | 3,79    | 6,66   |
| E3,рад/с2  | 13,587 | 8,201  | 4,216  | 1,291   | -1,291  | -4,216  | -8,201  | -13,587 | -17,622 | -9,858  | 9,858   | 17,622   |
| Ac3,м/с2   | 11,497 | 6,959  | 3,799  | 2,068   | -2,068  | -3,799  | -6,959  | -11,497 | -14,957 | -9,464  | 9,464   | 14,957   |
| Adcn,м/с2  | 0      | 0,02   | 0,022  | 0,004   | 0,004   | 0,022   | 0,02    | 0       | 0,04    | 0,025   | 0,025   | 0,04   |
| Adct,м/с2  | 2,978  | 1,061  | -0,741 | -1,693  | -1,697  | -0,749  | 1,067   | 2,978   | 2,12    | -3,72   | -3,701  | 2,109  |
| Adc,м/с2   | 2,978  | 1,061  | -0,741 | -1,693  | -1,697  | -0,749  | 1,067   | 2,978   | 2,12    | -3,72   | -3,701  | 2,109  |
| Ad5,м/с2   | 11,214 | 6,929  | 3,736  | 1,178   | -1,191  | -3,715  | -6,826  | -10,996 | -14,709 | -8,712  | 8,701   | 14,906   |
| E4,рад/с2  | 2,532  | 0,902  | -0,63  | -1,44   | -1,442  | -0,637  | 0,907   | 2,532   | 1,802   | -3,163  | -3,147  | 1,793  |
| Ab1n,мм  | 59,059 | 59,059 | 59,059 | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059  | 59,059   |
| Ab2k,мм  | 0      | 11,614 | 12,172 | 4,94    | -4,94   | -12,172 | -11,614 | 0       | 16,512  | 13,105  | -13,105 | -16,512  |
| ab2b3,мм   | 0      | 24,784 | 39,341 | 46,094  | 46,094  | 39,341  | 24,784  | 0       | -36,857 | -73,362 | -73,362 | -36,857  |
| Ab3n,мм  | 0      | 3,112  | 8,314  | 11,689  | 11,689  | 8,314   | 3,112   | 0       | 5,234   | 17,902  | 17,902  | 5,234  |
| Ab3t,мм  | 59,059 | 40,441 | 22,713 | 7,271   | -7,271  | -22,713 | -40,441 | -59,059 | -66,392 | -33,405 | 33,405  | 66,392   |
| Ab3,мм   | 59,059 | 40,561 | 24,187 | 13,766  | -13,766 | -24,187 | -40,561 | -59,059 | -66,598 | -37,899 | 37,899  | 66,598   |
| Ac3,мм   | 114,97 | 69,594 | 37,992 | 20,677  | -20,677 | -37,992 | -69,594 | -114,97 | -149,57 | -94,641 | 94,641  | 149,57   |
| Adcn,мм  | 0      | 0,2    | 0,22   | 0,036   | 0,036   | 0,22    | 0,2     | 0       | 0,404   | 0,255   | 0,255   | 0,404  |
| Adct,мм  | 29,776 | 10,611 | -7,406 | -16,932 | -16,966 | -7,491  | 10,671  | 29,776  | 21,198  | -37,196 | -37,013 | 21,085   |
| Adc,мм   | 29,776 | 10,613 | -7,41  | -16,932 | -16,966 | -7,494  | 10,673  | 29,776  | 21,202  | -37,197 | -37,014 | 21,089   |
| Ad5,мм   | 112,14 | 69,291 | 37,357 | 11,782  | -11,908 | -37,153 | -68,263 | -109,96 | -147,09 | -87,117 | 87,011  | 149,06   |

Рисунок 3 – Результаты расчета ускорений механизма в табличном виде для 12 положений механизма

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторная работа выполняется в три этапа:

Этап 1 – Домашняя подготовка, включает подготовку исходных данных для кинематического расчета механизма в соответствии с индивидуальным заданием студента на расчетно-графическую работу №1.

Этап 2 – Кинематический расчет механизма, выполняется в компьютерном классе с помощью комплекса программ "ТММ. Курсовой проект".

– Запускается программа "ТММ. Курсовой проект".

– Вводятся исходные данные.

– Выполняется исследование кулисного механизма: рассматривается характер движения звеньев механизма поворотом ведущего звена на несколько оборотов с помощью кнопки "Пуск". Остановка динамического моделирования механизма выполняется повторным нажатием кнопки "Пуск".

