

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

## **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН**

Методические указания и контрольные задания  
для студентов специальности 1 – 36 08 01, специализации 1-36 08 01 01  
«Машины и аппараты легкой промышленности»  
заочной формы обучения

Витебск  
2007

УДК 621.01

Системы автоматизированного проектирования машин: методические указания и контрольные задания для студентов специальности 1-36 08 01, специализации 1-36 08 01 01 «Машины и аппараты легкой промышленности» заочной формы обучения.

Министерство образования Республики Беларусь, Витебск, УО «ВГТУ», 2007г.

Составители: к.т.н., доц. Бувич А.Э.,  
к.т.н., доц. Кириллов А.Г.,  
доц. Смирнова В.Ф.

В методических указаниях излагается содержание дисциплины, тематика лекционных и лабораторных занятий, даны задания 15 вариантов контрольной работы, приводятся указания по ее выполнению, а также пример решения и оформления.

Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 08 01, специализации 1-36 08 01 01 заочного факультета.

Одобрено кафедрой «Машины и аппараты легкой промышленности» УО «ВГТУ», протокол № 6 от 19 декабря 2007 г.

Рецензент: доц. Терентьев В.П.

Редактор: доц. Бувич Т.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2007 г.

Ответственный за выпуск: Данилова И.А.

Компьютерная графика: Белова Н.В.

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

-----  
Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч.- изд. лист \_\_\_\_\_

Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ Заказ № \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_ руб.

-----  
Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Лицензия 02330/0133005 от 01.04.2004 г.

210035, Витебск, Московский пр., 72

## Содержание

	Стр.
Введение	4
1. Цели и задачи преподавания дисциплины	4
2. Содержание дисциплины	5
3. Контрольные задания и методические указания к их выполнению	8
4. Варианты контрольных заданий	9
5. Пример выполнения контрольных заданий	24
Литература	34

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Система автоматизированного проектирования машин» изучается студентами специальности 1 – 36 08 01 «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания» заочной формы обучения на шестом курсе.

В настоящей методической разработке собраны все материалы, необходимые для самостоятельного изучения дисциплины, включая перечень тем, список литературы, задания к контрольной работе, пример выполнения контрольной работы. Кроме того, приводится тематика лекций, практических и лабораторных занятий, проводимых в период учебной сессии.

Использование настоящей методической разработки позволит студенту более глубоко освоить дисциплину и успешно подготовиться к сдаче итогового экзамена.

### 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Цель дисциплины - изучение структуры, принципов построения и функционирования систем автоматизированного проектирования машин, приобретение навыков в составлении и реализации на ЭВМ математических моделей механизмов машин легкой и текстильной промышленности.

#### 1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь представление о структуре систем автоматизированного проектирования машин, об основных технических параметрах и принципе действия основных технических средств САПР;
- владеть методами разработки кинематических и динамических моделей механизмов машин;
- иметь практические навыки работы с техническими средствами САПР.

#### 1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины

№ п.п.	Название дисциплины	Раздел (тема)
1	Вычислительная техника, программирование и расчеты на ЭВМ	Программирование на языке Turbo Pascal 7.0
2	Теория механизмов и машин	Кинематический анализ механизмов Силовой анализ механизмов

**2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**2.1. Лекции - 11 семестр (10 часов)**

№№ пп	Тема и план лекции	Кол-во часов	Цель и задачи те- мы
1	<p>Введение.</p> <p>Общие сведения о САПР:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-предмет и задачи дисциплины;</li> <li>-содержание работ по проектированию новой техники;</li> <li>-структура проектной документации;</li> <li>-предпосылки автоматизации проектных работ;</li> <li>-технико-экономические показатели функ-</li> </ul>	2	<p>Ознакомление с содержанием проектных работ и предпосылками их автоматизации</p>
2	<p>Структура САПР:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-место САПР в системе автоматизированного производства;</li> <li>-подсистемы САПР;</li> <li>-виды обеспечения САПР</li> </ul>	2	<p>Ознакомление со структурой САПР</p>
3	<p>Математические модели машин и методы их решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-параметры объекта проектирования, понятие о математической модели объекта;</li> <li>-требования, предъявляемые к математическим моделям;</li> <li>-классификация математических моделей;</li> <li>-краткая характеристика математических методов решения моделей</li> </ul>	2	<p>Получение общего представления о математических моделях машин и методах их решения</p>
4	<p>Общие сведения о кинематических моделях механизмов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-входные и выходные параметры;</li> <li>-принцип построения моделей;</li> <li>-блочный принцип построения моделей;</li> <li>-методы решения моделей;</li> <li>-кинематическая модель механизма 1-го класса.</li> </ul>	2	<p>Получение общего представления о кинематических моделях механизмов</p>
5	<p>Общие сведения о динамических моделях механизмов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-входные и выходные параметры;</li> <li>-блочный принцип построения моделей;</li> <li>-методы решения моделей</li> </ul>	2	<p>Получение общего представления о динамических моделях механизмов</p>

## 2.2. Практические занятия - 11 семестр (10 часов)

№№ пп	Тема и план практического занятия	Кол-во часов	Цель и зада- чи темы	Форма контроля
1	Кинематическая модель группы Ассур 2 класса 1 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры P21 и пример обращения к ней; -кинематическая модель расчета параметров третьей точки звена.	2	Изучение кинематической модели группы и процедуры для ее решения	Опрос
2	Кинематическая модель группы Ассур 2 класса 2 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры P22 и пример обращения к ней	2	Изучение кинематической модели группы и процедуры для ее решения	Опрос
3	Кинематическая модель группы Ассур 2 класса 3 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры P23 и пример обращения к ней	2	Изучение кинематической модели группы и процедуры для ее решения	Опрос
4	Динамическая модель группы Ассур 2 класса 3 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры PS23 и пример обращения к ней	1	Изучение динамической модели группы и процедуры для ее решения и	Опрос
5	Динамическая модель группы Ассур 2 класса 2 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры PS22 и пример обращения к ней	1	Изучение динамической модели группы и процедуры для ее решения	Опрос

№№ пп	Тема и план практического занятия	Кол-во часов	Цель и зада- чи темы	Форма контроля
6	Динамическая модель группы Ассура 2 класса 1 вида: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры PS21 и пример обращения к ней	1	Изучение динамической модели группы и процедуры для ее решения	Опрос
7	Динамическая модель механизма 1 класса: -расчетная схема, входные и выходные параметры; -алгоритм решения модели; -описание процедуры PS1 и пример обращения к ней	1	Изучение динамической модели механизма 1 класса и процедуры для ее решения	Опрос

### 2.3. Лабораторные занятия - 11 семестр (10 часов)

№№ пп	Тема и план практического занятия	Кол-во часов	Цель и задачи те- мы	Форма контроля
1	Освоение приемов работы пользователя с техническими средствами САПР	2	получение практических навыков работы с техническими средствами САПР	
2	Реализация программы решения кинематических моделей механизмов с использованием библиотеки «Assur» на ЭВМ	6	получение практических навыков работы с техническими средствами САПР	
3	Отладка программы решения кинематических моделей механизмов.	2	получение практических навыков работы с техническими средствами САПР	Зачет

### 3 КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Цель контрольной работы - закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков разработки кинематических моделей механизмов и реализации их на ЭВМ.

Студенту предлагается выполнить одну контрольную работу по курсу по нижеприведенным вариантам. Вариант контрольной работы выдается преподавателем.

#### **Методические указания к выполнению контрольной работы**

После проведения вводных занятий на установочной сессии и получения номера варианта у преподавателя студент должен выполнить следующие задачи:

- вычертить в масштабе кинематическую схему механизма соответствующего варианта;
- построить двенадцать положений механизма;
- построить траекторию движения конечной точки ведомого звена в масштабе.
- разбить механизм на группы Ассура и вычертить каждую группу;
- написать обращения к каждой группе Ассура, указав входные и выходные параметры;
- разработать алгоритм кинематического анализа.

После решения вышеперечисленных задач контрольная работа присылается на кафедру. На сессии, при условии допуска контрольной работы на ЭВМ, во время лабораторных занятий производится следующая работа:

- знакомство с интегрированной средой разработки программ;
- реализация алгоритма кинематического анализа, рассчитать траекторию, скорость и ускорение конечной точки ведомого звена;
- отладка программы кинематического анализа;
- сравнение результатов графических построений и аналитических расчетов.

Разработанная и отлаженная программа с результатами расчетов распечатывается на принтере в лаборатории и вклеивается в контрольную работу. Контрольная работа допускается к зачету.



