

**ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ
НА ЭВМ**

Методическое пособие

Методическое пособие «Кинематический и силовой анализ механизмов на ЭВМ» рекомендовано студентам всех видов обучения, изучающих курс «Теория машин и механизмов» и выполняющих лабораторные работы и курсовой проект по этой дисциплине.

Введение

Применение ЭВМ при обучении студентов в техническом вузе стало неотъемлемой частью учебного процесса. Важное место при освоении компьютерной технологии изучения студентами курса теории механизмов и машин отводится решению практических задач и выполнению курсовых и лабораторных работ по данному курсу.

Настоящее методическое пособие носит комплексный характер, раскрывает методологические принципы использования ЭВМ как эффективного инструментального средства для решения инженерных задач на основе методов математического моделирования, способствует дальнейшему освоению методов работы на ЭВМ в рамках непрерывной компьютерной подготовки специалистов, создает возможность будущим специалистам приобрести практические навыки применения ЭВМ и методов автоматизированного анализа механизмов при решении задач кинематики и силового анализа механизмов.

Методическое пособие может быть использовано для курсового проектирования по ТММ при выполнении разделов кинематического и силового анализа рычажных механизмов, при выполнении лабораторных работ:

- “Кинематический анализ рычажных механизмов”;
- “Силовой анализ рычажных механизмов” в среде диалоговой автоматизированной системы анализа рычажных механизмов «DIADA».

Общие сведения об использовании системы «DIADA»

Система автоматизированного анализа механизмов «DIADA» работает под управлением операционной системы MS DOS и предоставляет пользователям возможность опера-

тивного осуществления кинематического и силового анализа рычажных механизмов в режиме диалога.

Математическая модель механизма для кинематического и силового анализа системой формируется автоматически. При этом используются классические методы анализа, методы построения планов положений, скоростей, ускорений и сил.

Запуск системы:

1. Включить ЭВМ.
2. Выбрать каталог: DIADA
3. Запустить: diada.exe
4. После запуска системы выбрать один из видов ввода структуры исследуемого механизма:

а) ввод с клавиатуры. При первоначальном вводе структуры механизма выбрать этот вид ввода, затем перейти к подготовительному этапу, т.е. вводу структуры исследуемого механизма.

б) ввод из набора данных, в котором записана информация о механизме. При этом эта информация должна быть в каталоге DIADA. Если данные о механизме сохранили на дискете, то необходимо этот файл переписать с дискеты на винчестер в каталог DIADA. После этого запустить систему, выбрать режим ввода с файла и на запрос системы указать имя этого файла без расширения, например: KRIV и нажать клавишу “Ввод”.

После считывания файла выбрать необходимый режим работы с системой:

- ввод изменений в структуру механизма,
- режим дальнейшего анализа механизма.

Все этапы анализа (подготовительный, кинематика, силовой анализ) осуществляются в режиме диалога с ЭВМ в виде ввода ответов на соответствующие запросы системы DIADA.

Выход из системы:

1. На любом этапе анализа нажать клавишу “ESC”.
2. В меню системы “DIADA” выбрать режим “выход”.

1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Общим при использовании систем автоматизированного анализа механизмов является наличие подготовительного этапа. На этом этапе необходимо:

1. Начертить на листе бумаги кинематическую схему механизма и обозначить буквами или цифрами (не более 2-х букв или цифр) все кинематические пары, звенья и дополнительные точки на звеньях (центры масс звеньев, точки приложения сил и т.д.).

2. Ввести неподвижную систему координат, связать ее с неподвижным звеном (со стойкой).

3. После этого перейти к описанию кинематических пар механизма, в режиме диалога заполнить предлагаемую таблицу кинематических пар:

1.1. Описание кинематических пар

Перечислите кинематические пары механизма, вводя в таблицу пар ТИП пары, ИМЕНА (номера) звеньев, составляющих пару, и ИМЯ пары

*** Тип пары: R – вращательная пара, P – поступательная пара.

*** После имени, состоящим из одной буквы или цифры, нажмите клавишу “ВВОД”

Имена, состоящие из 2-х символов, вводятся автоматически, без нажатия клавиши “ВВОД”.

*** Для исключения ошибочно введенных пар в графе ТИП наберите “E”. Вводите описание кинематических пар механизма, заполняя таблицу пар.

Таблица пар:

ТИП	ИМЕНА	ЗВЕНЬЕВ	ИМЯ ПАРЫ
-----	-------	---------	----------

Для выхода из этапа нажмите клавишу “ПРОБЕЛ”

Например: При анализе кривошипно-ползунного механизма, обозначенные звенья и кинематические показаны на схеме, которая приведена ниже. Размеры длин звеньев следующие:

$$L_1=0,06 \text{ (м)}; L_2=0,18 \text{ (м)}; \omega=10 \text{ (1/с)}; \varphi=30^0$$

