

## **ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

Методические указания и задания на курсовой проект  
для студентов заочного обучения  
механических специальностей

Методические указания и задания на курсовой проект предназначены для студентов-заочников механических специальностей транспортных вузов. Даны краткие теоретические сведения, задания и методические указания к ним. Приводятся примеры.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	5
2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ .....	8
2.1. Задание для студентов специальности Локомотивы (Т) .....	8
2.2. Задание для студентов специальности Электрический транспорт железных дорог (ЭПС) .....	11
2.3. Задание для студентов специальности Вагоны (В) .....	14
2.4. Задание для студентов специальности Подъемно-транспортные, строительно-дорожные машины и оборудование (СДМ) .....	17
2.5. Задание на проектирование кулачкового механизма .....	21
3. ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	23
4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	24
5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	30
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
Приложение А – Титульный лист пояснительной записки .....	32
Приложение Б – Расположение материала на листе «Динамический анализ рычажного механизма» .....	33
Приложение В – Расположение материала на листе «Синтез кулачкового механизма» .....	34
Приложение Г – Расположение материала на листе «Проектирование зубчатых механизмов» .....	35

## ВВЕДЕНИЕ

Курс теории механизмов и машин (ТММ) рассматривает общие методы исследования и проектирования механизмов и машин. Этот курс входит в общетехнический цикл дисциплин, формирующих знания инженера по проектированию и эксплуатации машин.

Знание теоретических положений курса ТММ дает возможность инженеру-конструктору не только находить параметры механизмов по заданным кинематическим и динамическим свойствам, но и определять их оптимальные сочетания с учетом разнообразных дополнительных условий. Большое значение курс ТММ имеет также для инженеров-механиков, специализирующихся на изготовлении и эксплуатации машин, так как знание кинематических и динамических свойств механизмов необходимы для понимания принципов работы отдельных механизмов и их взаимодействия в машине. Кроме того, теория механизмов и машин является основой для последующего изучения специальных видов машин.

Курсовой проект по ТММ является самостоятельной работой и выполняется студентом по индивидуальному заданию. Цель проекта – закрепить знания студентов по теоретическим разделам курса и привить им навыки решения практических задач. Задание на проект включает вопросы по структурному, кинематическому и динамическому исследованию механизмов заданной рабочей машины.

Выполненный курсовой проект (три листа чертежей и пояснительная записка объемом 25-30 с.) рецензируется преподавателем кафедры, после чего производится его защита. На защите студент должен показать знание теории и общих методов исследования и проектирования механизмов. Курсовой проект оценивается дифференцированной оценкой.

К экзамену по курсу теории механизмов и машин допускаются студенты, сдавшие экзамены по всем разделам теоретической механики и защитившие курсовой проект.

## 1. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. *Курсовой проект* состоит из расчетно-пояснительной записки и графических построений. Графические построения к каждому разделу проекта выполняются на отдельном листе чертежной бумаги формата А1 (594x841 мм) карандашом с соблюдением всех требований Единой системы конструкторской документации. На чертежах обязательно сохранять все вспомогательные построения, делать поясняющие надписи и обозначения, проставлять принятые масштабы. Каждый лист проекта должен иметь основную надпись (угловой штамп):

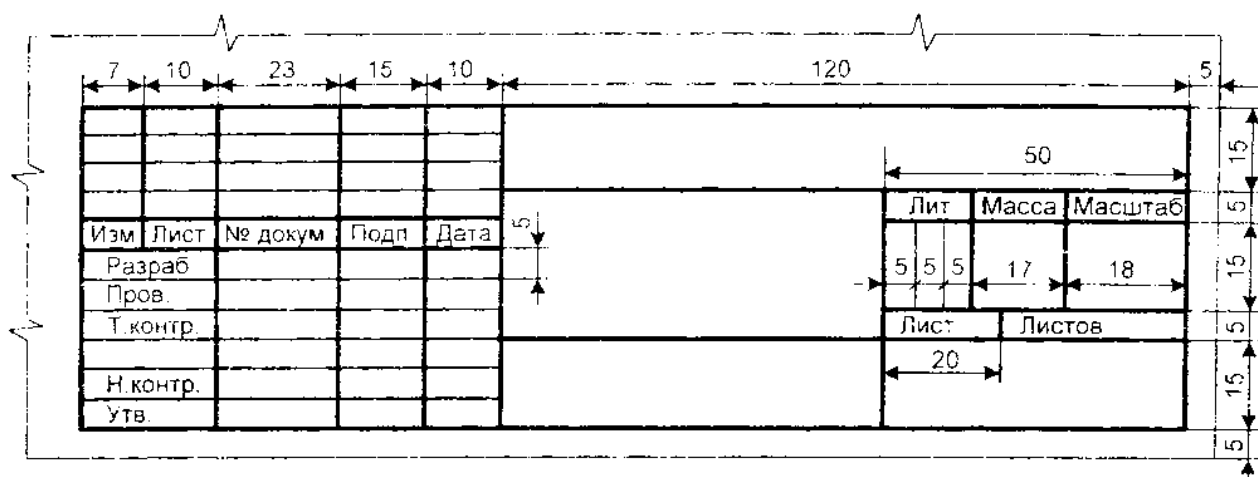


Рис. 1.1. Основная надпись на листах чертежей  
(форма 1 ГОСТ 2.104-68)

Рекомендуется выполнение курсового проекта с использованием аналитических методов. Расчеты можно выполнять как с помощью самостоятельно разработанных программ, так и на основе стандартных пакетов Mathcad, MatLab и др. В этом случае графическая часть проекта опускается.

1.2. *Пояснительная записка (ПЗ)* выполняется на одной стороне стандартных листов писчей бумаги формата А4 (210x297 мм), пронумерованных и сшитых в тетрадь с плотной обложкой. Лицевая часть обложки выполняется как титульный лист (см. Приложение А). Все листы нумеруются. Титульный лист считается первым, порядковый номер на нем не ставится.

На каждом листе ПЗ сплошной основной линией (ГОСТ 2.303-68) вычерчивается рамка. Расстояние от края формата до линии рамки слева 20 мм, а справа, снизу и сверху – 5 мм. На первом текстовом листе ПЗ выполняют основную надпись (штамп) по форме 2 ГОСТ 2.104-68 (рис. 1.2), а на всех по-

следующих – по форме 2а (рис. 1.3). Для сокращения непроизводительных затрат времени допускается оформлять таким образом только первые три и последние две страницы расчетно-пояснительной записки.

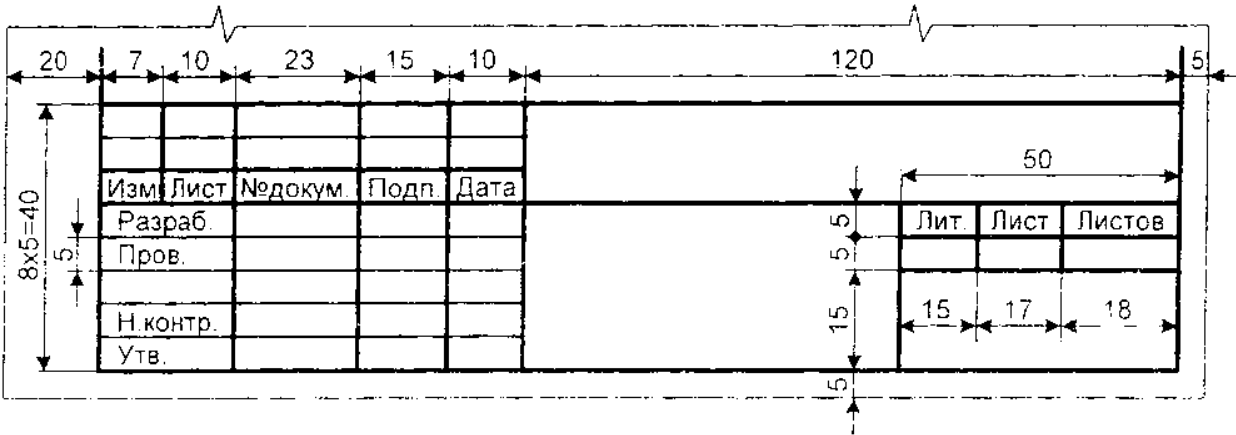


Рис. 1.2. Основная надпись первого текстового листа пояснительной записки (форма 2 ГОСТ 2.104-68)

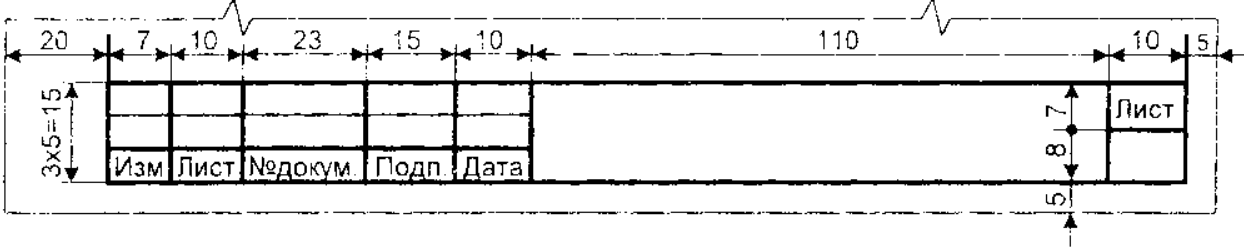


Рис. 1.3. Основная надпись для всех последующих текстовых листов пояснительной записки (форма 2а ГОСТ 2.104-68)

Содержание пояснительной записки должно начинаться с текста задания, сопровождаемого исходными данными. Затем последовательно излагается расчет отдельных механизмов. Порядок расчета должен соответствовать нумерации пунктов задания.

Заголовки разделов записки выделяются более крупным шрифтом. Каждый заголовок отделяется от предшествующего текста пропуском двух строк и от последующего текста – пропуском одной строки. Точка в конце заголовка не ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Подчеркивать заголовок нельзя; сокращения и переносы слов в заголовках не допускаются. Не разрешается помещение заголовка в конце страницы.

Более того, каждый новый раздел ПЗ рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

Все заголовки выносятся в оглавление (содержание), которое располагается в начале записки после титульного листа, т.е. на странице 2 пояснительной записки.

Расчет для наглядности желательно иллюстрировать рисунками в пояснительной записке или делать соответствующие ссылки на графическую часть проекта. Все рисунки нумеруются, под ними дается краткая подрисовочная надпись.

Используемые в расчете формулы сопровождаются ссылками на источник по списку литературы. Те формулы, на которые по ходу расчета даются ссылки, нумеруются. Номер формулы пишется на уровне формулы в круглых скобках возле правого края листа. Номера рисунков и формул пишутся арабскими цифрами (римские цифры использовать нельзя).

Все необходимые для расчетов уравнения должны быть записаны сначала в общем виде, т.е. в буквенных обозначениях. Формула выносится ниже строки с текстом, отделяется от него пропуском строки и располагается на листе симметрично. Затем ниже, после пропуска строки, каждая новая величина, появившаяся по ходу расчета, поясняется. Пояснение каждого символа рекомендуется давать с новой строки с указанием ее размерности и в той последовательности, в которой символы расположены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. Символы, повторно встречающиеся в тексте, расшифровке не подлежат. Поэтому в пределах одной записки не разрешается использовать одинаковые символы для обозначения различных величин.