# 4 ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

Механизм пунсона БШМ 2А

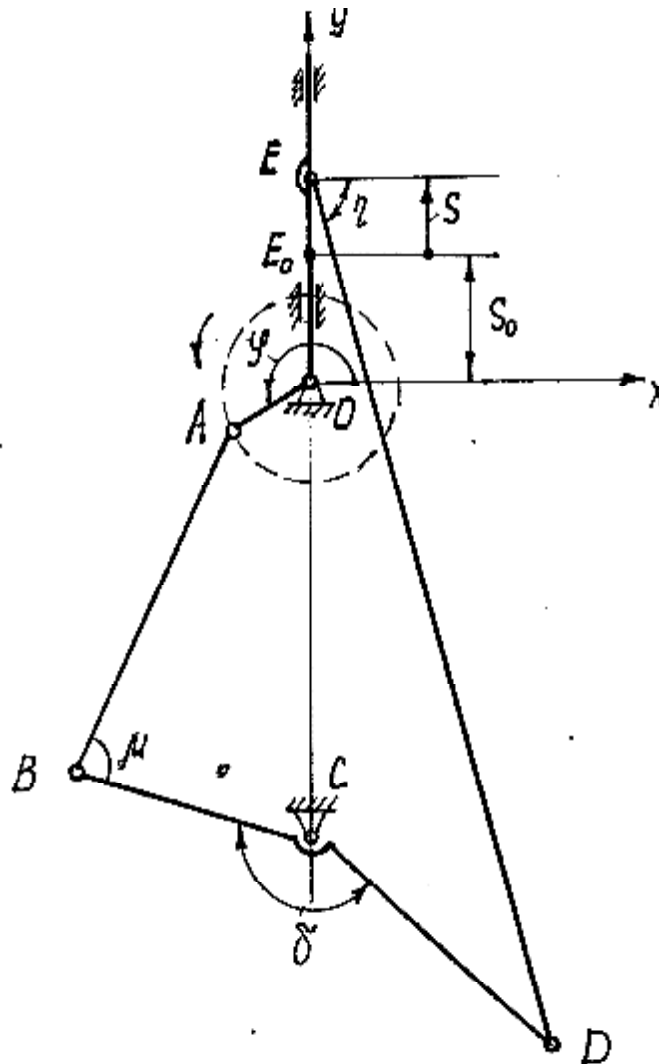


Рис. 4.1

Параметры схемы (линейные – в мм, угловые – в град)

$OA = 15$	$\delta = 139^\circ$	$S_0 = 35$
$AB = 60$	$CD = 46$	$OC = 66$
$BC = 30$	$DE = 148$	

Частота вращения ведущего звена:  $n = 2000$  об/мин.

Вариант 2

Механизм движения ушковых игл

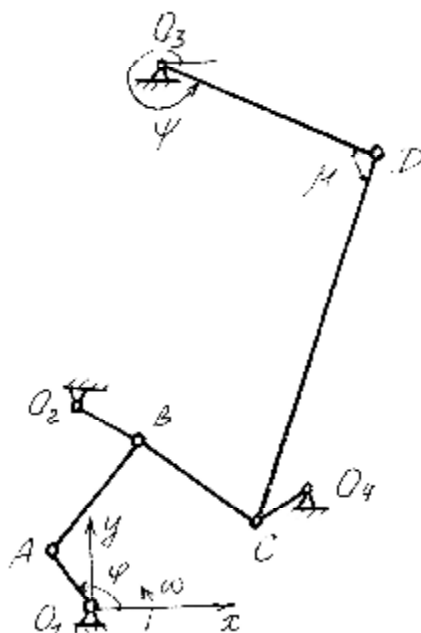


Рис. 4.2

Параметры схемы (мм)

$$O_1A = 14,9$$

$$AB = 105$$

$$O_2B = 31$$

$$BC = 61$$

$$O_4C = 13$$

$$CD = 465$$

$$O_3D = 115$$

$$X_{O_2} = 26$$

$$Y_{O_2} = 98,7$$

$$X_{O_3} = 46$$

$$Y_{O_3} = 533$$

$$X_{O_4} = 105,3$$

$$Y_{O_4} = 58,4$$

Частота вращения ведущего звена:  $n = 800$  об/мин.

Вариант 3

Механизм двигателя ткани швейной машины 51-А класса

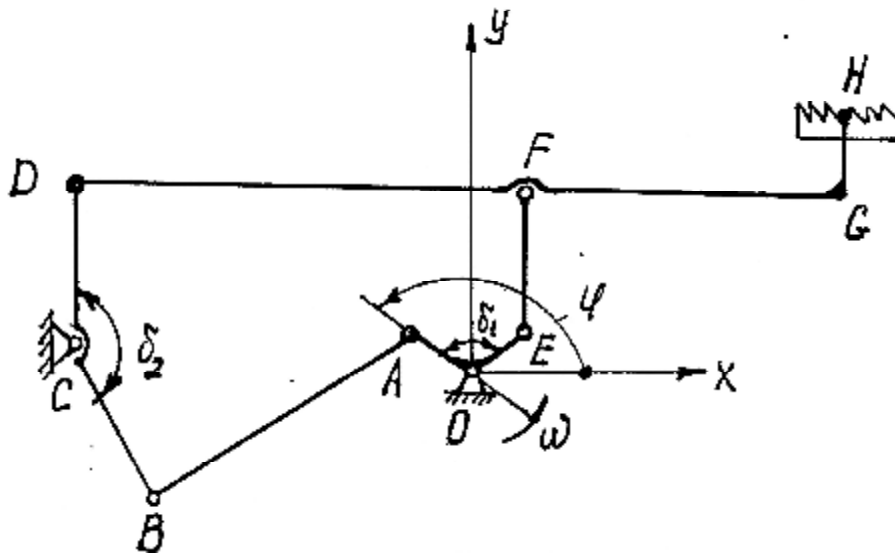


Рис. 4.3

H – вершина среднего зуба транспортирующей рейки

Параметры схемы (линейные – в мм, угловые – в град)

OA = 2,5	$\delta_1 = 155^\circ$	GH = 10
AB = 62,5	DF = 65	$X_C = -65$
BC = 20	FG = 50	$Y_C = -5$
$\delta_2 = 167^\circ$	FE = 14,3	
CD = 20	OE = 0,7	

Частота вращения ведущего звена OAE:  $n = 3500$  об/мин.

Вариант 4

Механизм вертикальных перемещений игл петельного полуавтомата 1025 класса

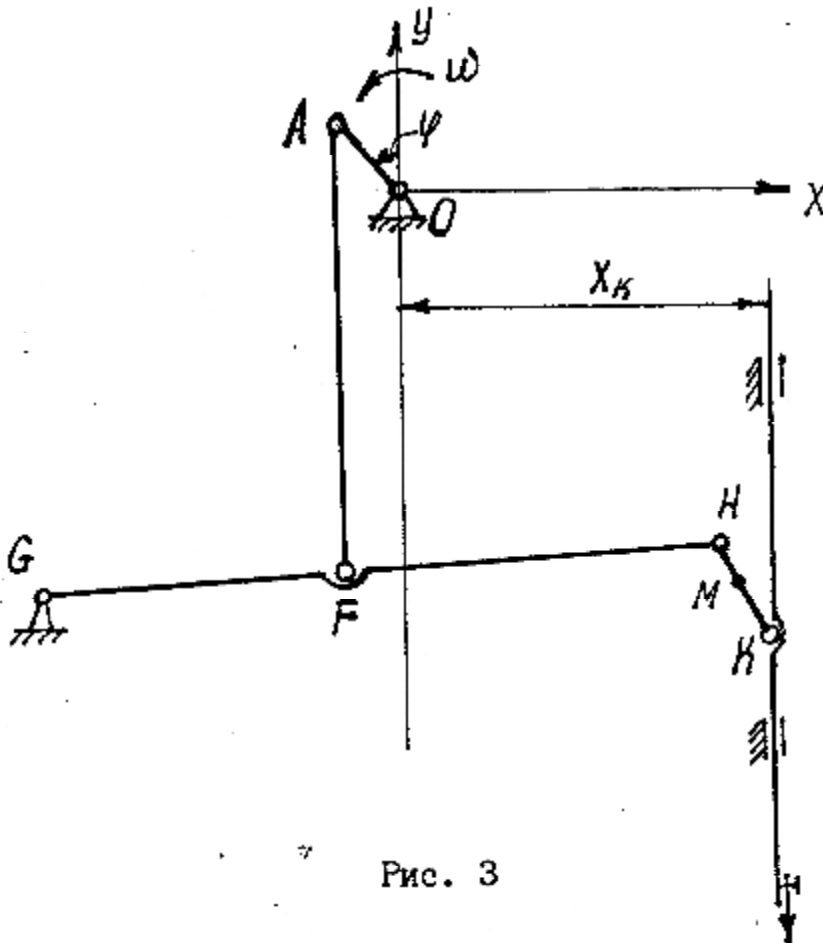


Рис. 3

Рис. 4.4

Параметры схемы (линейные – в мм, угловые – в град)