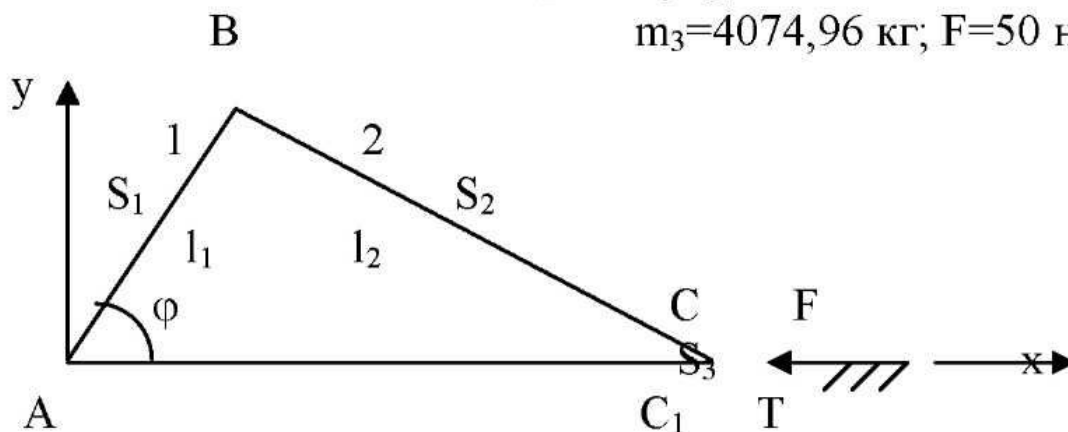
$$l_{AS_1}=0.03 \text{ м}$$

$$l_{BS_2}=0.09 \text{ м}$$

$$m_1=5 \text{ кг}; J_{S_1}=10 \text{ кгм}^2$$

$$m_2=8 \text{ кг}; J_{S_2}=20 \text{ кгм}^2$$

$$m_3=4074,96 \text{ кг}; F=50 \text{ н}$$



При описании кинематических пар таблица КП будет иметь вид:

Таблица пар:

ТИП	ИМЕНА	ЗВЕНЬЕВ	ИМЯ ПАРЫ
R	0	1	A
R	1	2	B
R	2	3	C
P	3	0	C ₁

- Для выхода из этапа нажмите клавишу “ПРОБЕЛ”
- После нажатия клавиши “ПРОБЕЛ”, на экране выведется следующая информация:

Таблица пар:

ТИП	ИМЕНА	ЗВЕНЬЕВ	ИМЯ ПАРЫ
R	0	1	A
R	1	2	B
R	2	3	C
P	3	0	C ₁

***** Введено 4 звена и 4 кинематические пары**

***** Формальное число степеней свободы $W=1$**

Таблица введенных пар:

ТИП	ИМЯ ПАРЫ	ИМЕНА	ЗВЕНЬЕВ
R	A	0	1
R	B	1	2
R	C	2	3
P	C ₁	3	0

Таблица звеньев механизма (для справок):

ИМЯ ЗВЕНА	ИМЕНА ПАР НА ЗВЕНЕ	
0	A	D
1	A	B
2	B	C
3	C	C ₁

***** Все кинематические пары перечислены? (Y, N)**

После ответа "Y" на экран выведутся таблицы КП:

R	0	1	A
R	1	2	B
R	2	3	C
P	3	0	C ₁

***** Введено 4 звена и 4 кинематические пары**

***** Формальное число степеней свободы W=1**

ТИП	ИМЯ ПАРЫ	ИМЕНА	ЗВЕНЬЕВ
R	A	0	1
R	B	1	2
R	C	2	3
P	C ₁	3	0

После этого подготовительный этап завершается, на экран выводится сообщение:

***** Этап *1.1. окончен**

Для перехода к анализу механизма выбирается стойка и начальное звено, для этого необходимо дать ответы на соответствующие запросы в режиме диалога с ЭВМ:

СТОЙКА-ЗВЕНО <ввести номер звена, взятое за стойку>, нажать клавишу <Ввод>

После ответа выводится сообщение об окончании этапа выбора стойки.

НАЧАЛЬНОЕ ЗВЕНО-ЗВЕНО <ввести номер начального звена>, нажать клавишу <Ввод>

После ответа дается соответствующее сообщение.

Например, для рассматриваемого примера будет выведено на экран:

* 1.2 ВЫБОР СТОЙКИ

Стойка – Звено 0

*** Этап *1.2 окончен.

* 1.3 ВЫБОР НАЧАЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ

(W=1)

Начальное звено – Звено 1

*** Этап * 1.3 закончен.

В дальнейшем предлагается выбрать режим анализа. Для этого необходимо выбрать ответ “Yes” или “No” на вопрос:

“Будет проводиться силовой анализ механизма? (Y, N)”.

При ответе “Yes” система настраивается на режим силового анализа механизма и запрашивает дополнительную информацию. Режим силового анализа подробно рассмотрен в разделе “Силовой анализ механизмов”.

Рассмотрим случай, когда на заданный запрос системы дан ответ “No”, система DIADA при этом ответе настраивается на режим кинематического анализа механизма.

Следует запрос системы:

Есть ли на звеньях точки, представляющие интерес? (Y, N)

При ответе “Y” необходимо ввести идентификаторы (обозначения) этих точек.

При ответе “N” завершается этот этап, выдается сообщение:

“Дополнительных точек нет”

*** Этап * 1.4 окончен.

Система переходит к структурному анализу механизма:

*** 1.5 СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА**

Для структурного анализа необходимо (см. подсказку на экране ЭВМ):

1. Разбить механизм на группы Ассура.
2. Перечислить их в порядке кинематического анализа, начиная с групп, связанных с начальным звеном.
3. Ввести в таблицу (в соответствующие позиции) имена (номера) звеньев, входящих в группу:

Группа Ассура	Имена звеньев		Номер диады
диада			

Для выхода из этапа необходимо нажать <Пробел>.

Например, для рассматриваемого примера таблица будет иметь вид:

Группа	Имена звеньев		Номер группы
диада	2	3	1

На экран выводится информация о порядке анализа:

<Этап 1.5 закончен>

<Предложен следующий порядок анализа>

Тип	Имена звеньев		Известные пары		Неизвестные
стойка	0	-	А	C_1	-
нач. звено	1	-	А	-	В
диада	2	3	В	C_1	С

После этого необходимо дать ответ на вопрос:

***** Описание структуры механизма сделано верно? (Y,N)**

При ответе “N” дать правильное описание структуры механизма.