– Выполняется исследование характера изменения направлений и значений скоростей (ускорений) точек механизма при его динамическом моделировании. Переход от скоростей к ускорениям и наоборот осуществляется выбором соответствующей закладки в нижнем правом углу рабочего окна программы.

Для изображения векторов скоростей и ускорений на плане механизма необходимо поставить флажок "Векторы на механизме".

– Для заданного положения механизма (углом поворота кривошипа –  $\varphi^*$ ) в протокол отчета по лабораторной работе переносится кинематическая схема механизма, план скоростей, план ускорений и значения всех кинематических параметров.

Этап 3 – Сопоставление результатов графического и аналитического расчета кулисного механизма. Таблица сравнения приводится в пояснительной записке расчетно-графической работы №1.

Таблица – Результаты графического и аналитического расчета

| Параметр                          | Метод расчета |               | Расхождение,<br>$\Delta$ , % |
|-----------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
|                                   | графический   | аналитический |                              |
| $V_{b_2b_3}$ , м/с                |               |               |                              |
| $V_{b_3}$ , м/с                   |               |               |                              |
| $V_{e_3}$ , м/с                   |               |               |                              |
| $V_{f_e}$ , м/с                   |               |               |                              |
| $V_{f_5}$ , м/с                   |               |               |                              |
| $a_{кор}$ , м/с <sup>2</sup>      |               |               |                              |
| $a_{b_2b_3}$ , м/с <sup>2</sup>   |               |               |                              |
| $a_{b_3}$ , м/с <sup>2</sup>      |               |               |                              |
| $a_{e_3}$ , м/с <sup>2</sup>      |               |               |                              |
| $a_{f_e}$ , м/с <sup>2</sup>      |               |               |                              |
| $a_{f_5}$ , м/с <sup>2</sup>      |               |               |                              |
| $\omega_3$ , рад/с                |               |               |                              |
| $\epsilon_3$ , рад/с <sup>2</sup> |               |               |                              |
| $\omega_4$ , рад/с                |               |               |                              |
| $\epsilon_4$ , рад/с <sup>2</sup> |               |               |                              |

Расхождение не должно превышать 5%.



**ПРОТОКОЛ**  
отчета по лабораторной работе по ТММ  
**"КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КУЛИСНЫХ МЕХАНИЗМОВ"**

Студент \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

Название механизма:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Исходные данные:

$na =$  \_\_\_\_\_ (об/мин);  
 $k =$  \_\_\_\_\_ ;  
 $\lambda = \frac{lcd}{lo2c} =$  \_\_\_\_\_ ;  
 $lo1o2 =$  \_\_\_\_\_ (мм);  
 $H =$  \_\_\_\_\_ (мм);  
 $X =$  \_\_\_\_\_ (мм);  
 $\varphi^* =$  \_\_\_\_\_ (град).

Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма

Рисунок 2 – План скоростей

Рисунок 3 – План ускорений

Кинематические параметры механизма:

|              |      |              |        |                 |                    |                 |                      |
|--------------|------|--------------|--------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------|
| $V_{b1,2} =$ | м/с; | $V_{fe} =$   | м/с;   | $a_{b1,2} =$    | м/с <sup>2</sup> ; | $a_{fe}^n =$    | м/с <sup>2</sup> ;   |
| $V_{b2b3} =$ | м/с; | $V_{f5} =$   | м/с;   | $a_{кор} =$     | м/с <sup>2</sup> ; | $a_{fe}^\tau =$ | м/с <sup>2</sup> ;   |
| $V_{b3} =$   | м/с; | $\omega_3 =$ | рад/с; | $a_{b2b3} =$    | м/с <sup>2</sup> ; | $a_{fe} =$      | м/с <sup>2</sup> ;   |
| $V_{e3} =$   | м/с; | $\omega_4 =$ | рад/с. | $a_{b3}^n =$    | м/с <sup>2</sup> ; | $a_{f5} =$      | м/с <sup>2</sup> ;   |
|              |      |              |        | $a_{b3}^\tau =$ | м/с <sup>2</sup> ; | $\epsilon_3 =$  | рад/с <sup>2</sup> ; |
|              |      |              |        | $a_{b3} =$      | м/с <sup>2</sup> ; | $\epsilon_4 =$  | рад/с <sup>2</sup> ; |
|              |      |              |        | $a_{e3} =$      | м/с <sup>2</sup> ; |                 |                      |