OA = 8	$X_C = -46$
AF = 42	$Y_C = -44$
GF = 46	NM = 8
GH = 95	$X_K = 49$
NK = 16	

Частота вращения главного вала:  $n = 4000$  об/мин

Вариант 5

Механизм движения платин

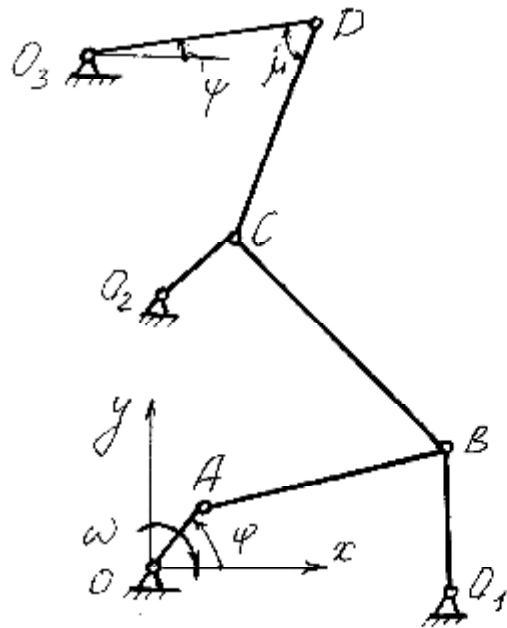


Рис. 4.5

Размеры механизма (мм):

OA = 14,9	O <sub>2</sub> C = 13	X <sub>O<sub>2</sub></sub> = 6,6	X <sub>O<sub>3</sub></sub> = -50
AB = 105	CD = 210	Y <sub>O<sub>2</sub></sub> = 107,2	Y <sub>O<sub>3</sub></sub> = 284
O <sub>1</sub> B = 31	O <sub>3</sub> D = 100	X <sub>O<sub>1</sub></sub> = 99,6	
BC = 100		Y <sub>O<sub>1</sub></sub> = 29,4	

Частота вращения главного вала (OA):  $n = 700$  об/мин.

Вариант 6

Механизм вертикальных перемещений транспортирующей лапки  
машины 897 М класса

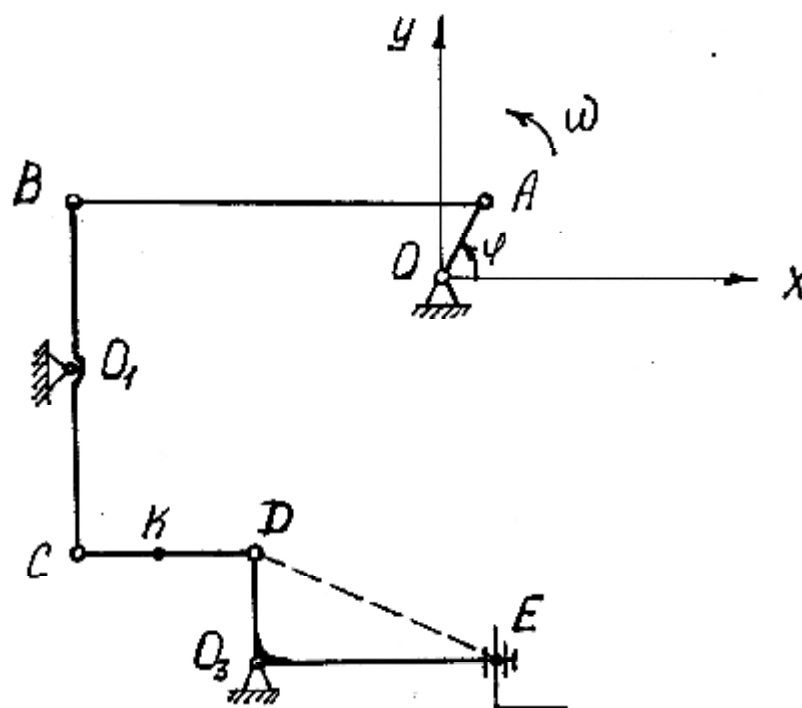


Рис. 4.6

Параметры схемы (линейные в мм)

OA = 1,2	DO <sub>3</sub> = 26	X <sub>01</sub> = -70
AB = 69	O <sub>3</sub> E = 20	Y <sub>01</sub> = -59,1
O <sub>1</sub> B = 66,5	DE = 35,5	X <sub>03</sub> = -36,5
O <sub>1</sub> C = 73	CK = 16	Y <sub>03</sub> = -176,1
CD = 32		

Частота вращения главного вала:  $n = 3000$  об/мин

Вариант 7

Механизм привода крючковых игл

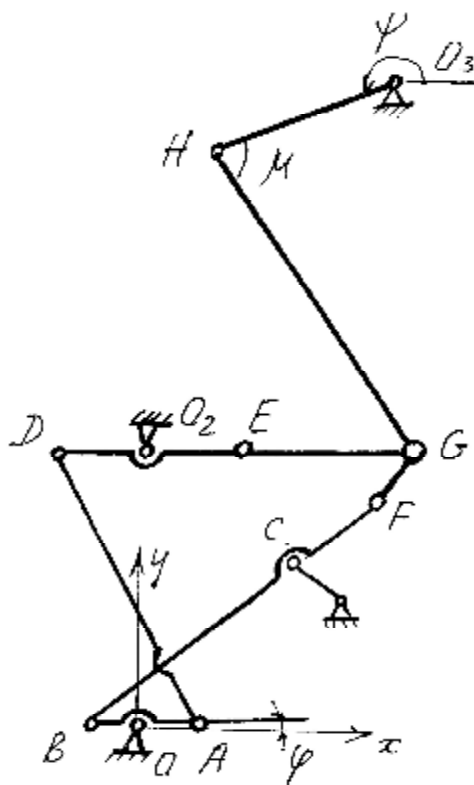


Рис. 4.7

Размеры механизма (мм)

OA = 20	BC = 126	FG = 14	$X_{01} = 77$	$X_{03} = 75$
OB = 15	$O_1C = 18$	EG = 54	$Y_{01} = 80$	$Y_{03} = 340$
AD = 106	CF = 30	GH = 220	$X_{02} = 25$	
$O_2D = 26$	$O_2E = 36$	$O_3H = 80$	$Y_{02} = 104$	

Частота вращения главного вала (OA):  $n = 700$  об/мин.

Вариант 8

Механизм двигателя ткани швейной машины

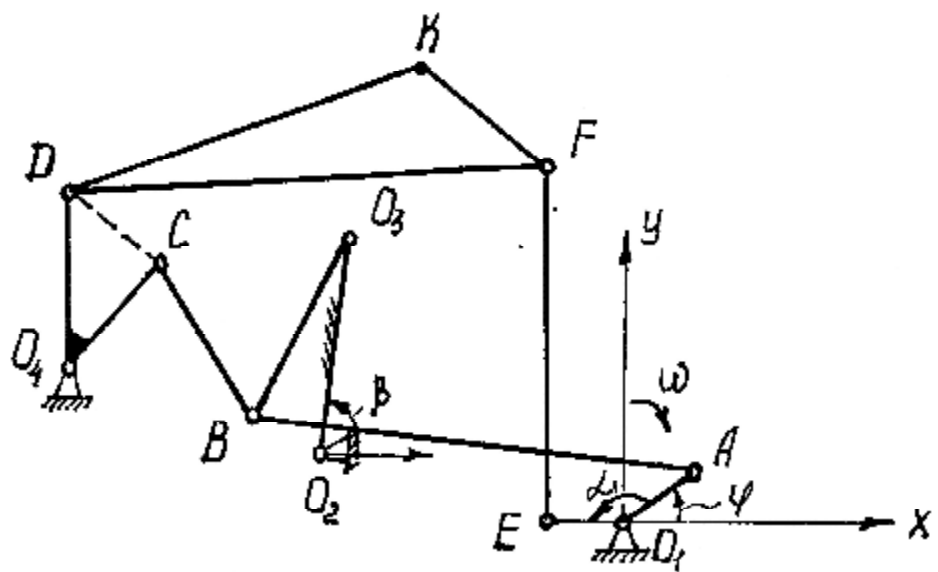


Рис. 4.8

Параметры схемы (линейные в мм, угловые в град)

$O_1A = 4$	$DC = 17,5$	$\alpha = 165^\circ$	$X_{O_2} = -68,41$
$O_1E = 1,5$	$DF = 95$	$\beta = 71^\circ$	$Y_{O_2} = -12,5$
$AB = 69,45$	$DK = 64$		$X_{O_4} = -95,91$
$O_2O_3 = BO_3 = 25$	$FK = 33$		$Y_{O_4} = 4,3$
$O_4C = 16$	$CB = 32$		
$O_4D = 24$	$EF = 26$		

Частота вращения главного вала:  $n = 4000$  об/мин.