Ответ “Y” завершает этап структурного анализа механизма и устанавливается “ЭТАП 2 “РАЗМЕРЫ”.

Этот этап состоит из нескольких пунктов:

2.1. КООРДИНАТЫ ПАР СТОЙКИ.

Необходимо задать абсолютные координаты кинематических пар стойки. Эти координаты задаются в виде:

а) для вращательных КП –

$$x = \langle \text{Ввести координату } x \rangle, \langle \text{Ввод} \rangle$$

$$y = \langle \text{Ввести координату } y \rangle, \langle \text{Ввод} \rangle$$

б) для поступательных КП – задаются координаты какой-либо точки, лежащей на направляющей этой кинематической пары:

$$x = \langle \text{Ввести координату } x \rangle, \langle \text{Ввод} \rangle$$

$$y = \langle \text{Ввести координату } y \rangle, \langle \text{Ввод} \rangle$$

и угол до положительного направления пары от оси абсцисс (в град):

$$\varphi = \langle \text{Ввести величину угла} \rangle, \langle \text{Ввод} \rangle$$

Например, (для рассматриваемого примера):

координаты пары A:

$$x = 0 \langle \text{Ввод} \rangle$$

$$y = 0 \langle \text{Ввод} \rangle$$

координаты какой-либо точки, лежащей на направляющей пары C1:

$$x = 0 \langle \text{Ввод} \rangle$$

$$y = 0 \langle \text{Ввод} \rangle$$

Угол до положительного направления пары C1 от оси абсцисс (в град)=0 град.

2.2. ДЛИНЫ ЗВЕНЬЕВ

Вводятся размеры звеньев. Под размерами звена понимаются:

- а) для звена с двумя вращательными парами – расстояние между шарнирами (центрами кинематических пар);
- б) для звена с одной вращательной и одной поступательной парами – длина перпендикуляра из центра вращательной пары на направляющую поступательной пары;
- в) для звена с двумя поступательными парами – угол между направляющими обих поступательных пар.

Эти данные вводятся в ответ на соответствующие сообщения на экране, например, для рассматриваемого примера:

*** Звено 1 – Расстояние между шарнирами A и B равно 0.06 <Ввод>

*** Звено 2 – Расстояние между шарнирами B и C равно 0.18 <Ввод>

*** Звено 3 – лежит ли вращательная пара C на направляющей поступательной пары C1? (Y, N)

а) Если ответ “N”, то вводится дополнительная информация в виде ответа на появляющиеся на экране сообщения в режиме диалога.

б) ответ “Y” завершает пункт данного этапа задания размеров звеньев механизма и осуществляется переход к следующему пункту этого этапа:

Выбор правильной сборки у кинематических групп

Предлагается вариант сборки, например, для рассматриваемого примера:

ГРУППА 2-го ВИДА $\Rightarrow\Rightarrow$ B-C-C₁

ВЕКТОР ВС СОСТАВЛЯЕТ ОСТРЫЙ УГОЛ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ ПАРЫ С1? (Y, N)

а) ответ “N” требует дополнительного ввода информации в режиме диалога;

б) ответ “Y” завершает этап.

После завершения этапа “РАЗМЕРЫ” на экран выдается сообщение:

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БУДЕТ ПРОВОДИТЬСЯ В СЛЕДУЮЩЕЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ (для примера)

Тип	Имена звеньев	Известные пары	Неизвестные
Стойка	0 -	A C1	-
Нач. звено	1 -	A -	B
Диада	2 3	B C1	C

или [1] \Rightarrow [2 - 3]

ведущ. 2 кл., 2 вид

Параметры всех звеньев и точек заданы правильно? (Y, N)

а) Ответ “N” требует ввода правильных параметров,

б) По ответу “Y” устанавливается этап визуальной проверки правильности описания механизма. При этом выдается запрос на ввод закона движения начального звена:

Для рассматриваемого примера:

ПОВОРОТ ЗВЕНА 1 ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ АБСЦИСС РАВЕН (В ГРАД) - <необходимо ввести угол поворота звена 1> и нажать клавишу “Ввод”.

На экран монитора выводится план положения механизма.

После нажатия клавиши “ESC” на экране монитора появляется меню системы:

СБРОС И НАЧАЛО
ВВОД СТРУКТУРЫ
ВВОД РАЗМЕРОВ
АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ
ДВИЖЕНИЕ МЕХАНИЗМА
ГРАФИКИ ФУНКЦИЙ
ВЫХОД

Дальнейшая работа осуществляется в соответствии с выбранным режимом в меню системы “DIADA. Установив курсор в меню на пункт “Анализ кинематики”, переходят к кинематическому анализу механизма (этап 3).

“КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ”

Войти в этап 3 или в меню выбрать режим “Анализ кинематика”.

3.1. Положение начальных звеньев

Задаются кинематические параметры начального звена, которые зависят от типа кинематической пары, связывающие начальное звено со стойкой:

- при вращательной КП – это угол от оси абсцисс и соответствующие угловые скорости и ускорения. Положительное направление этих параметров – если они направлены против хода часовой стрелки.

- при поступательной КП – это расстояние, измеряемое вдоль направления поступательной пары от заданной точки стойки до точки начального звена, а также линейные скорость и ускорение точек начального звена, измеряемые вдоль направления поступательной пары.