После расшифровки символов в формулу подставляются их числовые значения, причем обязательно в том же порядке, как это записано в формуле. Затем после знака равенства указывается конечный результат и его размерность. Все промежуточные вычисления опускаются.

Если по одной и той же формуле выполняются многократные подсчеты для разных значений входящих в формулу величин, то результаты расчета рекомендуется представлять в табличной форме. Таблицы, так же как формулы и рисунки, отделяются от текста пропуском строки (сверху и снизу таблицы) и нумеруются. Каждая таблица должна иметь заголовок.

Использованные при выполнении проекта источники записываются на отдельном листе под заголовком: СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Книги и статьи включаются в список литературы по мере их использования в виде их библиографического описания (см., например, оформление списка литературы методических указаний). Список литературы располагается в конце пояснительной записки перед приложениями.

## 2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

### 2.1. Задание для студентов специальности Локомотивы (Т)

Выполнить исследование рычажного механизма дизеля (рис. 2.1, 2.2, табл. 2.1), проектирование зубчатых механизмов редуктора (рис. 2.3, табл. 2.2) и плоского кулачкового механизма (рис. 2.13, 2.14, табл. 2.9).

В основе конструкции дизеля (рис. 2.1) лежит кривошипно-ползунный механизм (рис. 2.2) с прицепным шатуном при V-образном расположении цилиндров 6 и 7. Движение поршней 3 и 5, связанных шатунами 2 и 4 с коленчатым валом 1, происходит в результате расширения продуктов сгорания топлива, впрыснутого в цилиндры. Рабочий процесс в дизеле четырехтактный с наддувом, происходящий за два оборота коленчатого вала. Чередование тактов легко проследить на примере работы поршневой группы с прицепным шатуном 4. При движении поршня 5 вниз в первом такте открывается клапан 8 и в цилиндр 7 нагнетается сжатый воздух от нагнетателя под давлением выше атмосферного. Обратное движение поршня во втором такте осуществляет сжатие воздуха в цилиндре при закрытых клапанах и по достижении поршнем верхней мертвой точки производится впрыскивание топлива, воспламенение которого осуществляется за счет высокой температуры сжатого воздуха. В результате сжигания топлива происходит расширение продуктов сгорания, и поршень движется вниз, совершая третий такт – рабочий ход. Во время обратного движения поршня в четвертом такте открывается клапан 9 и производится удаление продуктов сгорания или продувка цилиндра с помощью сжатого воздуха, поступающего от нагнетателя, что достигается в результате перекрытия клапанов.

Аналогичные процессы происходят и в другом цилиндре дизеля.

Следует иметь в виду, что в дизеле с наддувом в первом и третьем тактах на поршень действует усилие, совпадающее с направлением его движения, являясь движущей силой, а во втором и четвертом тактах действует сила сопротивления.

При положениях кривошипа 9, 10, 11, 12, 1, 2 на поршень 5 действует сила сопротивления, при положениях кривошипа 3, 4, 5, 6, 7, 8 – сила движущая

На поршень 3 сила сопротивления действует в положениях 5, 6, 7, 8, 9, 10, а сила движущая – в положениях 11, 12, 1, 2, 3, 4.

Величину этих сил можно определить по индикаторному давлению и площади поршня. Индикаторные диаграммы с указанием масштаба давления  $\mu_p = 10 \text{ Н}\cdot\text{см}^2/\text{мм}$  и величина диаметра цилиндра (мм) указаны на рис. 2.2.

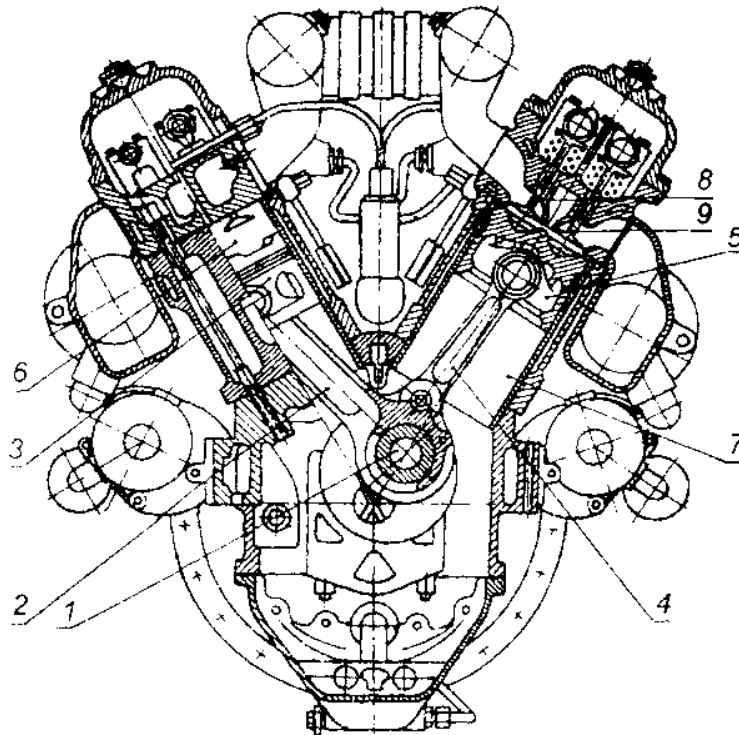


Рис. 2.1. Конструкция V-образного дизеля

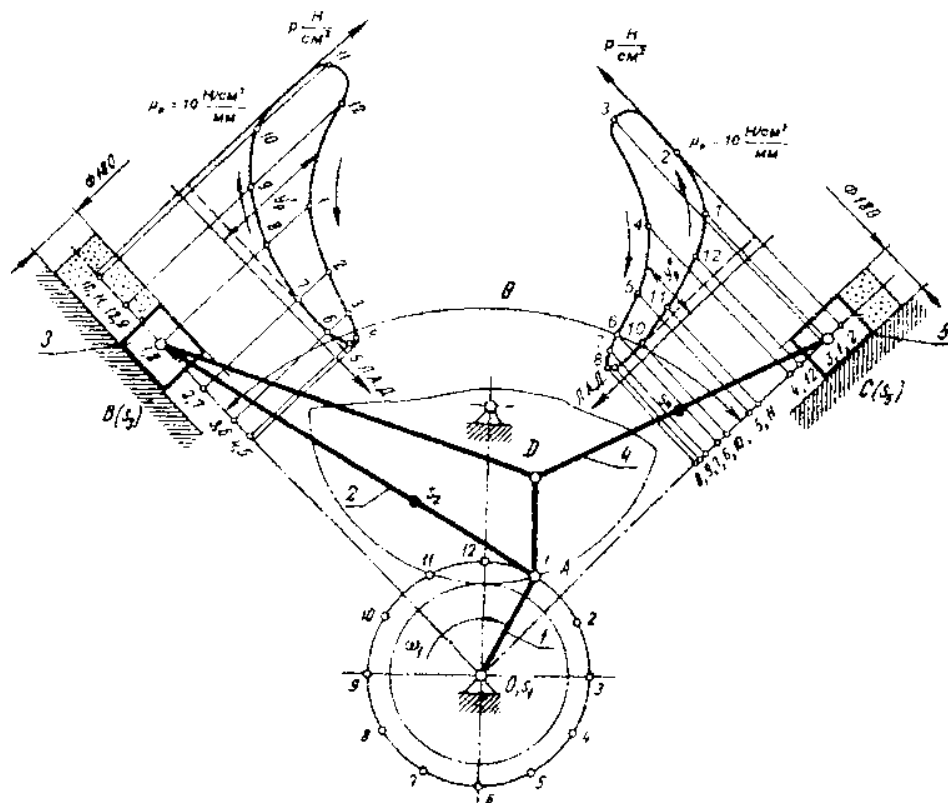


Рис. 2.2. Схема механизма V-образного дизеля



Таблица 2.1. Исходные данные для расчета V-образного дизеля

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	$n_1$ , об/мин	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
б	$l_{OA}$ , м	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125
в	$l_{AB}$ , м	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44	0,46	0,48
г	$l_{AD}$ , м	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	0,105	0,11	0,115
д	$l_{BD}$ , м	0,27	0,29	0,3	0,32	0,34	0,35	0,36	0,38	0,4	0,41
е	$l_{DC}$ , м	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38
ж	$l_{AS_2}$ , м	0,1	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145
з	$l_{BS_2}$ , м	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
и	$\theta^\circ$	60	60	65	65	70	70	75	75	80	80
к	$J_{S_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49
л	$G_2$ , Н	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
м	$G_3$ , Н	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
н	$J_{S_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
о	$G_4$ , Н	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
п	$G_5$ , Н	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
р	$\delta$	1/80	1/90	1/100	1/90	1/80	1/110	1/100	1/90	1/80	1/90

Кинематическое исследование и силовой расчет механизма выполнить для положения 1.

Редуктор (рис. 2.3), состоит из зубчатой передачи внешнего зацепления с неподвижными осями (колеса 1 и 2) и планетарной ступени (колеса 3, 4, 5 и водило Н).

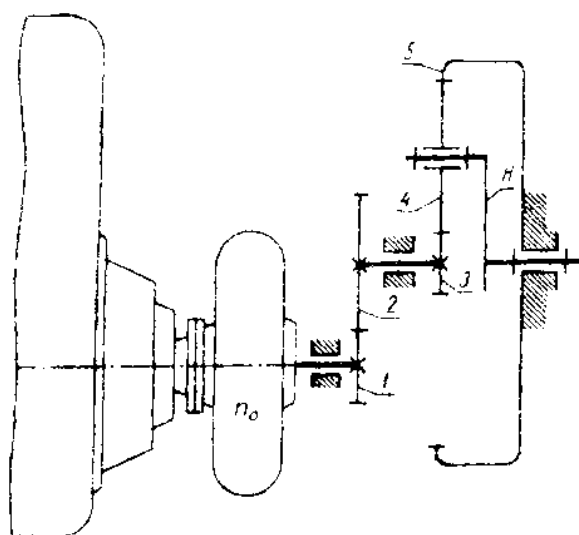


Рис. 2.3. Схема редуктора

Таблица 2.2. Исходные данные для проектирования зубчатого редуктора

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$n_1=n_0$ , об/мин	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
б	$m_{35}$ , мм	5	6	7	5	6	7	6	6	5	6
в	$q$	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3
г	$z_1$	12	11	13	11	13	11	12	13	11	12
д	$m_{12}$ , мм	10	11	9	10	12	12	11	10	13	9
е	$h_{a}^*$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	1
ж	$c^*$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

## 2.2. Задание для студентов специальности электрический транспорт железных дорог (ЭПС)

Выполнить исследование рычажного механизма кривошипно-коленного пресса (рис. 2.4, 2.5, табл. 2.3), проектирование зубчатых механизмов редуктора (рис. 2.6, табл. 2.4) и плоского кулачкового механизма (рис. 2.13, 2.14, табл. 2.9).