Вариант 9

Механизм движения прессы

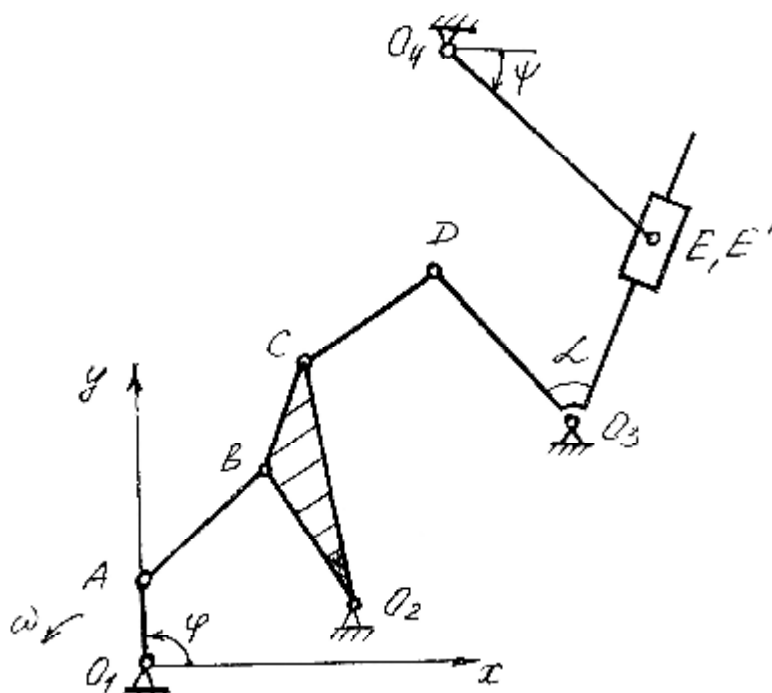


Рис. 4.9

Параметры схемы (мм)

$O_1A = 60$	$O_2C = 372$	$O_4E = 240$	$X_{O_3} = 400$
$AB = 224$	$CD = 240$	$X_{O_2} = 280$	$Y_{O_3} = 260$
$O_2B = 238$	$O_3D = 250$	$Y_{O_2} = 90$	$X_{O_4} = 330$
$BC = 137$	$\alpha = 45^\circ$		$Y_{O_4} = 660$

Частота вращения ведущего звена  $O_1A$ :  $n = 2000$  об/мин.

Вариант 10

Механизм обрезки края ткани машины 131 ряда

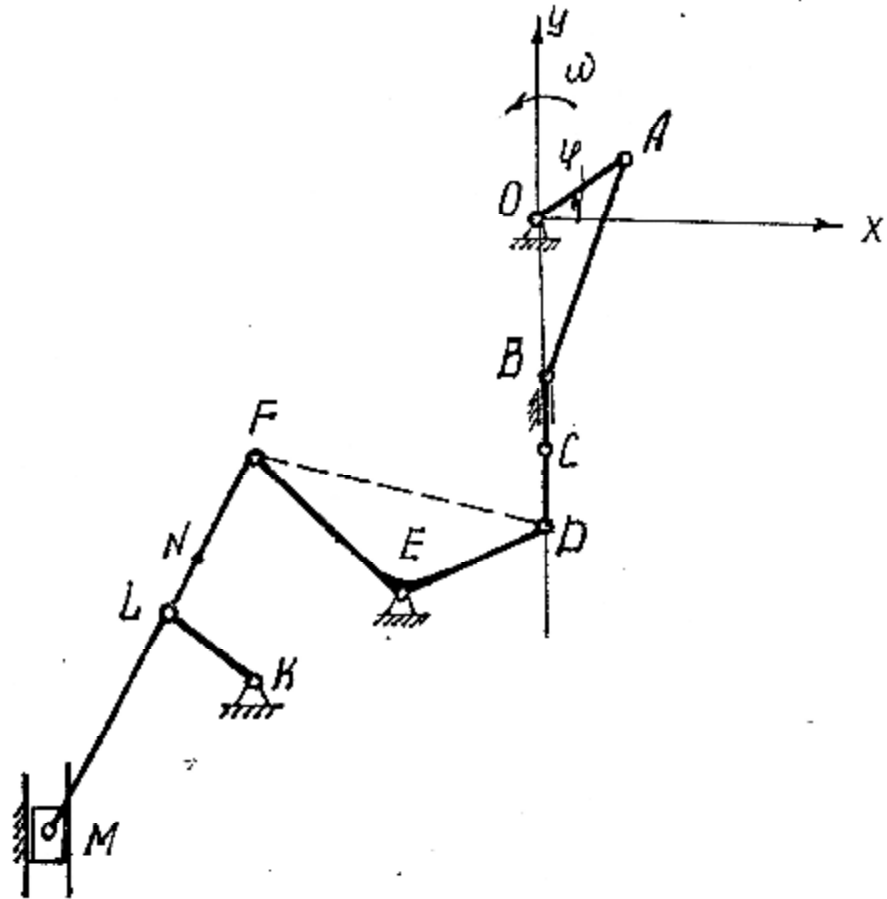


Рис. 4.10

Параметры схемы (линейные размеры в мм):

OA = 6	DF = 77	$X_E = -36$	$X_M = -105$
AB = 44	EF = 44	$Y_E = -77$	FN = 9
BC = 14	FL = 18	$X_K = -65$	
CD = 18	KL = 18	$Y_K = -84$	
ED = 35	ML = 80		

Частота вращения главного вала:  $n = 4000$  об/мин.

Вариант 11

Механизм двигателя ткани швейной машины

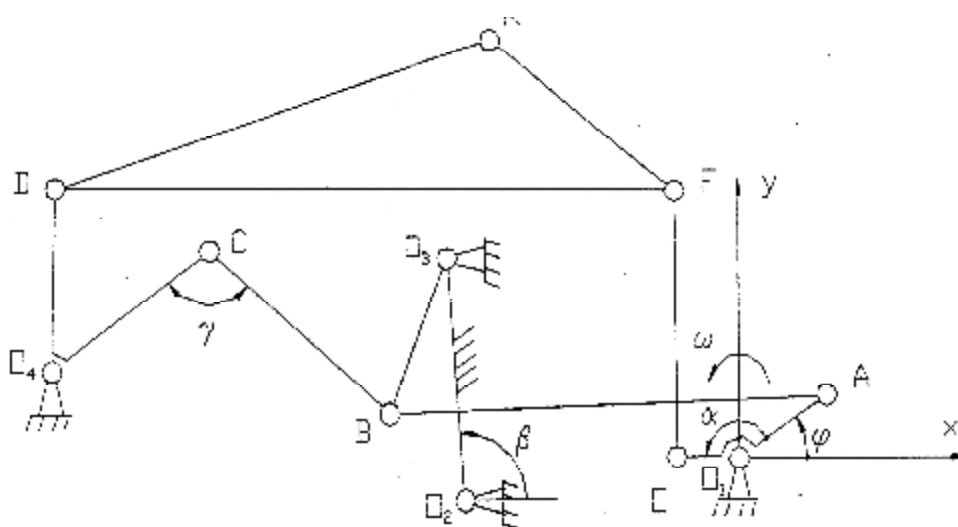


Рис. 4.11

Параметры схемы механизма (линейные в мм, угловые в град):

$O_1A = 4$	$O_2O_3 = 25$	$O_4D = 24$	$\alpha = 165^\circ$
$DC = 17,5$	$DF = 95$	$X_{O_2} = -68,41$	$\beta = 95^\circ$
$O_1E = 1,5$	$BO_3 = 25$	$Y_{O_2} = -12,5$	
$EF = 26$	$DK = 64$	$X_{O_4} = -95,91$	
$AB = 69,45$	$O_4C = 16$	$Y_{O_4} = 4,3$	
$CB = 32$	$FK = 33$		

Частота вращения ведущего звена:  $n = 4000$  об/мин.

Вариант 12

Механизм качания челнока швейного полуавтомата 220М класса

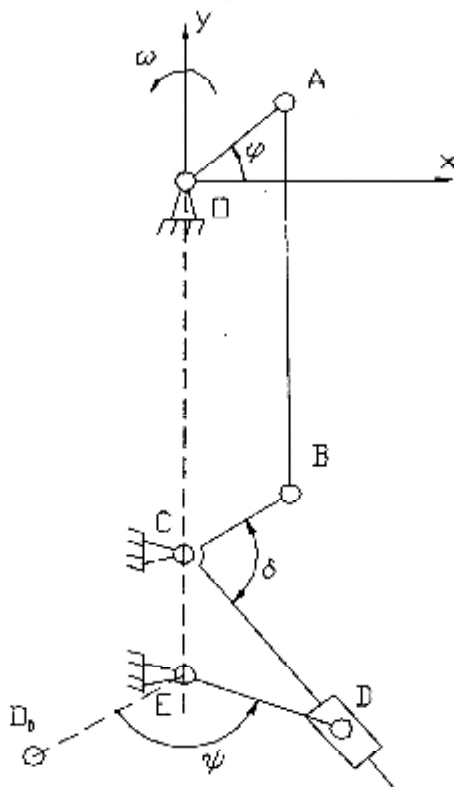


Рис. 4.12

Параметры схемы механизма (линейные в мм, угловые в град):

OA = 12,7

$X_C = -172$

AB = 172,6

$Y_C = -191$

BC = 16,6

$\delta = 90^\circ$

ED = 18,3

Частота вращения ведущего звена:  $n = 2000$  об/мин.