Для задания положений начальных звеньев необходимо ответить в диалоге на вопросы и ввести в ЭВМ необходимые данные:

Результат кинематического анализа будет выводиться на экран? (Y, N)

Дать ответ: Y, (вид результатов анализа приведен в приложении 1,

Результат кинематического анализа будет выводиться на печать? (Y, N)

Дать ответ: “Y” – если есть необходимость выводов результатов на печать (вид распечатки приведен в приложении 2)

“N” – если результаты не будут выводиться на печать.

Результат кинематического анализа будет сопровождаться изображением механизма на экране? (Y, N)

Дать ответ: Y

Задайте число анализируемых положений начального звена - <Ввести число>, <Ввод>

Начальное положение угла поворота начального звена - <Ввести число>, <Ввод>.

Угловая скорость начального звена - <Ввести число>, <Ввод>

Угловое ускорение начального звена - <Ввести число>, <Ввод>

Шаг изменения положения начального звена (в град) - <Ввести число>, <Ввод>

После ввода последнего ответа система производит кинематический анализ механизма. Результаты анализа будут выведены на экран (приложение 1), также выводится на экран имя файла, в котором запоминаются результаты. Для вывода результатов на печать выводится на экран запрос системы:

**БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ СРАЗУ?
(Y, N)**

- При ответе “Y” выдается сообщение
***** ПОДГОТОВЬТЕ ПРИНТЕР И НАЖМИТЕ ЛЮБУЮ КЛАВИШУ.**

После распечатки результатов (приложение 2) выход в меню.

- При ответе “N” выход в меню. Распечатать результаты можно после окончания работ из файла, в котором запомнились результаты анализа.

Для дальнейшей работы в меню выбрать нужный режим работы:

а) “ДВИЖЕНИЕ МЕХАНИЗМА”.

В этом режиме на экране демонстрируется работа механизма с выдачей на экране изображения положений механизма, планов скоростей и ускорений для этих положений.

б) “ГРАФИКИ ФУНКЦИЙ”

При выборе этого пункта меню на экране будут представлены результаты кинематического анализа механизмов в виде графиков. Вывести графики на печать. Выбор соответствующего графика осуществляется из меню этого раздела:

ПАРА
ЗВЕНО
ТОЧКА

Для изменения структуры механизма предлагается пункт меню “ВВОД СТРУКТУРЫ”. По этому пункту система переходит на этап 1 “ОПИСАНИЕ КП”, после которого вводятся изменения в структуру механизма или вводится структура нового механизма.

По пункту меню “ВВОД РАЗМЕРОВ” осуществляется переход на этап 2 “ВВОД РАЗМЕРОВ” для ввода изменений в размерах механизма.

Эти же пункты могут быть использованы при вводе для анализа нового механизма без выхода из системы. Пункт меню “СБРОС И НАЧАЛО” сбрасывает всю предыдущую информацию о механизме, очищает память и предлагает начать ввод структуры механизма с клавиатуры или с ранее созданного файла на дискете или на винчестере.

По пункту меню “ВЫХОД” осуществляется выход из системы “DIADA” в среду операционной системы MS DOS.

Ответить на запросы системы “DIADA”:

- а) Файл диалога сохранить? (Y, N) Y
- б) Файл сохранить под именем DIADA? (Y, N) Y
- в) Ввести имя файла (без расширения) - <задать любое имя>

Под заданным именем в каталоге DIADA сохранится ваш файл, переписать этот файл на свою дискету.

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Силовой анализ механизмов осуществляется после выполнения пункта “Кинематический анализ рычажных механизмов”, т.е. файл с данными механизма имеется на винчестере или на дискете.

Необходимо считать этот файл. Для этого:

а) Включить ЭВМ

б) Войти в каталог DIADA и запустить: diada.exe

в) Выбрать вид ввода:

- Ввод с клавиатуры – для первоначального ввода структуры механизма, если ранее структура механизма не вводилась в ЭВМ.

- Ввод с диска: 1. Если набор данных о механизме есть в каталоге DIADA на винчестере, то указывается имя файла без расширения.

2. Если файл записан на дискету, то необходимо этот файл до запуска системы DIADA переписать в каталог DIADA винчестера, а затем указать имя файла без расширения на запрос системы и считать его.

- В меню выбрать режим “Ввод структуры”, без выхода из системы DIADA.

После считывания набора данных (файла) проверить исходные данные (до этапа 13), если файл был считан с винчестера.

Если файл вводится с клавиатуры, то дойти, отвечая на соответствующие запросы системы до этапа 1.3, в котором задается вопрос:

***** БУДЕТ ПРОВОДИТЬСЯ СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА? (Y, N)**

Ответ должен быть – Y.

По этому ответу система DIADA настраивается на силовой анализ механизма.

На экране монитора появляются вопросы, требующие ввода дополнительной информации для силового анализа, например, для рассматриваемого механизма:

*** Будет проводиться силовой анализ механизма? (Y, N) Y

*** Перечислите ЦЕНТРЫ МАСС всех звеньев по образцу:
ИМЯ ЗВЕНА = ИМЯ ТОЧКИ ЦЕНТРА МАСС ЗВЕНА.

(При отсутствии у звена массы вводите пробел)

Для рассматриваемого примера:

Центр масс звена 1 лежит в точке S1 <Ввод>

Центр масс звена 2 лежит в точке S2 <Ввод>

Центр масс звена 3 лежит в точке S3 <Ввод>

*** Перечислите точки ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛ на звеньях по образцу:

ИМЯ ЗВЕНА = ИМЯ ТОЧКИ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ.