Пресс приводится в действие от электродвигателя через планетарный редуктор с простой зубчатой передачей. Он состоит из станины, привода, шарнирно-рычажного механизма, регулирующего устройства и аппаратуры управления (рис. 2.4). Вращение от электродвигателя через систему зубчатых колес передается на коленчатый вал 1, приводящий в движение звенья 2, 3, 4 и связанный с ними ползун 5. Звено 3 шарнирно связано с призмой 6, подвешенной на пружинах к траверсе. Во время рабочего хода звено 2 выпрямляет положение звеньев 3 и 4 и через ползун 5 передается давление на обрабатываемое изделие. К ползуну 5 посредством ласточкина хвоста и клиньев крепится верхний башмак. Нижний башмак укрепляется на подштамповой плите с Т-образными вырезами для крепежных болтов.

Для регулирования рабочего пространства пресса предусмотрено устройство 7 – клиновой механизм, приводимый в движение винтом через червячную передачу.

Сила сопротивления  $P_0$ , заданная диаграммой, приложена к звену 5 и направлена противоположно скорости его движения. Масштаб сил  $\mu_P=20000$  Н/мм, ординаты измерить на графике в мм.

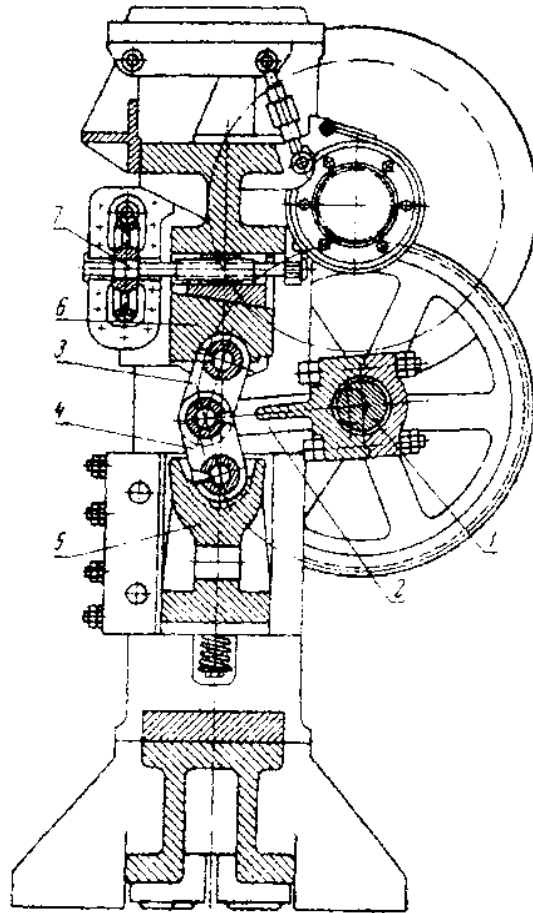


Рис. 2.4. Конструкция кривошипно-коленного пресса

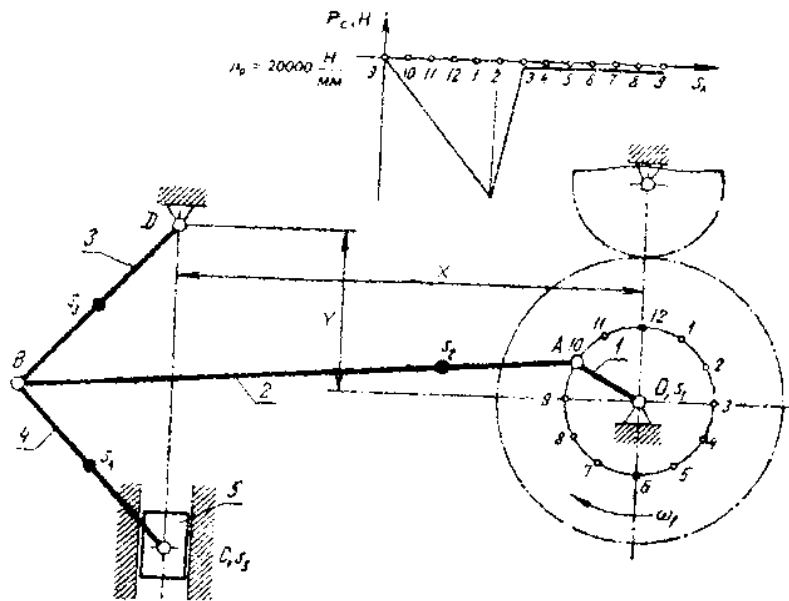


Рис. 2.5. Схема механизма пресса

Таблица 2.3. Исходные данные для расчета кривошипно-коленного пресса

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$n_k$ , об/мин	60	57	55	52	50	48	45	42	40	38
б	$l_{OA}$ , м	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	0,105
в	$l_{AB}$ , м	0,5	0,5	0,55	0,55	0,6	0,65	0,65	0,7	0,75	0,75
е	$l_{BD}$ , м	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
е	$l_{BC}$ , м	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
д	$l_{AS_2}$ , м	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145	0,15	0,155	0,16	0,165	0,17
а	$l_{BS_3}$ , м	0,1	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145
б	$l_{BS_2}$ , м	0,1	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145
в	$X$ , м	0,42	0,43	0,46	0,47	0,50	0,52	0,53	0,56	0,57	0,57
в	$Y$ , м	0,15	0,155	0,16	0,165	0,17	0,175	0,18	0,185	0,19	0,195
г	$G_1$ , Н	8000	8200	8400	8600	8800	9000	9200	9400	9600	9800
д	$G_2$ , Н	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400
е	$J_{S_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
а	$G_3$ , Н	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950
б	$J_{S_3}$ , кг·м <sup>2</sup>	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95
в	$G_4$ , Н	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950
г	$J_{S_4}$ , кг·м <sup>2</sup>	1,5	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95
д	$G_5$ , Н	6000	6200	6400	6600	6800	7000	7200	7400	7600	7800
е	$\delta$	1/70	1/80	1/100	1/100	1/70	1/100	1/90	1/80	1/70	1/80

Кинематическое исследование и силовой расчет механизма выполнить для положения 2.

Редуктор (рис. 2.6), состоит из передачи внешнего зацепления с неподвижными осями (колеса 5 и 6) и планетарной ступени с ведущим водилом (колеса 1, 2, 3, 4 и водило  $H$ ).

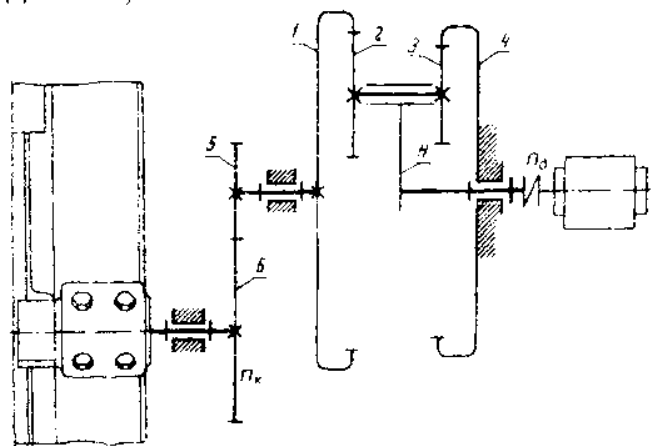


Рис. 2.6. Схема зубчатого редуктора

Таблица 2.4. Исходные данные для проектирования зубчатого редуктора

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$n_3$ , об/мин	900	912	935	936	950	960	945	924	920	912
б	$m_{12}$ , мм	6	5	4	5	4	6	5	4	4	5
в	$q$	4	4	3	4	3	3	4	3	4	3
г	$z_5$	10	11	12	13	14	15	14	13	12	11
е	$m_{58}$ , мм	15	14	13	12	11	10	11	12	13	14
д	$h_{\alpha}^*$	1	0,8	0,8	1	0,8	1	0,8	1	0,8	1
д	$c^*$	0,25	0,2	0,2	0,25	0,2	0,25	0,2	0,25	0,2	0,25

### 2.3. Задание для студентов специальности Вагоны (В)

Выполнить исследование рычажного механизма поршневого компрессора (рис. 2.7, 2.8, табл. 2.5), проектирование зубчатых механизмов редуктора (рис. 2.9, табл. 2.5) и плоского кулачкового механизма (рис. 2.13, 2.14, табл. 2.9).

Поршневой компрессор простого действия приводится в движение от электродвигателя. Конструктивно механизм компрессора (рис. 2.7) представляет собой поршневую систему с V-образным расположением рабочих цилиндров 6 и 7, в которых последовательно осуществляется сжатие воздуха движущимися поршнями 3 и 5, приводимыми в движение от коленчатого вала 1 посредством шатунов 2 и 4. Сжатие воздуха происходит ступенчато: вначале в цилиндре 6 первой ступени, а затем в цилиндре 7 второй ступени.

Принцип работы компрессора заключается в следующем. При движении поршня 3 вниз в цилиндре 6 создается разрежение, вследствие которого открывается всасывающий клапан 8 и производится забор воздуха из атмосферы. Движение поршня 3 в обратном направлении производит сжатие воздуха в цилиндре первой ступени. При этом всасывающий клапан 8 закрывается и при достижении заданного давления открывается нагнетающий клапан 9. Выталкиваемый сжатый воздух поступает в холодильник 10, после охлаждения в котором направляется в цилиндр 7 второй ступени и заполняет полость цилиндра при открытом клапане 11 во время движения поршня 5 вниз. При обратном движении поршень 5 осуществляет сжатие воздуха на большее давление, при достижении которого открывается выпускной клапан 12, и сжатый воздух поступает в воздухоотборник и через воздушную сеть потребителю.