Вариант 13

Механизм нитепритягивателя вышивального  
многоигольного полуавтомата

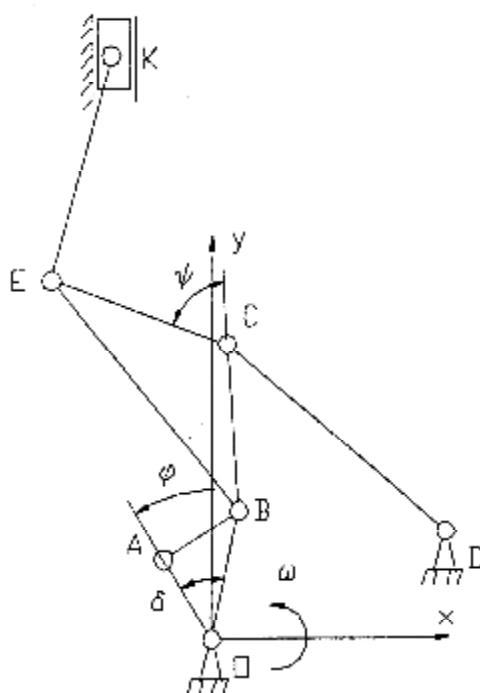


Рис. 4.13

Параметры схемы механизма (линейные в мм, угловые в град):

OA = 15	$X_D = 33,5$
OB = 17	$Y_D = 14$
BC = 24,5	$\delta = 52^\circ$
DC = 33,6	$\psi = 68^\circ$
CE = 30,5	$X_K = -10$
EK = 41	

Частота вращения ведущего звена:  $n = 2000$  об/мин.

Вариант 14

Кулисный механизм нитепротягивателя швейной машины

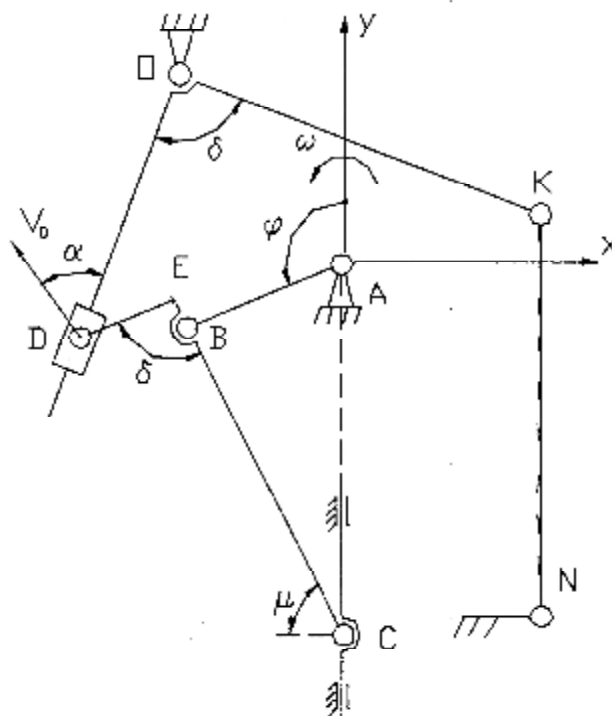


Рис. 4.14

Параметры схемы механизма (линейные в мм, угловые в град):

OK = 55  $X_0 = -8,4$

AB = 16,3  $Y_0 = 33,3$

BC = 44,2  $\delta = 90^\circ$

BE = 1,8  $X_N = 50$

BD = 10  $Y_N = -60$

Частота вращения ведущего звена:  $n = 2500$  об/мин.

Вариант 15

Кулисный механизм нитепритягивателя  
вышивального полуавтомата ПВ-1-5

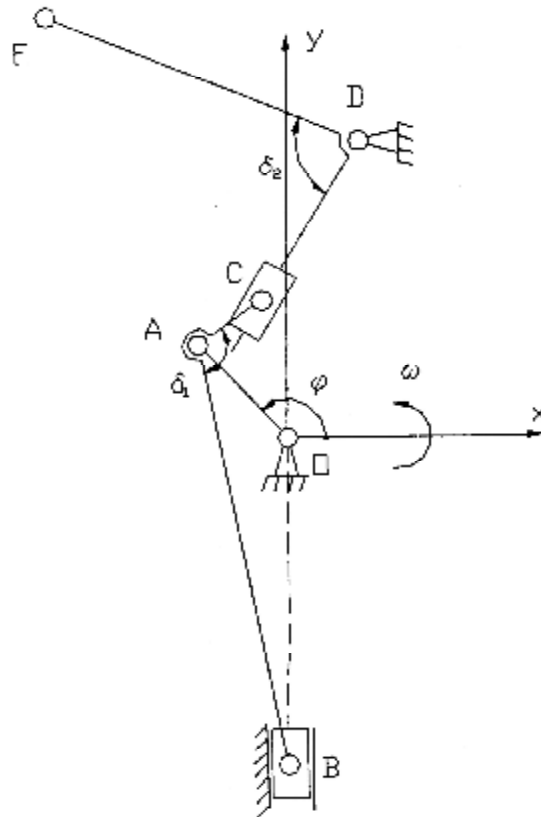


Рис. 4.15

Параметры схемы механизма (линейные в мм, угловые в град):

$OA = 17,5$	$X_D = 9,5$
$AB = 76$	$Y_D = 41,5$
$AC = 13,2$	$\delta_1 = 97,3^\circ$
$DE = 65$	$\delta_2 = 94,3^\circ$

Частота вращения ведущего звена:  $n = 2000$  об/мин.

## 5 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

### Контрольная работа

#### «Кинематический анализ механизма»

##### 5.1. Задание

Для механизма нитепритягивателя петельного полуавтомата 1025 класса, изображенного на рис. 5.1, задана длина звеньев  $OB = 16,4$  мм;  $BC = 30,965$  мм;  $CD = 33,695$  мм;  $CE = 36,257$  мм;  $BE = 65,625$  мм. Кроме этого, заданы координаты неподвижных шарниров. Шарнир  $O$  находится в начале координат, шарнир  $D$  с координатами  $X_D = -19,8$ ;  $Y_D = 26,4$ . Частота вращения ведущего звена  $n = 4000$  об/мин. Направление вращения кривошипа  $OB$  по часовой стрелке. Определить кинематические параметры механизма и построить траекторию движения точки  $E$  (глазка нитепритягивателя).

##### 5.2. Порядок выполнения контрольной работы

Перед выполнением контрольной работы необходимо тщательно изучить материал, изложенный в учебном пособии [6]. Контрольная работа выполняется в следующей последовательности.

5.2.1. Вычерчивается кинематическая схема механизма в масштабе в нулевом положении. За нулевое положение принимаем такое положение кинематического механизма, при котором кривошип повернут в сторону одной из осей. Кинематическая схема механизма нитепритягивателя в нулевом положении изображена на рис.5.2.

5.2.2. Вычерчиваем двенадцать положений механизма. На чертеже указать номера точек от 0 до 11 и соединить их сплошной линией. На рис. 5.3. изображены 12 положений механизма нитепритягивателя. Координаты точки  $E$  сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Номер точки	Координата X	Координата Y
0	26.522	64.840
1	29.107	55.710
2	32.635	46.703
3	37.380	37.538
4	42.229	27.792
5	45.716	18.565
6	47.805	13.576
7	50.055	21.526
8	45.638	51.728
9	30.665	74.420
10	24.222	77.842
11	24.413	73.026