Для выхода из этапа задания сил вводите пробел вместо имени ЗВЕНА

Пример: ЗВ3 = Т и ЗВ = __

На звене 3 сила приложена в точке Т

*** Все точки приложения сил перечислены? (Y, N?) Y

На звене 3 сила приложена в точке Т

* 1.4 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТОЧКИ.

Есть ли на звеньях еще точки, представляющие интерес? (Y, N).

При ответе "N" сообщение:

*** Дополнительных точек нет

При ответе "Y" необходимо ввести идентификаторы этих точек.

*** Этап * 1.4. окончен.

Этап 1.5. Структурный анализ механизма.

Повторяется описание структуры рассматриваемого механизма.

Разбейте механизм на группы Ассура (диады).

Перечислите их в порядке возможности кинематического анализа, начиная с групп, связанных с начальным звеном.

Вводите в таблицу имена (номера) звеньев, входящих в группу

*** После ввода имени, состоящего из одной буквы или цифры, нажимайте клавишу <ВВОД>.

Таблица групп Ассура:

ГРУППА	ИМЕНА ЗВЕНЬЕВ		НОМЕР ДИАДЫ
Диада	2	3	1

*** Этап * 1.5. закончен.

Предложен следующий порядок анализа:

ТИП	ИМЕНА ЗВЕНЬЕВ		ИЗВЕСТНЫЕ ПАРЫ		НЕИЗВЕСТНЫЕ
Стойка	0	-	А	С1	-
Нач. зв.	1	-	А	-	В
Точка	1	-	-	-	С1
Диада	2	3	В	С1	С
Точка	2	-	-	-	С2
Точка	3	-	-	-	С3
Точка	3	-	-	-	Т

*** Описание структуры механизма сделано верно? (Y, N) Y

Точка | 3 | - | - | - | Т

*** Описание структуры механизма сделано верно? (Y, N)
Y

*** ЭТАП 2 “РАЗМЕРЫ”

* 2.1. КООРДИНАТЫ ПАР СТОЙКИ.

Задайте АБСОЛЮТНЫЕ координаты кинематических пар стойки

Координаты пары А : $X = \langle 0.00 \rangle \text{М}$. $Y = \langle 0.00 \rangle \text{М}$.

* 2.2. ДЛИНЫ ЗВЕНЬЕВ

Введите размеры звеньев. Под размером звена понимается:

а) Для звена с двумя вращательными парами – расстояние между шарнирами;

б) Для звена с одной вращательной и одной поступательной парами – длина перпендикуляра из центра вращательной пары на направляющую поступательной пары;

в) Для звена с двумя поступательными парами – угол между направляющими обеих поступательных пар.

*** Звено 1 – Расстояние между шарнирами А и В равно $\langle 0.06 \rangle$, $\langle \text{Ввод} \rangle$

*** Звено 2 – Расстояние между шарнирами В и С равно $\langle 0.180 \rangle$, $\langle \text{Ввод} \rangle$

*** Звено 3 – Расстояние между шарнирами С1 и С равно $\langle 0.000 \rangle$, $\langle \text{Ввод} \rangle$

*** Выбор правильной сборки у кинематических групп

Группа 2-го вида $\Rightarrow \text{В} - \text{С} - \text{С1}$

*** Пары В, С и С1 обходятся по часовой стрелке.

*** Этап окончен.

На следующем этапе 2.3 “Координаты точек на звеньях” задаются:

а) относительные координаты ЦЕНТРА МАСС на звене: (например, для рассматриваемого примера):

- РАССТОЯНИЕ ОТ ПАРЫ <А> ДО ЦЕНТРА МАСС <S1> ЗВЕНА <1> РАВНО <0.03>, <Ввод>

Угол от ВЕКТОРА <АВ> до ВЕКТОРА <AS1> РАВЕН <0>, <Ввод>

- РАССТОЯНИЕ ОТ ПАРЫ <В> ДО ЦЕНТРА МАСС <S2> ЗВЕНА <2> РАВНО <0.09>, <Ввод>

Угол от ВЕКТОРА <ВС> до ВЕКТОРА <BS2> РАВЕН <0>, <Ввод>

- РАССТОЯНИЕ ОТ ПАРЫ <С> ДО ЦЕНТРА МАСС <S3> ЗВЕНА <3> РАВНО <0>, <Ввод>

б) относительные координаты точек приложения СИЛ на звене:

- РАССТОЯНИЕ ОТ ПАРЫ <С> ДО ТОЧКИ <Т> ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ К ЗВЕНУ <3> РАВНО <0.0>, <Ввод>

Этап завершается, выдается таблица последовательности кинематического анализа:

Этап окончен

Кинематический анализ будет проводиться в следующей последовательности:

ТИП	ИМЕНА ЗВЕНЬЕВ		ИЗВЕСТНЫЕ ПАРЫ		НЕИЗВЕСТНЫЕ
	0	1	2	3	
Стойка	0	-	А	С1	-
Нач. зв.	1	-	А	-	В
Точка	1	-	-	-	S1
Диада	2	3	В	С1	С
Точка	2	-	-	-	S2
Точка	3	-	-	-	S3
Точка	3	-	-	-	Т

Или

[1] ⇒ [2 - 3]

Ведущ. 2 кл. 2 вид

***** Задайте инерционные характеристики звеньям в виде:**

- - Звено <номер звена> Масса звена равна (в кг):

<Ввести число>, <Ввод>

Момент инерции звена равен (в кг*м*м):