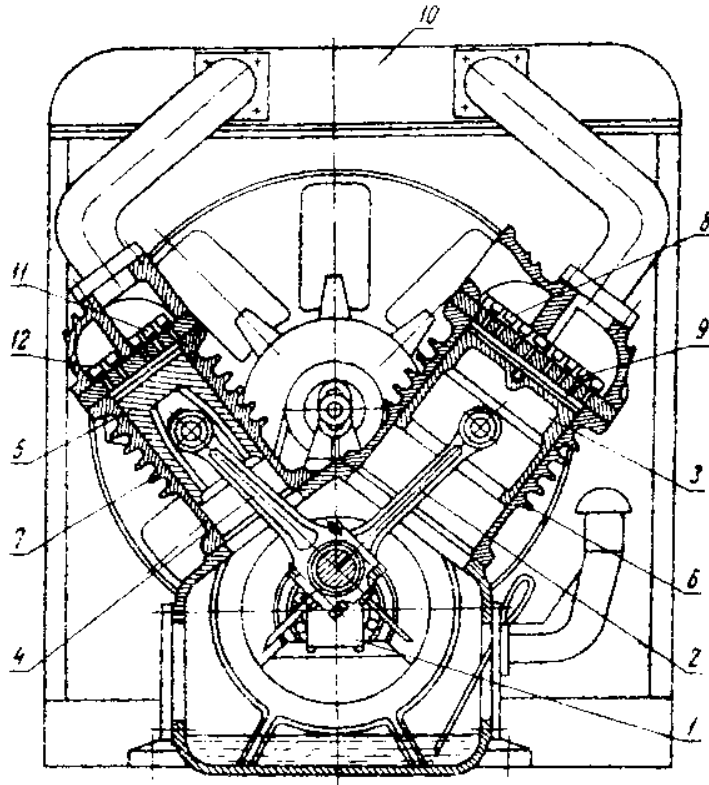


Рис. 2.7. Конструкция поршневого компрессора

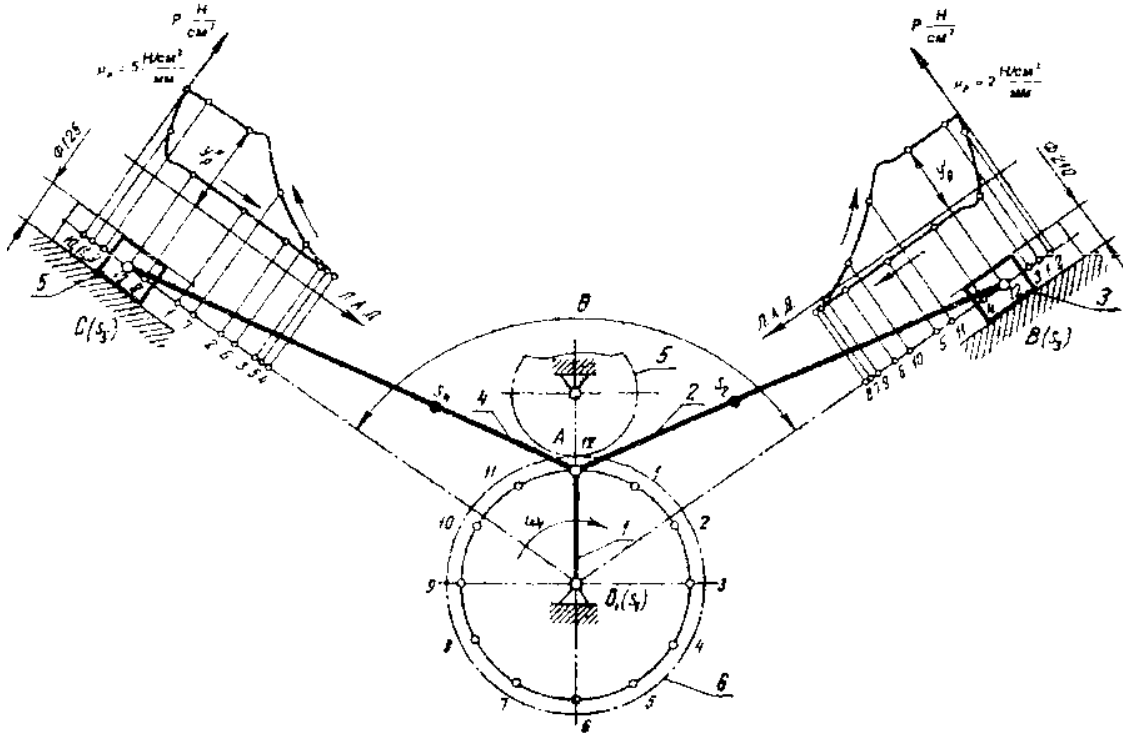


Рис. 2.8. Схема механизма компрессора

Момент движущих сил  $M_d$ , развиваемый двигателем и приложенный к кривошипу, считать постоянным. При движении поршня 3 на него действует сила сопротивления, за исключением положения кривошипа 2, где эта сила становится движущей. При движении поршня 5, когда кривошип занимает положения 11, 12, 1, 2, 3, 4, на него действует сила движущая, в остальных положениях – сила сопротивления.

Таблица 2.5. Исходные данные для расчета механизма компрессора

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$n$ , об/мин	300	400	480	360	380	340	420	320	440	500
е	$l_{OA}$ , м	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,095
з	$l_{AB}$ , м	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38
б	$l_{AC}$ , м	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36	0,38	0,4
в	$l_{AS_2}$ , м	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
д	$l_{AS_1}$ , м	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125
е	$\theta^2$	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
а	$J_{S_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33
з	$G_2$ , Н	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
д	$G_3$ , Н	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
в	$J_{S_1}$ , кг·м <sup>2</sup>	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
а	$G_4$ , Н	50	52	54	55	56	57	58	59	60	61
е	$G_5$ , Н	120	122	124	126	128	130	132	134	136	138
з	$\delta$	1/75	1/60	1/65	1/70	1/75	1/60	1/55	1/60	1/75	1/65

Кинематическое исследование и силовой расчет механизма выполнить для положения 1.

Редуктор состоит из передачи внешнего зацепления с неподвижными осями (колеса 7 и 8) и двух планетарных ступеней (колеса 1, 2, 3 и водило  $H_1$ ; колеса 4, 5, 6 и водило  $H_2$ ). Подбор чисел зубьев следует выполнить для первой планетарной ступени.

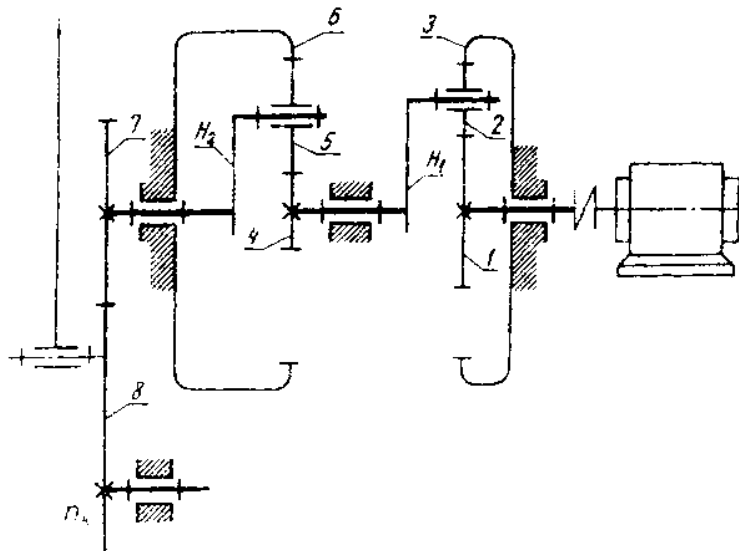


Рис. 2.9. Схема зубчатого редуктора

Таблица 2.6. Исходные данные для проектирования зубчатого редуктора

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	$n_3$ , об/мин	2900	2940	2970	2990	3000	3000	2990	2970	2940	2900
в	$m_{13}$ , мм	4	5	6	5	4	5	6	4	5	6
г	$q$	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
д	$z_1$	13	12	11	12	13	12	11	12	13	11
е	$m_{78}$ , мм	14	12	10	13	15	13	15	12	11	10
б	$h_{\alpha}^*$	1	0,8	1	1	0,8	1	1	1	0,8	1
б	$c^*$	0,25	0,2	0,25	0,25	0,2	0,25	0,25	0,25	0,2	0,25

#### 2.4. Задание для студентов специальности подъемно-транспортные, строительно-дорожные машины и оборудование (СДМ)

Выполнить исследование рычажного механизма щековой дробилки (рис. 2.10, 2.11, табл. 2.7), проектирование зубчатых механизмов редуктора (рис. 2.12, табл. 2.8) и плоского кулачкового механизма (рис. 2.13, 2.14, табл. 2.9).

Щековая дробилка приводится в движение от электродвигателя. В конструктивном отношении она представляет собой шарнирно-рычажный шестизвенный механизм с качающейся щекой 5 (рис. 2.10). Последняя состоит из



дробящей плиты 6, изготовленной из износостойкой марганцовистой стали и челюсти 5, свободно подвешенной на оси 7. Напротив подвижной щеки, вертикально на станине 8, жестко закреплена неподвижная щека 9. Подвижная щека 6 получает качание от эксцентрикового вала 1, установленного в разъемных чугунных подшипниках, залитых баббитом, по концам которого насажены массивные маховики, а посередине свободно подвешен шатун 2. При вращении эксцентрикового вала нижняя часть шатуна совершает возвратно-колебательное движение и через посредство распорных плит 3 и 4 осуществляется качание подвижной щеки. Холостой ход последней совершается под действием возвратной пружины 10. Для регулирования ширины разгрузочной щели предусмотрен клиновой механизм 11.

Момент сопротивления  $M_{\text{с}}$ , величина которого задана диаграммой, приложен к звену 5 и направлен на участке рабочего хода 6-12 траектории точки А противоположно угловой скорости звена 5. На участке холостого хода 12-6 возврат звена 5 в исходное положение осуществляется под действием пружины, создающей движущий момент, который совпадает с направлением движения звена 5.