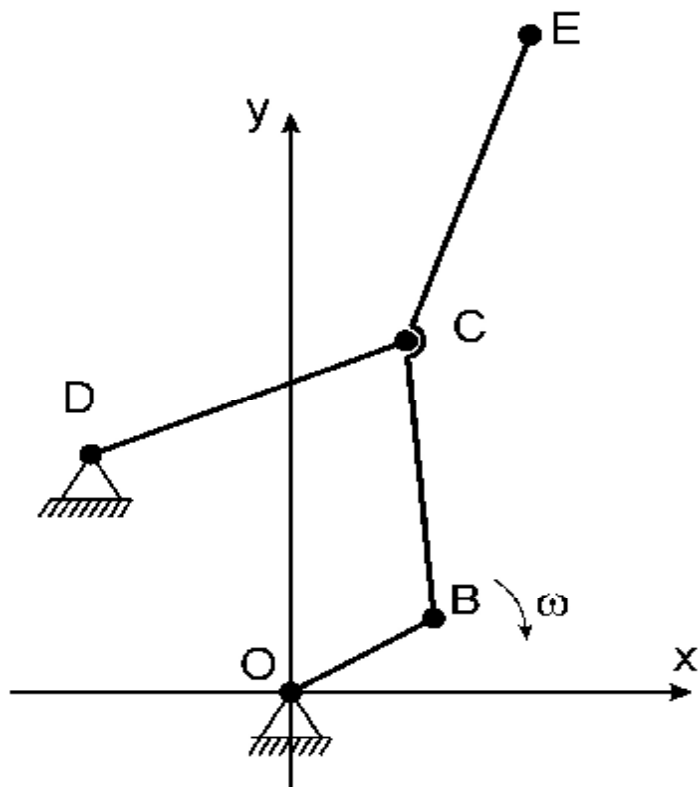


Рисунок 5.1

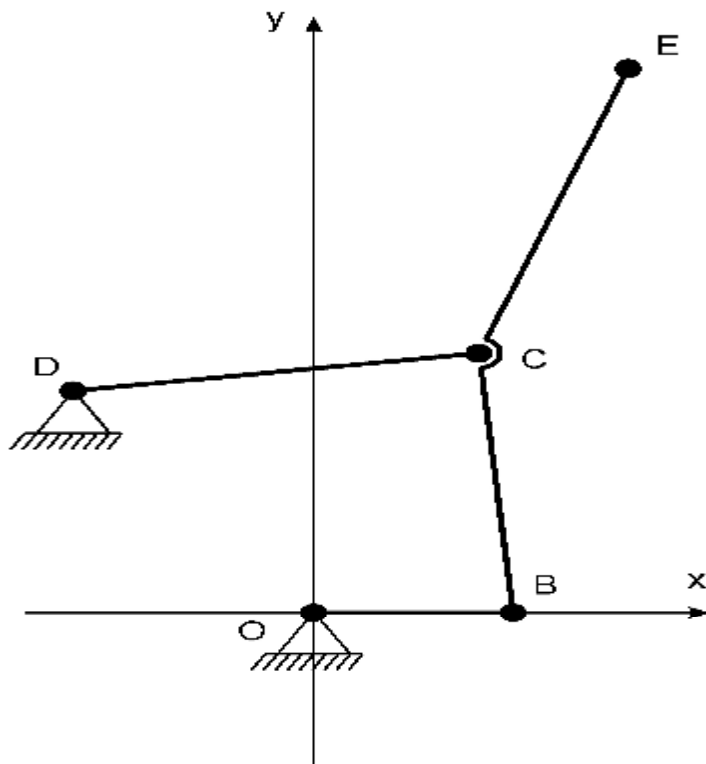


Рисунок 5.2

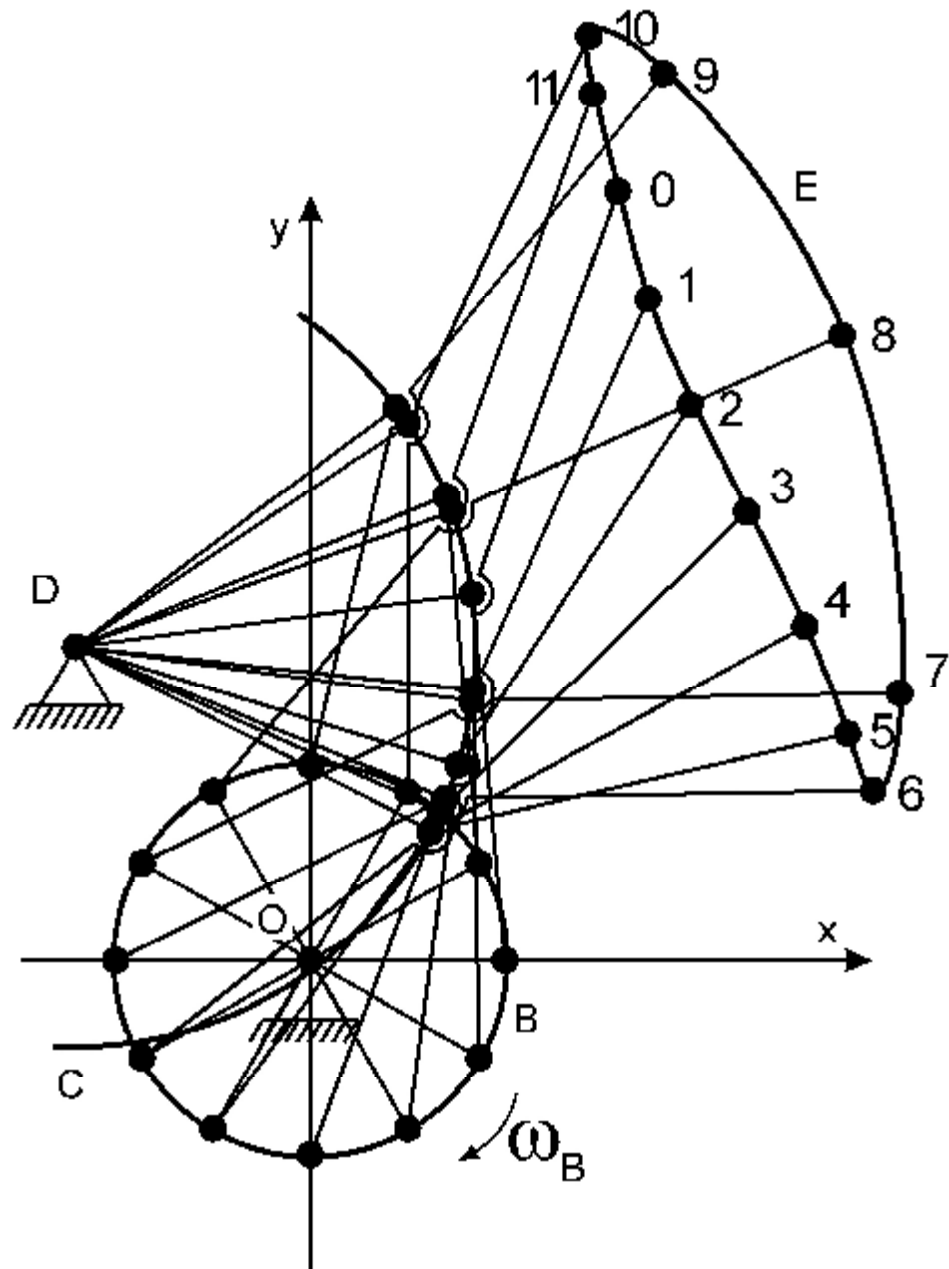


Рисунок 5.3

5.2.3. Разбиваем механизм нитепритягивателя на группы Ассура и звенья согласно методике, изложенной в работе [1] и [6].

Первым звеном механизма нитепритягивателя является кривошип ОВ (рис.5.4) – ведущее звено, совершающее вращательное движение группы Ассура I (1).

Известные параметры кривошипа ОВ - это кинематические параметры точки О ( $X_0; Y_0$ ) – координата точки О в неподвижной системе координат  $l_{OB}$  – длина кривошипа,  $\varphi$  - переменный угол, определяющий положение звена относительно оси X. Угловая скорость  $\omega_{OB}$ , которая рассчитывается по формуле

$$\omega_{OB} = \frac{P_1 \cdot n}{30},$$

где  $P_1$  – число  $\pi$ ;  $n = 4000$  об/мин.

Угловое ускорение  $\varepsilon_{OB}$ , равно 0. (Для всех вариантов заданий угловое ускорение равно 0.

Неизвестные параметры кривошипа ОВ - это кинематические параметры точки В. К кинематическим параметрам точки В относятся:

- координаты точки В в неподвижной системе координат  $X_B, Y_B$ ;
- скорость точки В в неподвижной системе координат  $V_{XB}, V_{YB}$ .

Ускорение точки В в неподвижной системе координат  $a_{XB}, a_{YB}$ .

Кинематический анализ механизма выполняется на ЭВМ. Программа разрабатывается на языке Pascal. Анализ каждой группы проводится путем обращения к соответствующей подпрограмме [6].

5.2.4. Для кривошипа ОВ обращение к подпрограмме будет следующим:

$P1(X_0, Y_0, l_{OB}, S_i, \text{Omega\_OB}, \text{Epsilon\_OB}, X_B, Y_B, V_{XB}, V_{YB}, A_{XB}, A_{YB})$ ,

где  $X_0, Y_0, l_{OB}, S_i, \text{Omega\_OB}, \text{Epsilon\_OB}$  – известные параметры;

$X_B, Y_B, V_{XB}, V_{YB}, A_{XB}, A_{YB}$  – неизвестные (возвращаемые подпрограммой  $P_1$ ) параметры.

При разработке программы на языке Pascal необходимо учесть следующее: известные параметры  $X_0, Y_0, l_{OB}$  размещают в разделе констант (Const);

$f_1$  – переменный угол между осью X и кривошипом ОВ, эту переменную описывают в разделе переменных (VaR);

$\text{Omega\_OB}$  описывается в разделе переменных (VaR), а в разделе реализации эту переменную рассчитывают по формуле

$$\text{Omega\_OB} := (\text{Pi} * n) / 30,$$

где  $\text{Pi}$  – стандартная константа;

$n$  – константа, которая должна быть описана в разделе констант (Const);

$\text{Epsilon\_OB}$  – константа, описанная в разделе констант (Const);

возвращаемые подпрограммой  $P_1$  параметры  $X_B, Y_B, V_{XB}, V_{YB}, A_{XB}, A_{YB}$  – должны быть описаны в разделе переменных (VaR).