<Ввести число>, <Ввод>

Для рассматриваемого примера:

***** Задайте инерционные характеристики звеньям**

- - Звено 1 Масса звена равна (в кг): 5<Ввод>

Момент инерции звена равен (в кг*м*м):

10<Ввод>

- - Звено 2 Масса звена равна (в кг): 8<Ввод>

Момент инерции звена равен (в кг*м*м):

20<Ввод>

- - Звено 3 Масса звена равна (в кг): <4074.96>,

<Ввод>

***** Инерционные характеристики всех звеньев заданы правильно? (Y, N) Y**

***** Задайте силы, действующие на звенья**

- - Звено 3 Сила, приложенная в точке <Т>, равна (в н):

<50.00>, <Ввод>

Наклон вектора силы к оси абсцисс равен (в град):

<00.00>, <Ввод>

***** Задайте внешние моменты, приложенные к звеньям**

Внешний момент, действующий на звено, <2> равен (в нм): <00.00>, <Ввод>

Внешний момент, действующий на звено <3> равен (в нм): <00.00>, <Ввод>

***** Параметры всех звеньев и точек механизма заданы правильно? (Y, N) Y**

Далее ответить на запрос системы:

Поворот звена <1> относительно оси абсцисс равен (в град)?

<Ввести число> и <Ввод>

После ответа на экран монитора выводится план положения механизма.

Нажатие любой клавиши приводит к появлению на экране меню системы DIADA.

Для продолжения необходимо в меню выбрать пункт **“Анализ кинематика”**, задать положение начальных звеньев и ответить на соответствующие запросы системы, например, для рассматриваемого примера:

***** ЭТАП 3 “КИНЕМАТИКА” (этап повторяется)**

***3.1. ПОЛОЖЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ**

Задайте кинематические параметры начального звена

(Кинематические параметры начального звена зависят от типа пары, связывающей начальное звено со стойкой:

- при вращательном типе пары – это угол от оси абсцисс и соответственно угловые скорость и ускорение;

(положительное направление – ПРОТИВ часовой стрелки)

- при поступательном типе пары – это расстояние, измеряемое вдоль направления поступательной пары от заданной точки стойки до точки начального звена, а также линейные скорость и ускорение точек начального звена, измеряемые вдоль направления поступательной пары;

Результат кинематического анализа будет выводиться на экран? (Y, N) Y

Результат кинематического анализа будет выводиться на печать? (Y, N) Y

Результат кинематического анализа будет сопровождаться изображением механизма на экране? (Y, N) Y.

Задайте число анализируемых положений начального звена - <Ввести число>, <Ввод>

Начальное положение угла поворота начального звена -
<Ввести число>, <Ввод>

Угловая скорость начального звена - <Ввести число>,
<Ввод>

Угловое ускорение начального звена - <Ввести число>,
<Ввод>

Шаг изменения положений начального звена - <Ввести
число>, <Ввод>

После ввода информации система приступает к анализу. После завершения анализа на экран выводятся результаты кинематического анализа и результаты силового анализа (приложение 3), которые необходимо вывести на печать (более подробно вывод результатов описан в разделе “Анализ кинематики”). Вид распечатки приведен в приложении 4.

Для дальнейшей работы в меню системы выбрать необходимый режим работы:

а) “ДВИЖЕНИЕ МЕХАНИЗМА”. Просмотреть работу механизма, планы скоростей и ускорений для каждого положения начального звена.

б) “ГРАФИКИ ФУНКЦИЙ”. В этом режиме результаты кинематического и силового анализа будут представлены на экране монитора в виде графиков. Необходимо вывести их на печать. Выбор вида графика осуществляется из меню этого раздела (см. Раздел “Кинематический анализ”).

в) Для ввода в систему нового механизма или внесения изменений в структуру анализируемого механизма выбрать один из режимов

“СБРОС И НАЧАЛО”
“ВВОД СТРУКТУРЫ”
“ВВОД РАЗМЕРОВ”

г) После завершения работ выбрать режим “ВЫХОД” и ответить на соответствующие запросы системы:

Файл диалога сохранить? (Y, N) Y

Файл сохранить под именем DIADA? (Y, N) N

<Ввести имя файла (без расширения) - <задать любое имя>

Под этим именем в каталоге DIADA сохранится ваш файл диалога, необходимо переписать этот файл на свою дискету.

Для осознанного использования системы автоматизированного анализа механизмов “DIADA” необходим некоторый минимум знаний по объекту и методам исследования. Вопросы для самопроверки приведены ниже:

1. Что такое звено, кинематическая пара, кинематическая цепь, структурная группа, механизм?

2. Какое звено называется начальным, входным звеном?

3. Что такое обобщенная координата механизма?

4. Порядок разложения механизма на структурные группы Ассура?

5. Классификация групп Ассура.

6. Порядок и методы кинематического анализа механизмов.

7. Задачи силового анализа механизмов.

8. Силы и моменты, действующие на звенья механизма.

9. Определение сил реакции в кинематических парах механизма.

10. Системы автоматизированного анализа механизмов, какие знаете?

Литература

1. Артоболевский И.И. “Теория механизмов и машин”. М., Наука, 1988.
2. Попов С.А. “Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин”. М., Высшая школа, 1986.
3. Сумский С.Н. “Расчет кинематических и динамических характеристик плоских рычажных механизмов”. М., Машиностроение, 1980.

**РЕЗУЛЬТАТЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА:**

Положение номер 1

Ведущее звено 1. (Вектор А В)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=10.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Ведущее звено 1 пара В

Координаты $X=0.060$ $Y=0.000$

Скорость $V=0.600$

Наклон скорости $\text{ALV}=90.00$

Проекция скорости: $V_x=0.000$, $V_y=0.600$

Ускорение $W=6.000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=180.00$

Проекция ускорения: $W_x=-6.000$, $W_y=0.000$

Группа (2-3). Пара С

Координаты $X=0.240$ $Y=0.000$

Скорость $V=0.000$

Ускорение $W=8.000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-180.00$

Проекция ускорения: $W_x=-8.000$, $W_y=-0.000$

Звено 2. (Вектор В С)

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=-3.333$

Угловое ускорение $\text{EPS}=-0.000$

Звено 3. (Направление пары С1)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=0.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Нажмите любую клавишу...

ПЛАН ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА

(для положения 1)

ПОЛОЖЕНИЕ НОМЕР 2

Ведущее звено 1. (Вектор А В)

Наклон $F_i=10.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=10.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Ведущее звено 1 пара В

Координаты $X=0.059$ $Y=0.010$

Скорость $V=0.600$

Наклон скорости $\text{ALV}=100.00$

Проекции скорости: $V_x=-0.104$, $V_y=0.591$

Ускорение $W=6.000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-170.00$

Проекции ускорения: $W_x=-5.909$, $W_y=-1.042$

Группа (2 – 3). Пара С

Координаты $X=0.239$ $Y=0.000$

Скорость $V=0.138$

Наклон скорости $\text{ALV}=-180.00$

Проекции скорости: $V_x=-0.138$, $V_y=-0.000$

Ускорение $W=7.798$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-180.00$

Проекции ускорения: $W_x=-7.798$, $W_y=-0.000$

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

Звено 2. (Вектор В С)

Наклон $F_i=-3.32$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=-3.288$

Угловое ускорение $\text{EPS}=5.171$

Звено 3. (Направление пары С1)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=0.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Нажмите любую клавишу...

ПЛАН ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА
(для положения 2)

Приложение 2

ВИД РАСПЕЧАТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КИНЕМАТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА
(для двух положений начального звена)

Program DIADA v 2.02 Serial Number 21D400 R D:1.4.1998 B:
13.20.34 E: 13.54.44

Diada-----

Угловое положение подвижных звеньев (град., рад/сек,
рад/сек/сек) положения

Имя		1	2
1	F _i	0.00	10.00
	Omega	10.000	10.000
	Eps	0.000	0.000
2	F _i	0.00	-3.32
	Omega	-3.333	-3.288
	Eps	-0.000	5.171
3	F _i	0.00	0.00
	Omega	0.000	0.000
	Eps	0.000	0.000

Подвижные кинематические пары и точки
(метры, м/сек, м/сек/сек, град, рад/сек, рад/сек/сек)

Имя		1	2
В	X	0.0600	0.0591
	Y	0.0000	0.0104
	V	0.6000	0.6000
наклон	ALV	90.00	100.00
скорости	V _x	0.0000	-0.1042

	Vy	0.6000	0.5909
	W	6.0000	6.0000
наклон	BETW	180.00	-170.00
ускорения			
	Wx	-6.0000	-5.9088
	Wy	0.0000	-1.0419
C	X	0.2400	0.2388
	Y	0.0000	0.0000
	V	0.0000	0.1384
наклон	ALV	0.00	-180.00
скорости			
	Vx	0.0000	-0.1384
	Vy	0.0000	-0.0000
	W	8.0000	7.7979
наклон	BETW	-180.00	-180.00
ускорения			
	Wx	-8.0000	-7.7979
	Wy	-0.0000	-0.0000

РЕЗУЛЬТАТЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО
АНАЛИЗА НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА

ПОЛОЖЕНИЕ НОМЕР 1

Ведущее звено 1. (Вектор А В)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=10.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Ведущее звено 1 пара В

Координаты $X=0.060$ $Y=0.000$

Наклон скорости: $V_x=0.000$, $V_y=0.600$

Ускорение $W=6/000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=180.00$

Проекция ускорения: $W_x=-6.000$, $W_y=0.000$

Группа (2-3). Пара С

Координаты $X=0.240$ $Y=0.000$

Скорость $V=0.000$

Ускорение $W=8.000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-180.00$

Проекция ускорения: $W_x=-8.000$, $W_y=-0.000$

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

Звено 2. (Вектор В С)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=-3.333$

Угловое ускорение $\text{EPS}=-0.000$

Звено 3. (Направление пары С1)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=0.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

***** Реакции шарниров на стойку**

Пара А

Сила реакции (на звено 1 со стороны звена 0) равна 181.9018 Н.

Наклон вектора силы 126.03 град.

Проекция силы на ось абсцисс = -107.0001, на ось ординат = 147.1028

Пара С1

Сила реакции (на звено 0 со стороны звена 3) равна 49.0500 Н.

Наклон вектора силы -90.00 град.

(Реакция приложена в основании перпендикуляра, опущенного из пары С1). (X=0.240 Y=0.000)

Момент сил реакции (на звено 0 со стороны звена 3) равен 0.0000 НМ

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

***** Реакции в кинематических парах**

Пара В

Сила реакции (на звено 2 со стороны звена 1) равна 91.2957 Н.

Наклон вектора силы 147.50 град.

Проекция силы на ось абсцисс = -77.0000, на ось ординат = 49.0500

***** Уравновешивающий момент на звене 1 равен 5.886 НМ**

Пара С

Сила реакции (на звене 3 со стороны звена 2) равна 47.0000 Н.