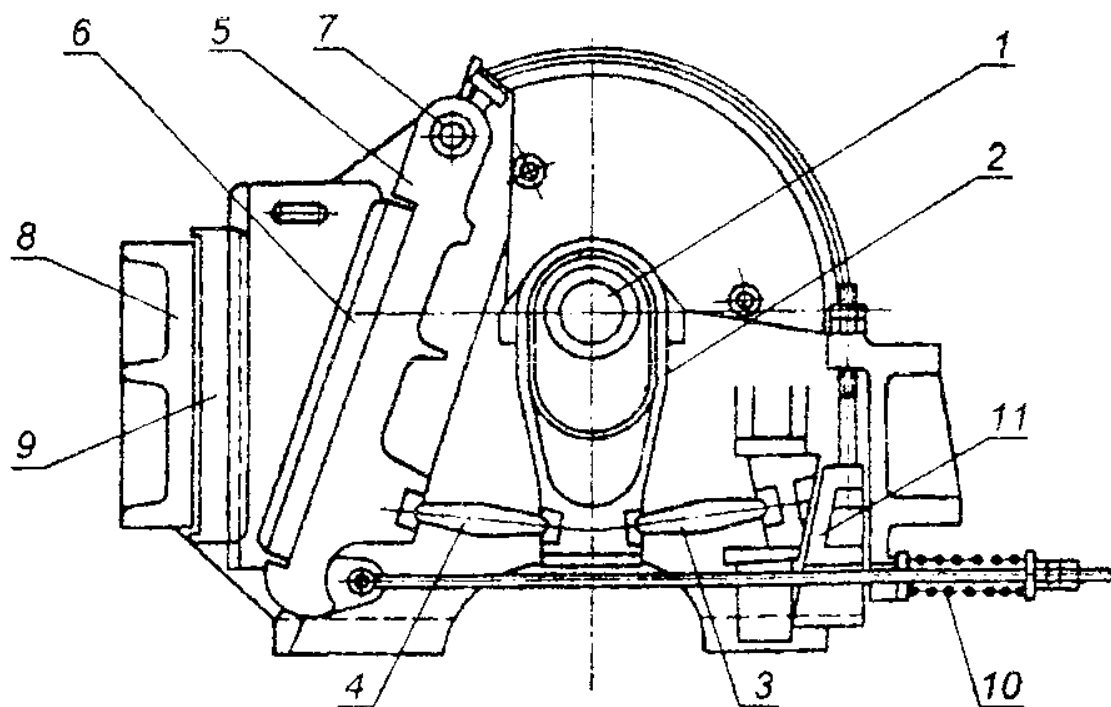


Рис. 2.10. Конструкция щековой дробилки

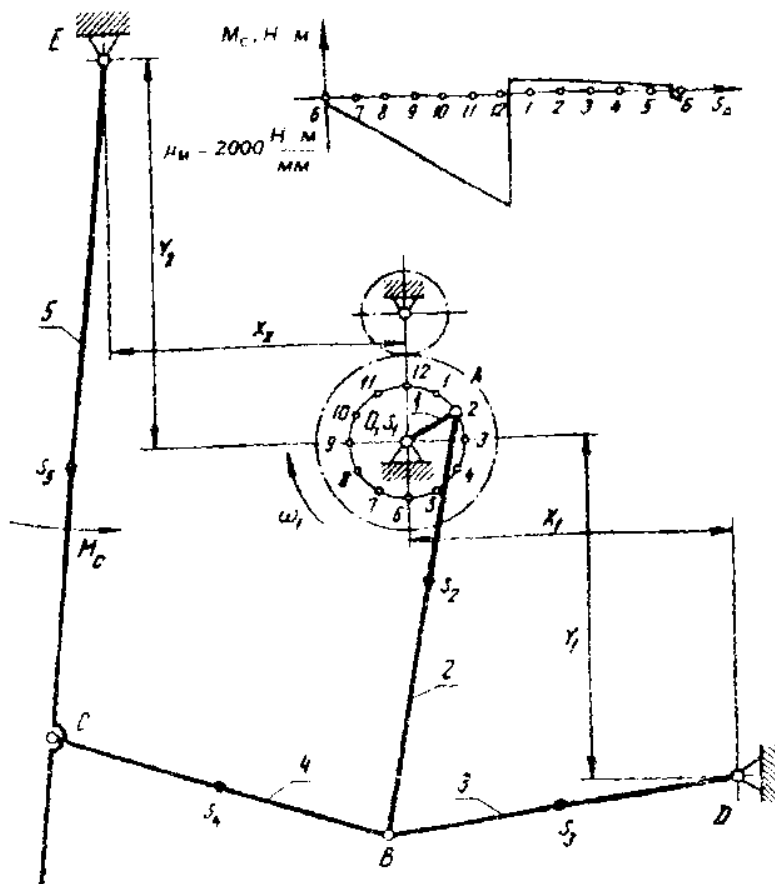


Рис. 2.11. Схема механизма щековой дробилки

Таблица 2.7. Исходные данные для расчета механизма щековой дробилки

Исходные данные	Номер графы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_n$ , об/мин	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
$l_{CA}$ , м	0,08	0,085	0,09	0,095	0,1	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125
$l_{AB}$ , м	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,75	0,8	0,8	0,85	0,85
$l_{BP}$ , м	0,5	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7	0,72
$l_{BC}$ , м	0,5	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7	0,72
$l_{EC}$ , м	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
$l_{AS_1}$ , м	0,26	0,26	0,28	0,28	0,3	0,3	0,32	0,32	0,34	0,34
$l_{BS_1}$ , м	0,25	0,26	0,275	0,285	0,3	0,31	0,325	0,335	0,35	0,36
$l_{BS_2}$ , м	0,25	0,26	0,275	0,285	0,3	0,31	0,325	0,335	0,35	0,36

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$l_{ES_5}$ , м	0,6	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87
б	$X_1$ , м	0,45	0,47	0,5	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67
в	$Y_1$ , м	0,5	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7	0,72
г	$X_2$ , м	0,4	0,42	0,45	0,47	0,5	0,52	0,55	0,57	0,6	0,62
д	$Y_2$ , м	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7	0,72	0,75	0,77	0,8	0,82
е	$G_2$ , кН	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
ж	$J_{S_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
з	$G_3$ , кН	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
и	$J_{S_3}$ , кг·м <sup>2</sup>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
к	$G_5$ , кН	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
л	$J_{S_5}$ , кг·м <sup>2</sup>	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
м	$G_4$ , кН	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
н	$J_{S_4}$ , кг·м <sup>2</sup>	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
о	$\delta$	1/20	1/25	1/30	1/35	1/30	1/25	1/20	1/25	1/30	1/35

Кинематическое исследование и силовой расчет механизма выполнить для положения 11.

Редуктор состоит из передачи внешнего зацепления с неподвижными осями (колеса 5 и 6) и планетарной ступени (колеса 1, 2, 3, 4 и водило H).

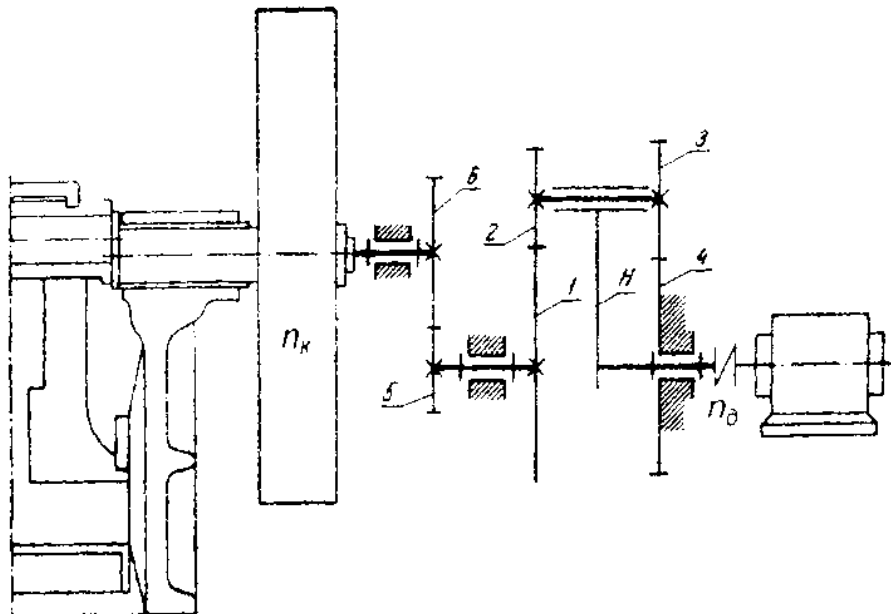


Рис. 2.12. Схема зубчатого редуктора

Таблица 2.8. Исходные данные для проектирования зубчатого редуктора

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	$n_d$ , об/мин	3000	2940	2970	2990	3000	3000	2990	2970	2940	2900
в	$m_{12}=m_{34}$ , мм	6	7	5	6	7	5	8	7	6	5
г	$q$	3	3	4	3	4	4	3	3	4	4
д	$z_5$	12	13	11	12	11	12	11	13	11	12
е	$m_{56}$ , мм	12	13	14	12	14	15	13	14	15	12
б	$h_a^*$	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	0,8
б	$c^*$	0,25	0,2	0,25	0,25	0,2	0,25	0,25	0,2	0,25	0,2

## 2.5. Задание на проектирование кулачкового механизма

Для всех специальностей задание на проектирование кулачкового механизма и исходные данные выбираются по табл. 2.9 и рис. 2.13, 2.14.

Таблица 2.9. Исходные данные для проектирования кулачкового механизма

Строка	Исходные данные	Номер графы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	Схема механизма, рис. 2.14	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
б	Закон движения, рис. 2.13	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б
в	Допустимый угол	25	30	32	35	32	30	25	30	32	35
	Толкателя давления $U_{доп}$ , град Коромысла	35	40	42	45	42	40	35	40	42	45
г	Частота вращения кулачка $n$ , об/мин	200	300	400	500	600	500	400	300	200	600
д	Максимальное перемещение (ход) толкателя $S_{max}$ , мм	10	15	20	25	20	15	10	15	20	25
д	Максимальное перемещение ко- ромысла $\psi_{max}$ , град	12	15	18	20	23	20	18	15	12	18
е	Длина коромысла $l$ , мм	60	70	80	90	100	110	100	90	80	70
з	Угол подъема $\varphi_n$ , град. $\varphi_n = \varphi_0$	60	70	80	70	60	70	80	70	60	70
б	Угол верхнего выстоя $\varphi_6$ , град	0	10	20	30	40	30	20	10	20	0
в	Эксцентриситет $e$ , мм	6	8	10	12	10	8	6	8	10	12
г	Замыкание высшей кинематиче- ской пары	силовое					геометрическое				
е	Масса толкателя $m$ , кг	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5
е	Момент инерции коромысла $10^4 J_{O_2}$ , кг·м <sup>2</sup>	5	4	3	2	2	3	3	4	5	2

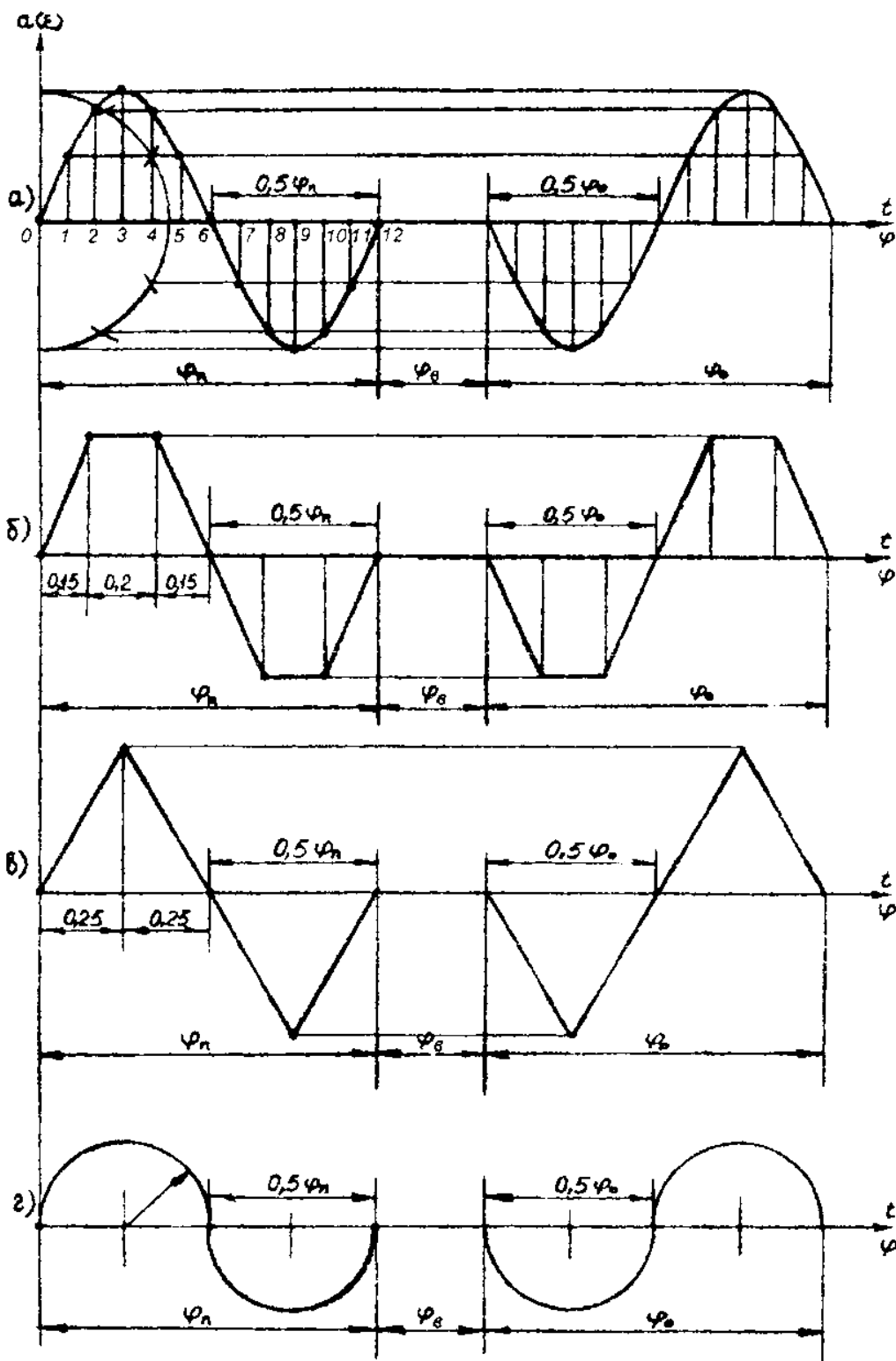


Рис. 2.13. Закон движения толкателя (коромысла)