5.2.5. Далее рассчитываем кинематические параметры точки С (группа Ассура II (1) – см. рис. 5.5). Кинематические параметры точки D известны. Кинематические параметры точки В были найдены в предыдущем расчете. Обращение к подпрограмме следующее:

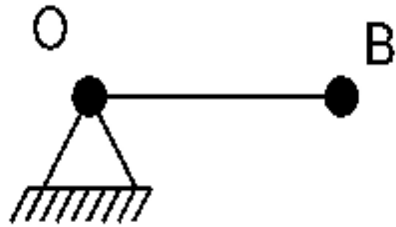


Рисунок 5.4

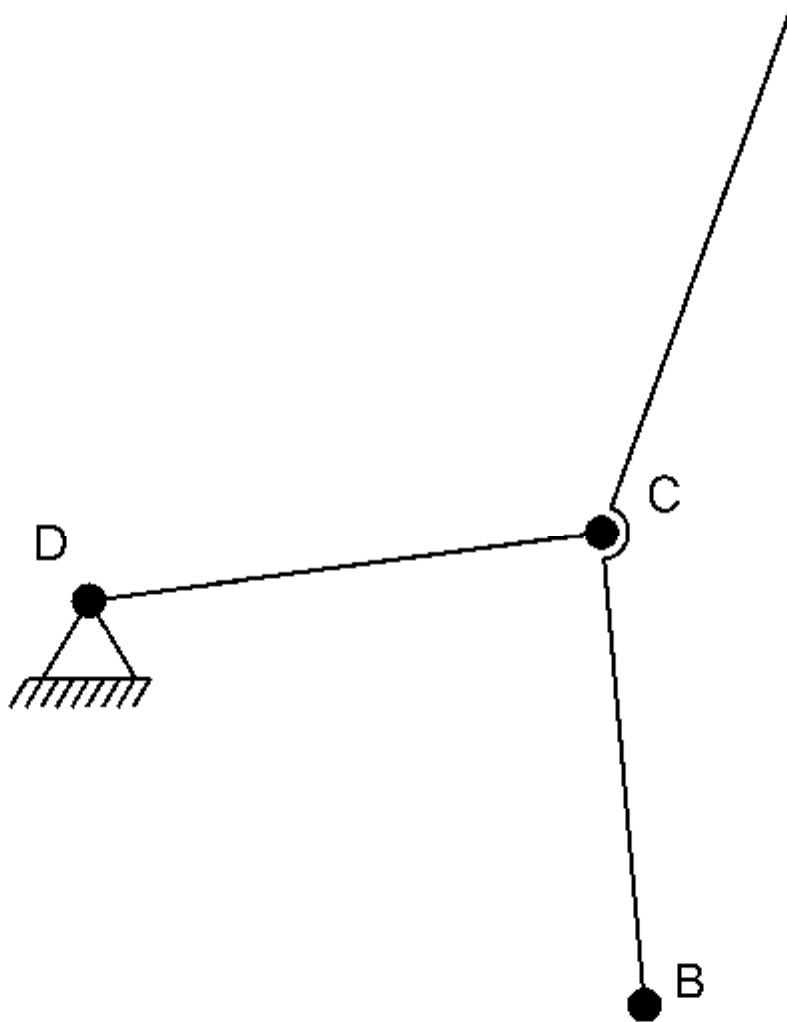


Рисунок 5.5

P21( $X_B, Y_B, V_{XB}, V_{YB}, A_{XB}, A_{YB}, I_{BC},$   
 $X_D, Y_D, V_{XD}, V_{YD}, A_{XD}, A_{YD}, I_{DC},$   
 $N,$   
 $X_C, Y_C, V_{XC}, V_{YC}, A_{XC}, A_{YC},$   
 $\Omega_{BC}, \epsilon_{BC},$   
 $\Omega_{DC}, \epsilon_{DC}$ );

где  $X_B, Y_B, V_{XB}, V_{YB}, A_{XB}, A_{YB}$  – кинематические параметры точки В, рассчитанные в предыдущей группе (см. раздел 5.2.5);

$I_{BC}$  – длина звена BC, должна быть описана в разделе констант (Const);

$X_D, Y_D, V_{XD}, V_{YD}, A_{XD}, A_{YD}, I_{DC}$  – известные кинематические параметры точки D (опора), в программе должны быть описаны в разделе констант (Const);

$N$  – логическая переменная, определяющая порядок сборки группы.

Логическая переменная может принимать два значения: 0 или 1. Правило определения значения логической переменной подробно рассмотрено в работе [6] на стр. 9.

Перед обращением к подпрограмме P21 логической переменной присваивается необходимое значение

$N := 0;$

$X_C, Y_C, V_{XC}, V_{YC}, A_{XC}, A_{YC},$

$\Omega_{BC}, \epsilon_{BC},$

$\Omega_{DC}, \epsilon_{DC}$ ) – возвращаемые подпрограммой значения переменных, должны быть описаны в разделе переменных (VaR).

5.2.6. Следующий шаг кинематического анализа – расчет кинематических параметров точки E. Точка E принадлежит звену BCE. Для расчета кинематических параметров точки E используется подпрограмма Point3 ([6] стр. 11). В подпрограмме Point3 используются координаты точки E в подвижной системе координат (см. рис. 5.6)  $X_{REL\_E}, Y_{REL\_E}$ .

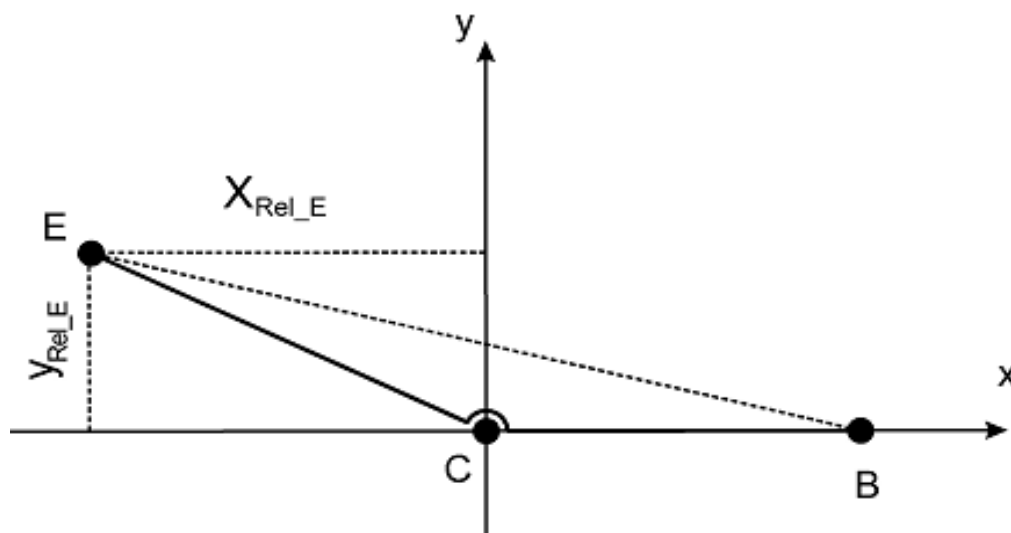


Рисунок 5.6

Система координат вводится следующим образом:

ось X проводится через две известные точки, причем начало координат находится в одной из точек. На рис. 5.6 ось XEREL проводится через точки CB с началом координат в точке C;

ось Y проводится через начало координат (точка C рис. 5.6). Направление YEREL определяется путем поворота оси XEREL на 90° против часовой стрелки.

$$X_{REL\_E} = CE \cdot \cos(P_i - \beta);$$

$$Y_{REL\_E} = CE \cdot \sin(P_i - \beta).$$

Угол  $\beta$  рассчитывается по теореме косинусов

$$EB^2 = CE^2 + CB^2 - 2 \cdot CE \cdot CB \cdot \cos(\beta);$$

$$\cos(\beta) = (CE^2 + CB^2 - EB^2) / (2 \cdot CE \cdot CB);$$

$$\beta = \arccos((CE^2 + CB^2 - EB^2) / (2 \cdot CE \cdot CB)).$$

При разработке программы на языке Pascal расчет относительных координат выглядит следующим образом:

```
Betta:=Arccos((sqr(CE)+sqr(CB)+sqr(EB))/(2*CE*CB));
```

```
X_REL_E:=-CE*cos(Pi-Betta);
```

```
Y_REL_E:=CE*sin(Pi-Betta),
```

где  $\text{sqr}(X)$  – квадрат аргумента  $X$ ;

$\text{arccos}(X)$  –  $\text{arccos}$  аргумента  $X$ ;

$CE, CB, EB$  – должны быть описаны в разделе констант (Const);

$Betta$  – должна быть описана в разделе переменных (VaR).

Обращение к подпрограмме Point3:

```
Point3(XC, YC, VXC, VYC, AXC, AYC, XB, YB, VXB, VYB, AXB, AYB,
```

```
XEREL, YEREL, XE, YE, VXE, VYE, AXE, AYE),
```

где  $XE, YE, VXE, VYE, AXE, AYE$  – кинематические параметры точки E.

При обращении к подпрограмме Point3 необходимо помнить, что при описании аргументов в первую очередь описываются кинематические параметры точки, которая является началом относительной системы координат XEREL, YEREL. В примере это точка C.