Наклон вектора силы 180.00 град.

Проекция силы на ось абсцисс = -47.0000, на ось ординат = 0.0000

Нажмите любую клавишу...

ПЛАН ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА (для положения 1)

Положение номер 2

Ведущее звено 1. (Вектор А В)

Наклон $F_{\text{ит}}=10.00$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=10.000$

Угловое ускорение $\text{EPS}=0.000$

Ведущее звено 1 пара В

Координаты $X=0.059$ $Y=0.010$

Скорость $V=0.600$

Наклон скорости $\text{ALV}=100.00$

Проекция скорости $V_x=-0.104$ $V_y=0.591$

Ускорение $W=6.000$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-170.00$

Проекция ускорения: $W_x=-5.909$, $W_y=-1.042$

Группа (2-3). Пара С

Координаты $X=0.239$ $Y=0.000$

Скорость $V=0.138$

Наклон скорости $\text{ALV}=-180.00$

Проекция скорости: $V_x=-0.138$, $V_y=-0.000$

Ускорение $W=7.798$

Наклон ускорения $\text{BETW}=-180.00$

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

Звено 2. (Вектор В С)

Наклон $F_i=-3.32$ Угловая скорость $\text{OMEGA}=-3.288$

Угловое ускорение $EPS=5.171$

Звено 3. (Направление пары C1)

Наклон $F_i=0.00$ Угловая скорость $OMEGA=0.000$

Угловое ускорение $EPS=0.000$

***** Реакции шарниров на стойку**

Пара А

Сила реакции (на звено 1 со стороны звена 0) равна 138.9085 Н.

Наклон вектора силы – 139.15 град.

Проекция силы на ось абсцисс = -105.0699, на ось ординат = -90.8618

Пара C1

Сила реакции (на звено 0 со стороны звена 3) равна 276.5964 Н.

Наклон вектора силы – 90.00 град.

(Реакция приложена в основании перпендикуляра, опущенного из пары C на направляющую пары C1). ($X=0.239$
 $Y=0.000$)

Момент сил реакции (на звено 0 со стороны звена 3) равен 0.0000 НМ

Нажмите любую клавишу для продолжения вывода...

***** Реакции в кинематических парах**

Пара В

Сила реакции (на звено 2 со стороны звена 1) равна 198.6284 Н.

Наклон вектора силы – 112.35 град.

Проекция силы на ось абсцисс = -75.5339, на ось ординат = -183.7059

***** Уравновешивающий момент на звене 1 равен -7.170 НМ**

Пара С

Сила реакции (на звено 3 со стороны звена 2) равна 232.1475 Н.

Наклон вектора силы – 101.43 град.

Проекция силы на ось абсцисс $= -45.9896$, на ось ординат $= -227.5465$

Нажмите любую клавишу...

ПЛАН ПОЛОЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА
(для положения 2)

ВИД РАСПЕЧАТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО АНАЛИЗА

(для двух положений начального звена)

Program DIADA v2.02 Serial Number 21D400 К D:1.4.1998
В:14.38.9 Е:14.5838

Diada-----

-

Угловое положение подвижных звеньев (град., рад/сек, рад/сек/сек)

Имя		1	2
1	F _i	0.00	10.00
	Omega	10.000	10.000
	Eps	0.000	0.000
2	F _i	0.00	-3.32
	Omega	-3.333	-3.288
	Eps	-0.000	5.171
3	F _i	0.00	0.00
	Omega	0.000	0.000
	Eps	0.000	0.000

Уравновешивающий момент на звене 1

M	5.8860	-7.1704
---	--------	---------

Подвижные кинематические пары и точки

(метры, м/сек, м/сек/сек, град, рад/сек, рад/сек/сек)

Имя		1	2
В	X	0.0600	0.0591
	Y	0.0000	0.0104

	V	0.6000	0.6000
	ALV	90.00	100.00
	V _x	0.0000	-0.1042
	V _y	0.6000	0.5909
	W	6.0000	6.0000
	BETW	180.00	-170.00
	W _x	-6.0000	-5.9088
	W _y	0.0000	-1.0419
C	X	0.2400	0.2388
	Y	0.0000	0.0000
	V	0.0000	0.1384
	ALV	0.00	-180.00
	V _x	0.0000	-0.1384
	V _y	0.0000	-0.0000
	W	8.0000	7.7979
	BETW	-180.00	-180.00
	W _x	-8.0000	-7.7979
	W _y	-0.0000	-0.0000

Реакции в кинематических парах. (Н, Нм)

1 2

Пара А стойки. Реакция на звено 1 со стороны звена 0

R	181.9018	138.9085
FiR	126.03	-139.15
R _x	-107.0001	-105.0699
R _y	147.1028	-90.8618

Пара С1 стойки. Реакция на звено 0 со стороны звена 3

R	49.0500	276.5964
FiR	-90.00	-90.00
R _x	-0.0000	-0.0000
R _y	-49.0500	-276.5964

Реакция приложена в основании перпендикуляра, опущенного из пары С на направляющую пары С1

Момент сил реакции на звено 0 со стороны звена 3

M	0.0000	0.0000
---	--------	--------

Пара В. Реакция на звено 2 со стороны звена 1

R	91.2957	198.6284
FiR	147.50	-112.35
Rx	-77.0000	-75.5339
Ry	49.0500	-183.7059

Пара С. Реакция на звено 3 со стороны звена 2

R	47.0000	232.1475
FiR	180.00	-101.43
Rx	-47.0000	-45.9896
Ry	0.0000	-227.5465