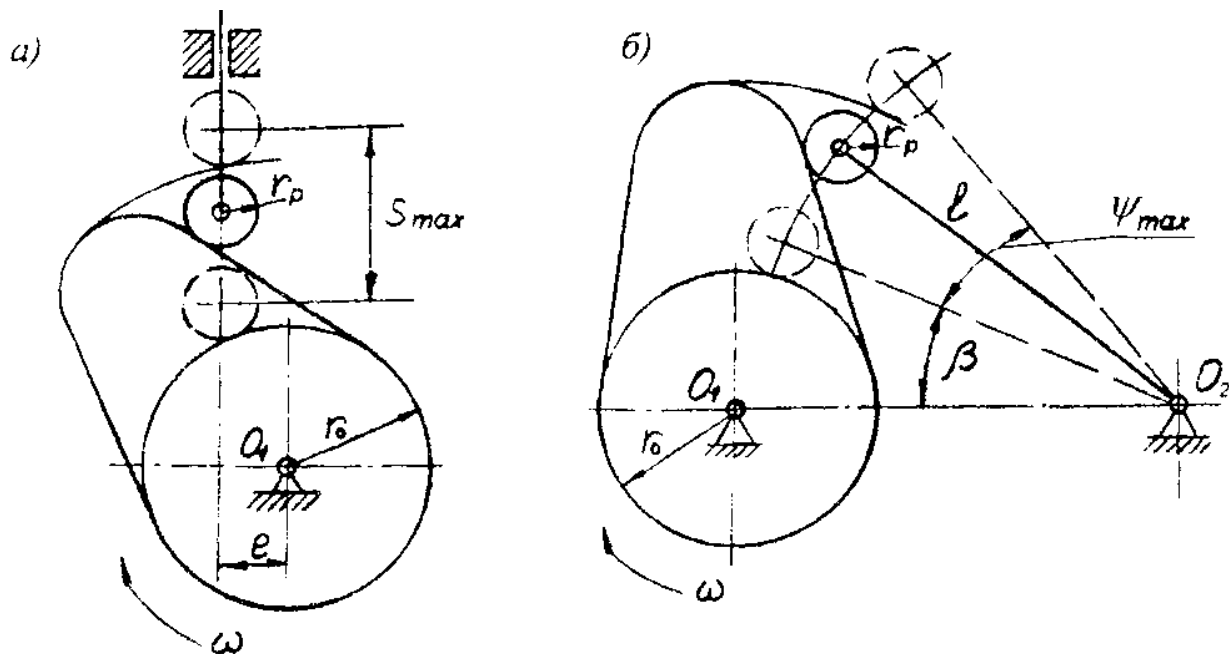


Рис. 2.14. Схема кулачкового механизма

### 3. ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Для выбора исходных данных нужно написать последнюю цифру года приема и справа от нее два раза подряд последние три цифры шифра. Недостающие до трех цифры заполняются единицами. Над каждой из цифр, начиная слева, подписать буквы: а, б, в, г, д, е, ж. Такими же буквами обозначены строки таблиц исходных данных. Исходные данные выбираются на пересечении строк и граф (колонок). Буква укажет строку, а цифра – графу (колонку), из которой следует взять числовое значение величины. Приведенная ниже запись включается в текст пояснительной записки.

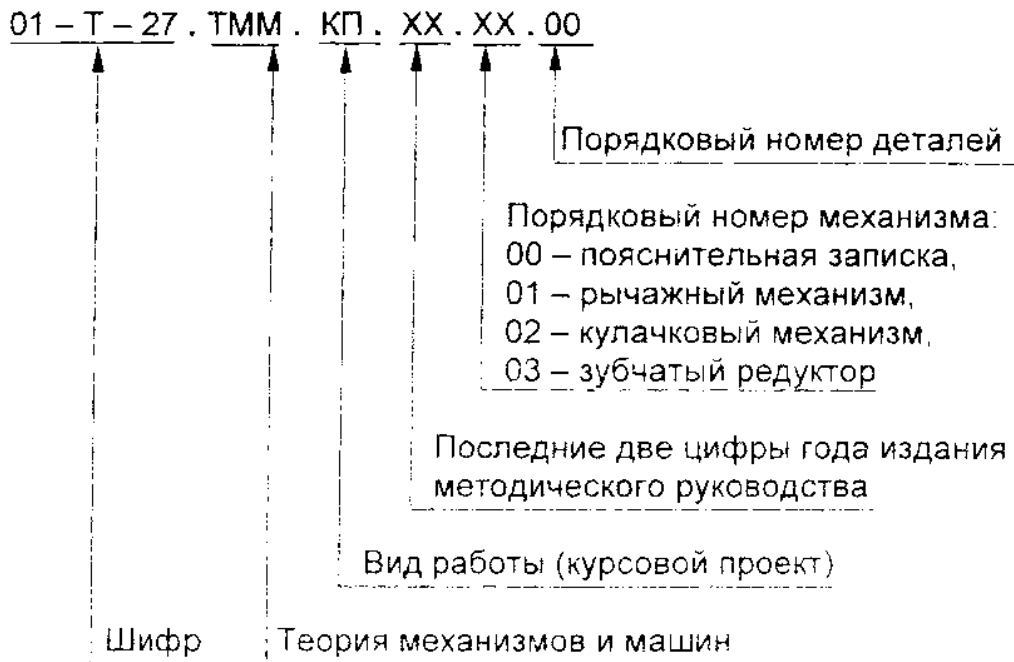
При шифре 01-Т-27 , специальности Локомотивы, получим

а б в г д е ж – строки таблиц,  
1 2 7 1 2 7 1 – колонки таблиц.

Из табл. 2.1 (см. стр. 10) принимаем следующие исходные данные:

$n_1=1250$  об/мин.  $l_{CA}=0,09$  м.  $l_{AG}=0,34$  м,  
 $l_{AD}=0,08$  м.  $l_{BD}=0,3$  м. ...,  $G_5=44$  Н.  $\delta=1/100$ .

При заполнении основных надписей (штампов) указывается шифр и дополнительная информация в виде:



#### 4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

*Расчет рычажного механизма* включает в себя следующие работы (лист 1 – см. Приложение Б):

1. Построить план механизма в масштабе. На этом же плане тонкими линиями изобразить остальные одиннадцать планов для равноотстоящих положений кривошипа. Построить траектории центров тяжести звеньев.
2. Определить степень подвижности механизма и произвести его разложение на структурные группы Ассур.
3. Построить план механизма для заданного положения. Построить план скоростей и план ускорений для этого положения. Определить скорости и ускорения шарниров механизма и центров тяжести звеньев.
4. Определить величины и направления угловых скоростей  $\omega$  и угловых ускорений  $\varepsilon$  звеньев; указать их круговыми стрелками на схеме механизма.
5. По ускорениям центров масс  $a_{S_i}$  и угловым ускорениям  $\varepsilon_i$  звеньев определить инерционную нагрузку: главный вектор сил инерции  $\bar{F}_{in}$ , приложенный в центре масс звена  $S_i$ .

$$\vec{F}_{si} = -m_i \vec{a}_{si} \quad \text{Н}, \quad (4.1)$$

и главный момент сил инерции  $\vec{M}_{si}$

$$\vec{M}_{si} = -J_{si} \vec{\varepsilon} \quad \text{Н·м} \quad (4.2)$$

где  $m_i$  – масса звена  $i$ , кг;

$J_{si}$  – центральный момент инерции звена  $i$ , кг·м<sup>2</sup>.

Силы  $\vec{F}_{si}$  и моменты  $\vec{M}_{si}$ , действующие на одно звено, сложить. При  $\vec{F}_{si} = 0$  момент  $\vec{M}_{si}$  заменить парой сил, направленных перпендикулярно звену и приложенных в центрах шарниров на этом звене. На звенья механизма указать силы тяжести, силы инерции, силы технологических сопротивлений (силы, действующие на ползуны), уравновешивающий момент  $M_{yp}$  на входном звене

7. Вычертить структурные группы Ассура, указать все известные силы и искомые силы реакций в кинематических парах.

8. Выполнить силовой расчет механизма. Расчет следует начинать с последней присоединенной структурной группы и заканчивать расчетом входного звена.

Для определения реакций в кинематических парах рассмотреть равновесие сил, действующих на структурные группы, составить уравнения равновесия и построить в масштабе планы сил. При построении этих планов рекомендуется сначала последовательно сложить все силы, действующие на одно звено, а затем переходить к построению на плане всех сил второго звена.

9. Из расчета входного звена определить уравновешивающий момент  $M_{yp}$  и реакцию в коренном подшипнике механизма.

10. Построить повернутый на 90° план скоростей («рычаг» Н.Е. Жуковского). Для наглядности рекомендуется значительно увеличить план скоростей. Определить уравновешивающую силу  $P_{yp}$  из условия равновесия рычага Жуковского и уравновешивающий момент  $M_{yp}^* = P_{yp} l_{CA}$  Н·м.

Найти относительную разницу определения этих величин в процентах

$$\Delta M = \frac{M_{yp} - M_{yp}^*}{M_{yp}^*} \cdot 100\%.$$

*Синтез кулачкового механизма* включает в себя следующие работы (лист 2 – см. Приложение В):

1. Построить заданный график аналога ускорения толкателя в функции угла поворота  $\varphi$  кулачка



$$\frac{d^2 S}{d\varphi^2} = f_2(\varphi).$$

График рекомендуется строить по 6-12 точкам в каждой фазе движения.

Для механизма с коромыслом построить график аналога углового ускорения

$$\frac{d^2 \psi}{d\varphi^2} = f_2(\varphi),$$

где  $\psi$  – угол поворота коромысла.

2. Графически проинтегрировать этот график и построить график аналога скорости толкателя

$$\frac{dS}{d\varphi} = f_1(\varphi); \quad \text{для механизма с коромыслом} \quad \frac{d\psi}{d\varphi} = f_1(\varphi).$$

3. Проинтегрировать график аналога скорости толкателя и построить график его перемещения

$$S = f(\varphi); \quad \text{для механизма с коромыслом} \quad \psi = f(\varphi).$$

4. По заданному перемещению  $S_{max}$  поступательно движущегося толкателя определить масштаб перемещений

$$\mu_s = \frac{S_{max}}{\bar{S}_{max}} \quad \frac{м}{мм},$$

где  $S_{max}$  – максимальное перемещение (ход) толкателя, м;  $\bar{S}_{max}$  – соответствующий ходу  $S_{max}$  отрезок на графике перемещений, мм.