### 5.3. Пример программы кинематического анализа нитепротягивателя на языке Pascal.

В представленном ниже тексте программы в фигурных скобках  $\{\}$  даны комментарии, которые подробно описывают назначение используемых операторов и игнорируются компилятором Pascal. При разработке программ комментарии можно не писать.

```
Program Primer;{Имя программы}
```

```
Uses assur; {Подключение библиотеки assur.tpu, которая включает все необходимые процедуры и функции}
```

```
Const {Раздел констант}
```

```
OB=16.4;CB=30.965;CD=33.965;CE=36.257;EB=65.625;
```

```
XD=-19.8;YD=26.4;XO=0;YO=0;
```

```
VXD=0;VYD=0;AXD=0;AYD=0;
```

```

Omega_OB=Pi*4000/30;
Epsilon_OB=0;
m=12; {Константа, определяющая число положений механизма. Чем выше число,
тем точнее анализ}
Var {Раздел переменных}
fi, {Переменный угол, указывающий на положение кривошипа ОВ относительно оси X}
XB, YB, VXB, VYB, AXB, AYB,
XC, YC, VXC, VYC, AXC, AYC,
XE, YE, VXE, VYE, AXE, AYE,
Omega_BC, Epsilon_BC,
Omega_DC, Epsilon_DC:real; {Real – вещественный тип переменной}
XErel, YErel, Betta:real;
N:integer; {Логическая переменная целого типа}
i:integer;
f:text; {Переменная текстового типа, необходимая для работы с файлом данных,
в который записываются координаты конечной точки}
Begin
Betta:=Arccos((sqr(CE)+sqr(CB)-sqr(EB))/(2*CE*CB));
XErel:=-CE*cos(Pi-Betta);
YErel:=CE*sin(Pi-Betta);
fi:=0; {Переменной fi присваивается начальное значение}
Assign(f,'result.txt'); {Связывание файловой переменной f с именем файла}
Rewrite(f); {Создание файла}
Writeln(f,' Номер положения XE YE'); {Запись в файл первой строки. Заголовков}
for i:=1 to m do {Цикл, рассчитывающий m положений механизма}
Begin
P1(XO,YO,OB,fi,Omega_OB,Epsilon_OB,XB,YB,VXB,VYB,AXB,AYB);
N:=1;
P21(XB,YB,VXB,VYB,AXB,AYB,CB,XD,YD,VXD,VYD,AXD,AYD,CD,N,
XC,YC,VXC,VYC,AXC,AYC,Omega_BC,Epsilon_BC,Omega_DC,Epsilon_DC);
Point3(XC,YC,VXC,VYC,AXC,AYC,XB,YB,VXB,VYB,AXB,AYB,XEREL,YEREL,
XE,YE,VXE,VYE,AXE,AYE);
Writeln(fi*180/Pi:9:3,' ',XE:6:3,' ',YE:6:3); {Вывод результатов расчетов на экран}
Writeln(f,i:3,' ',XE:6:3,' ',YE:6:3); {Вывод результатов в файл данных}
fi:=fi-2*Pi/m; {Строка, которая изменяет угол fi на заданную величину 2*Pi/m
знак «-» при вращении кривошипа против часовой стрелки, «+» - по часовой
стрелки}
End;
Close(f); {Оператор, закрывающий файл данных}
Writeln(' ');
Writeln('Press key [Enter]');
Readln; {Оператор, ожидающий нажатия клавиши Enter. Совместно с предыду-
щей строкой выполняют функцию задержки экрана, аналогичную ReadKey; мо-
дуля Crt.tpu}
end.

```

Таблица 6.1 - Файл данных result.txt

Номер положения	XE	YE
1	26.522	64.840
2	29.107	55.710
3	32.635	46.703
4	37.380	37.538
5	42.229	27.792
6	45.716	18.565
7	47.805	13.576
8	50.055	21.526
9	45.638	51.728
10	30.665	74.420
11	24.222	77.842
12	24.413	73.026



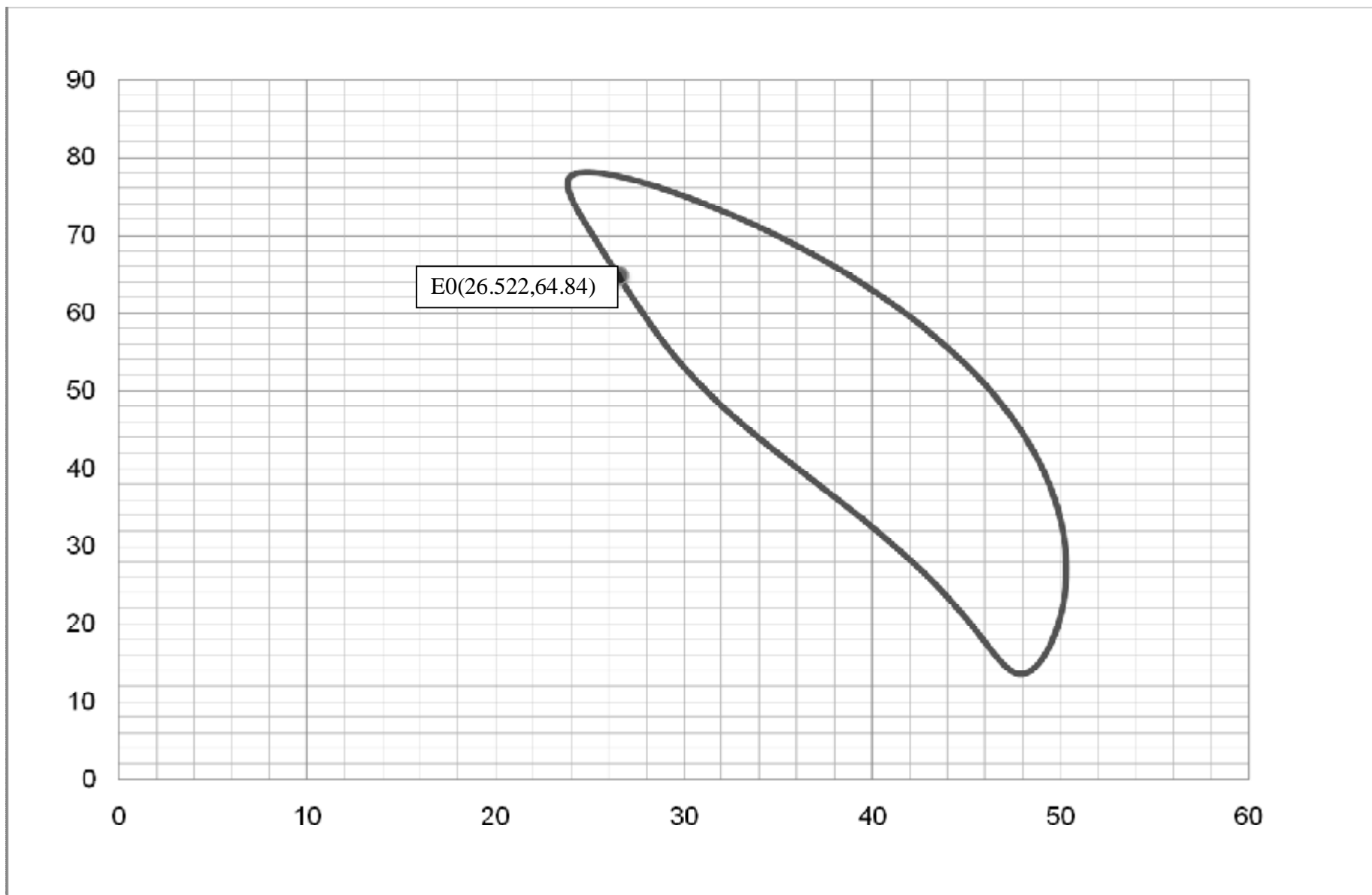


Рисунок 5.7 - Траектория движения точки E

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сункуев, Б. С. Системы автоматизированного проектирования машин : учебное пособие для студентов специальности «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания» / Б. С. Сункуев, В. Л. Шарстнев, А. Г. Кириллов ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2004. – 111 с.
2. Системы автоматизированного проектирования : учебное пособие для втузов. В 9 кн. / под ред. И. П. Норенкова. Кн. 1: Принципы построения и структура. – Минск : Высшая школа, 1986. - 127 с. : ил.
3. Системы автоматизированного проектирования: учебное пособие для втузов. В 9 кн. / под ред. И. П. Норенкова. Кн. 2 : Технические средства и операционные системы. – Минск : Высшая школа, 1986. – 159 с. : ил.
4. Системы автоматизированного проектирования : учебное пособие для втузов. В 9 кн. / под ред. И. П. Норенкова. Кн. 3 : Информационное и прикладное программное обеспечение. – Минск : Высшая школа, 1986. – 159 с. : ил.
5. Системы автоматизированного проектирования: учебное пособие для втузов. В 9 кн. / под ред. И. П. Норенкова. Кн. 4 : Математические модели технических объектов. – Минск : Высшая школа, 1986. – 160 с. : ил.
6. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Основы автоматизированного проектирования машин» для студ. спец. Т.05.05.00 «Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания» / УО «ВГТУ» ; сост. А. Г. Кириллов. – Витебск, 2001. – 31с.
7. Белецкий, Я. Турбо Паскаль с графикой для персональных компьютеров / Я. Белецкий ; пер. с пол. Д. И. Юренкова. – Москва : Машиностроение, 1991. –320 с. : ил.
8. Силовой анализ механизмов машин легкой промышленности на ЭЦВМ : методические указания / сост. Б. С. Сункуев. – Витебск : ВТИЛП, 1988. – 25с.