Для механизма с коромыслом заданный в градусах угол  $\psi_{max}$  необходимо перевести в радианы. Тогда масштаб угловых перемещений коромысла

$$\mu_\psi = \frac{\psi_{max}}{\bar{\psi}_{max}} \frac{\pi}{180} \quad \frac{рад}{мм},$$

где  $\bar{\psi}_{max}$  – отрезок, соответствующий максимальному перемещению коромысла на построенном графике перемещения, мм.

По найденным масштабам перемещений  $\mu_s$  (или  $\mu_\psi$ ) найти фактические перемещения толкателя  $S$  (или  $\psi$ ) для всех положений механизма

$$S = \mu_s \bar{S} \quad м; \quad \text{для механизма с коромыслом} \quad \psi = \mu_\psi \bar{\psi} \quad рад, \quad (4.3)$$

где отрезки  $\bar{S}$  (или  $\bar{\psi}$ ) измеряются на построенном графике перемещения в мм.

5. Определить масштаб  $\mu_\varphi$  угла поворота кулачка

$$\mu_\varphi = \frac{\varphi_n}{\varphi_r} \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \frac{\text{рад}}{\text{мм}}$$

где  $\varphi_n$  – угол поворота кулачка на фазе прямого хода (подъема), градусы;

$\varphi_r$  – отрезок, принятый при построении графика аналога ускорения для фазы подъема толкателя, мм.

Определить масштаб графика аналога скорости

$$\mu_v = \frac{\mu_s}{H_1 \mu_\varphi} \cdot \frac{M}{\text{мм}}; \quad \text{для механизма с коромыслом} \quad \mu_1 = \frac{\mu_v}{H_1 \mu_\varphi} \cdot \frac{1}{\text{мм}}$$

где  $H_1$  – принятое при интегрировании графика аналога скоростей полюсное расстояние, мм

При вычислении всех масштабов рекомендуется сохранять три значащие цифры (нули после запятой, расположенные перед первой значащей цифрой, не считаются).

Для всех положений кулачкового механизма определить фактические значения аналога скорости

$$\frac{d\bar{S}}{d\varphi} = \mu_1 \left( \frac{d\bar{S}}{d\varphi} \right) \quad \text{мм} \quad (4.4)$$

или для механизма с коромыслом

$$\frac{d\bar{\psi}}{d\varphi} = \mu_1 \left( \frac{d\bar{\psi}}{d\varphi} \right) \quad (4.5)$$

где отрезки  $\left( \frac{d\bar{S}}{d\varphi} \right)$  или  $\left( \frac{d\bar{\psi}}{d\varphi} \right)$  измеряются в мм с графиков.

6. В выбранном масштабе длин  $\mu_l$  построить график зависимости аналога скорости толкателя  $S'_\varphi = dS/d\varphi$  в зависимости от перемещения  $S$ . Ось перемещения  $S$  направить вертикально вверх. Направление аналога скорости  $S'_\varphi$  определить по правилу: повернуть вектор скорости толкателя  $\bar{v}$  на угол  $90^\circ$  в сторону вращения кулачка. Масштабы по обеим осям должны быть одинаковыми. Рекомендуется принять масштаб  $\mu_l = 0,001$  м/мм, что соответствует масштабу  $M$  1:1.

Для механизма с коромыслом предварительно нужно построить все последовательные положения коромысла. Изобразить малые угловые пере-

мещения  $\psi$  коромысла затруднительно. Поэтому рекомендуется использовать перемещения  $\bar{S}$  центра ролика по дуге радиуса  $\bar{l}$ , соответствующее углу поворота  $\psi$

$$\bar{S} = \psi \bar{l} / \mu_c \quad \text{мм}, \quad (4.6)$$

где угол  $\psi$  определяется по формуле (4.3);  $\bar{l}$  – длина коромысла, м.

Вдоль каждого положения коромысла в масштабе длин  $\mu_c$  отложить отрезок, равный производной от перемещения центра ролика по углу поворота кулачка:

$$\bar{S}'_{\varphi} = \frac{d\psi}{d\varphi} \bar{l} / \mu_c \quad \text{мм}. \quad (4.7)$$

Направление отрезка  $\bar{S}'_{\varphi}$  определить по указанному выше правилу.

7. По предельному значению угла давления  $\nu_{don}$  построить область допустимого расположения центра вращения кулачка и выбрать в ней его расположение. Замерить начальный радиус  $\bar{r}_0$  кулачка в мм и определить его фактическую величину

$$r_0 = \mu_c \bar{r}_0 \quad \text{м}. \quad (4.8)$$

8. С помощью метода обращения движения построить центровой профиль кулачка (без ролика). Масштаб построения принять равным  $\mu_c \leq 0,001$  м/мм.

9. Определить допускаемую величину радиуса ролика  $r_p$  из условий

$$r_p \leq 0,5 \rho_{min} \quad \text{и} \quad r_p \leq 0,4 r_0,$$

где  $\rho_{min}$  – минимальный радиус кривизны центрального профиля.

Радиус  $\rho_{min}$  определяется приближенно как радиус окружности, проходящий через три точки профиля. Эти точки центрального профиля выбираются визуально на тех участках профиля, где можно ожидать получение минимального значения радиуса кривизны.

10. Построить конструктивный профиль кулачка как огибающую семейства окружностей радиуса  $r_p$ , центры которых расположены на центровом профиле.

11. На диаграмме  $S'_{\varphi} = f(S)$  указать углы давления  $\nu$  во всех положениях механизма и построить график изменения угла давления.

12. Для механизма с силовым замыканием определить предварительное натяжение и жесткость замыкающей пружины. Предварительное натяжение

принять равным 20 - 40% от наибольшей силы пружины. Наибольшая сила пружины в 1,5 - 2 раза должна превышать силу инерции ведомого звена в области, где возможен отрыв ведомого звена от поверхности кулачка.

13. Для механизма с геометрическим замыканием высшей пары выбрать тип замыкания. Для двухдискового кулачкового механизма профиль замыкающего кулачка строится таким образом, чтобы расстояние между роликами основного и замыкающего кулачка оставалось постоянным.

Недостающие данные принять самостоятельно.

*Проектирование зубчатых механизмов редуктора* включает в себя следующие работы (лист 3 – см. Приложение Г):

1. Определить значение передаточного числа редуктора и произвести его разбивку на планетарную и простую ступени.

2. Выполнить расчет прямозубой передачи простой ступени с эвольвентным профилем зуба.

3. Вычертить схему станочного зацепления малого колеса с исходным контуром реечного инструмента. Произвести нарезание одной стороны профиля зуба и достроить профиль до полного используя его симметрию.

4. Вычертить схему зацепления зубчатых колес. При построении профилей зубьев меньшего колеса использовать схему станочного зацепления. Профиль зуба большего колеса построить с помощью свойств эвольвенты.

5. По передаточному числу планетарной ступени подобрать числа зубьев колес с учетом условий соосности, сборки, соседства. Все колеса планетарной ступени нарезаются без смещения инструментальной рейки. Допускается принимать минимальное количество зубьев  $Z_{min}=15$  и отклонение от требуемого передаточного числа планетарной ступени  $\pm 5\%$ .

6. Определить КПД редуктора, приняв КПД одной пары зубчатых колес с учетом потерь в подшипниках  $\eta_i=0,98$ .

7. Определить диаметры начальных окружностей колес планетарной ступени.

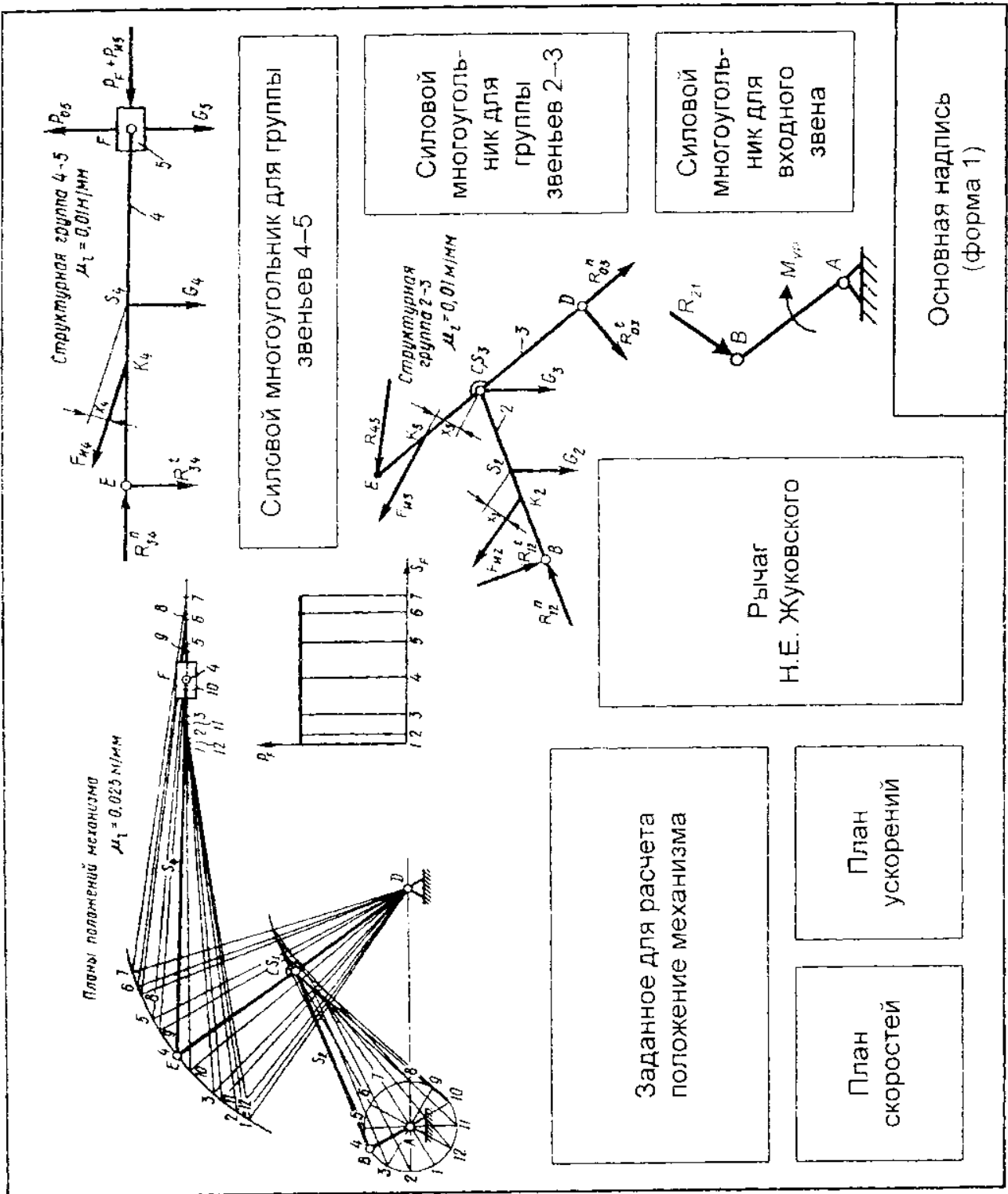
8. Вычертить схему редуктора (с простой ступенью). Построить картину распределения скоростей и план чисел оборотов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

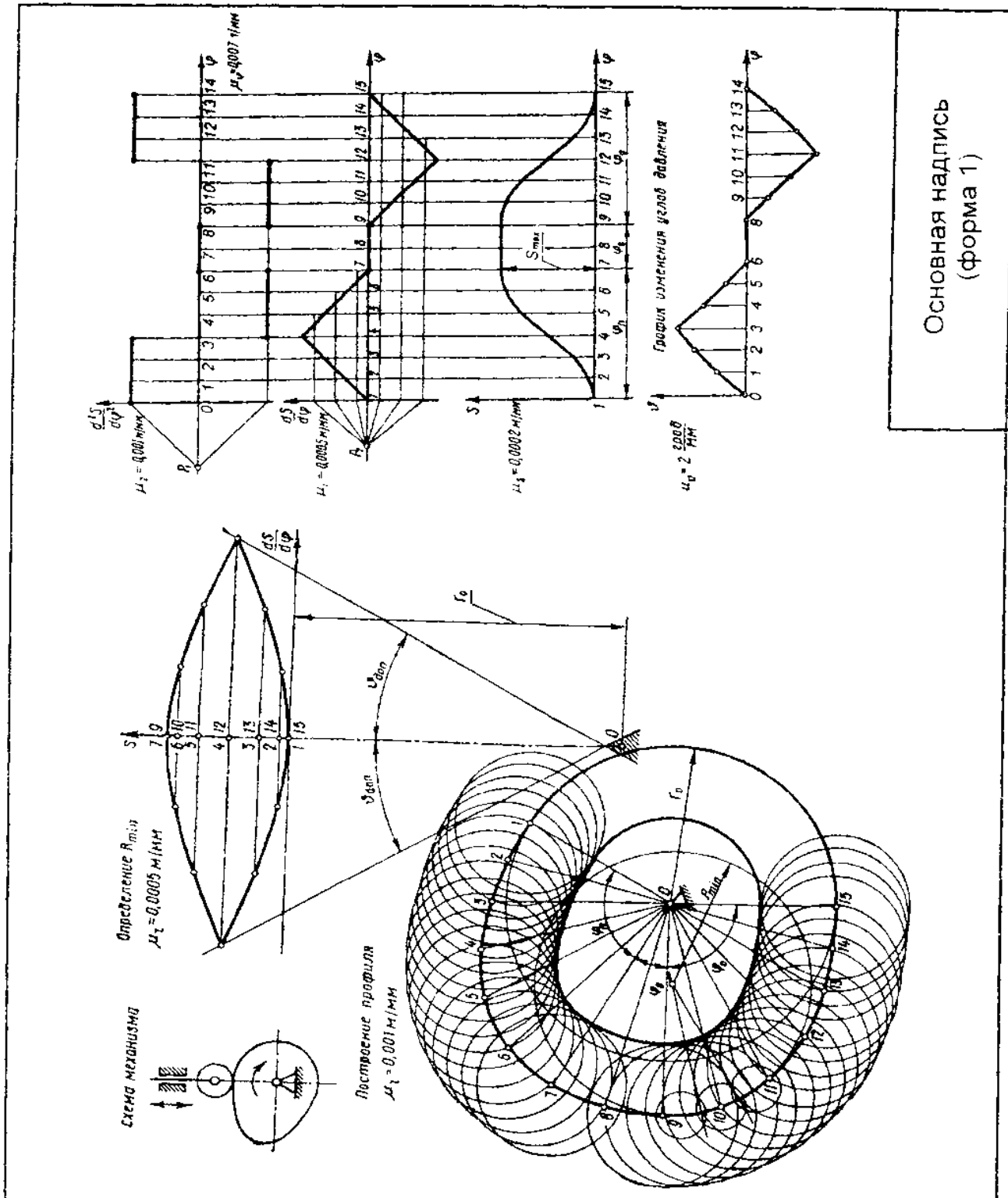
1. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
2. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов: Учеб. для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1965. – 776 с.
3. *Зиновьев В.А.* Курс теории механизмов и машин. – 2-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 384 с.
4. *Кожевников С.Н.* Теория механизмов и машин: Учеб. пособие для студентов вузов. – 3-е изд. – М.: Машиностроение. – 584 с.
5. *Левитская О.Н., Левитский Н.И.* Курс теории механизмов и машин: Учеб. пособие для мех. спец. вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1985. – 279 с.
6. *Механика машин: Учеб. пособие для вузов / И.И. Вульфсон, М.Л. Ерихов, М.З. Коловский и др.; Под ред. Г.А. Смирнова.* – М.: Высш. шк., 1996. – 511 с.
7. *Теория механизмов: Учеб. пособие для вузов / В.А. Гавриленко, С.Б. Минут, А.К. Мусатов и др.; Под ред. В.А. Гавриленко.* – М.: Высш. шк., 1973. – 511 с.
8. *Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; Под ред. К.В. Фролова.* – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.
9. *Теория механизмов и механика машин: Учеб. для вузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; Под ред. К.В. Фролова.* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998. – 496 с.
10. *Юдин В.А., Петрокас Л.В.* Теория механизмов и машин: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1977. – 527 с.
11. *Попов С.А., Тимофеев Г.А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин: Учеб. пособие для вузов / Под ред. К.В. Фролова. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1999. – 351 с.
12. *Попов С.А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин: Учеб. пособие для вузов / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1986. – 295 с.
13. *Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: Учеб. пособие для вузов – 5-е изд. / А.С. Кореняко, Л.И. Кременштейн, С.Д. Петровский и др.; Под ред. А.С. Кореняко.* – Киев: Вища шк., 1970. – 330 с.
14. *Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд. / А.С. Кореняко, Л.И. Кременштейн, С.Д. Петровский и др.; Под ред. А.С. Кореняко.* – М. – Л.: Машиностроение, 1964. – 324 с.
15. *Артоболевский И.И., Эдельштейн Б.В.* Сборник задач по теории механизмов и машин: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука, 1973. – 256 с.

16. *Сборник задач по теории механизмов и машин: Учеб. пособие. – 2-е изд. / В.А. Юдин, Г.А. Барсов, Ю.Н. Чупин: Под ред. Л.В. Петрокаса. – М.: высш. шк., 1982. – 215 с.*
17. *Юдин В.А., Барсов Г.А. Сборник задач и примеров по теории механизмов и машин: Учеб пособие для вузов – РОСВУЗИЗДАТ, 1963. – 283 с.*
18. *Накапкин А.Н., Лялин Е.М., Битюцкий Ю.И. Теория механизмов и машин: Задания на контрольную работу. – М., 1988. – 26 с.*
19. *Накапкин А.Н., Лялин Е.М. Теория механизмов и машин: Задания на курсовой проект. – М., 1990. – 57 с.*
20. *Дрыгин В.В., Козерод Ю.В. Единая система конструкторской документации в курсовом и дипломном проектировании. Оформление текстовой документации: Методические указания на выполнение курсового и дипломного проектирования. – 4-е изд. – Хабаровск: Изд ДВГУПС, 2002. – 35 с.*

Приложение Б – Расположение материала на листе  
«Динамический анализ рычажного механизма»



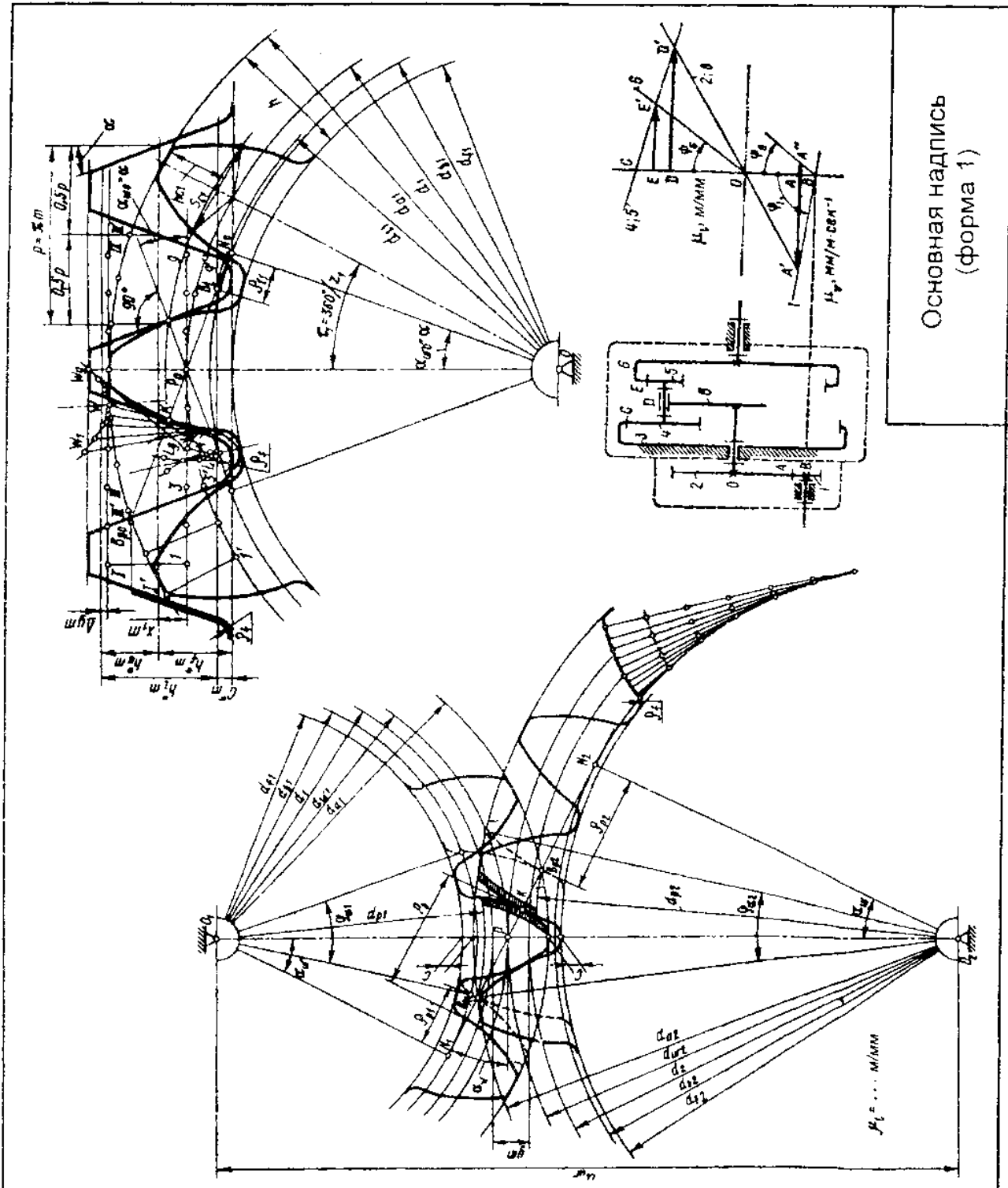
Приложение В – Расположение материала на листе  
«Синтез кулачкового механизма»



Основная надпись  
(форма 1)



Приложение Г – Расположение материала на листе  
 «Проектирование зубчатых механизмов»



Основная надпись  
 (форма 1)