

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов направления подготовки
15.03.03 «Прикладная механика» очной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 621.9.04
ББК 34.5
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Основы проектирования машин» «6» марта 2024 г.,
протокол № 8

Составители: канд. техн. наук, доц. В. Л. Комар;
ст. преподаватель М. В. Дроздова

Рецензент ст. преподаватель О. А. Пономарева

Изложены краткие сведения и задания для курсового проектирования по
дисциплине «Теория механизмов и машин».

Учебное издание

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Ответственный за выпуск	А. П. Прудников
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение	4
1 Цель курсового проектирования	5
2 Организация курсового проектирования	5
3 Содержание курсового проекта.....	6
4 Оформление курсового проекта.....	7
5 Методические указания	9
5.1 Механизмы поперечно-строгального станка № 1	10
5.2 Механизмы поперечно-строгального станка № 2	12
5.3 Механизмы поперечно-строгального станка № 3	13
5.4 Механизмы поперечно-строгального станка № 4	15
5.5 Механизмы долбежного станка № 1	17
5.6 Механизмы долбежного станка № 2	19
5.7 Механизмы долбежного станка № 3	21
5.8 Механизмы устройства подачи деталей из накопителя	23
5.9 Механизмы пилонасекателя	25
5.10 Механизмы вытяжного прессы	27
Список литературы.....	31
Приложение А	32
Приложение Б.....	35

Введение

Целью изучения дисциплины является освоение будущими инженерами в области технологии машиностроения общих методов анализа, проектирования и исследования механизмов, применяемых к любым практическим задачам, возникающим в производственном процессе. Эти знания необходимы не только при проектировании новых механизмов, обеспечивающих технологические процессы, но и для грамотной их эксплуатации.

В результате выполнения курсового проекта студент изучит принципы проектирования основных видов механизмов; научится составлять расчетные схемы (модели) машин и механизмов для решения технических задач, выполнять кинематические и динамические расчеты, применять результаты расчетов для получения требуемых характеристик механизмов и машин, разрабатывать алгоритмы расчета параметров; овладеет основными принципами проектирования, анализа и синтеза различных механизмов, методами проектирования основных видов механизмов.

1 Цель курсового проектирования

Целью курсового проектирования является исследование и проектирование основных видов механизмов, объединенных в систему машины, прибора или устройства. При этом студенты приобретают навыки в проведении инженерных расчетов механизмов, осваивают общую методику проектирования. Курсовое проектирование по дисциплине «Теория механизмов и машин» направлено на развитие навыков самостоятельной работы, выработку творческого подхода к задачам проектирования, изучение аналитических методов проектирования с применением ЭВМ.

Задачи курсового проекта:

- освоение методов кинематического анализа механизмов;
- освоение методологии постановки и решения задачи функционального проектирования механизмов;
- применение методов математического моделирования для выполнения анализа процессов функционирования механизма и синтеза механизма по заданным техническим требованиям;
- приобретение навыков обоснования и выбора технических решений, выполнения анализа, оценки результатов, формулирования выводов и оформления проектных работ.

2 Организация курсового проектирования

Выполнение курсового проекта осуществляется студентом на основе выданного ему индивидуального задания на курсовое проектирование, которое утверждается заведующим кафедрой. Типовое задание на курсовой проект предполагает проектирование рычажных, зубчатых и кулачковых механизмов, составляющих основу типовых машин, таких как, например, металлообрабатывающие станки, автоматические линии, насосы, транспортные механизмы, манипуляторы. Допускается выдача нетиповых заданий на курсовой проект.

Курсовой проект является одной из форм самостоятельной творческой работы. Студент должен посещать консультации руководителя проекта согласно графику консультаций, утвержденному кафедрой. На выполнение курсового проекта отводится 60 ч, 1,5 зачетные единицы по очной форме обучения.

Содержание курсового проекта включает 4 раздела: теоретический расчет и кинематическое исследование рычажного механизма, силовое исследование рычажного механизма привода машины, расчет параметров зубчатого механизма и его проектирование, анализ и синтез кулачкового механизма. На этапах выполнения каждого раздела курсового проекта результаты оцениваются преподавателем в диапазоне от 9 до 15 баллов. Итого за выполнение всего курсового проекта студент получает от 36 до 60 баллов.

Законченный и оформленный курсовой проект с заданием, подписанный студентом, предоставляется руководителю для рецензирования. В рецензии

преподаватель должен отметить каждую ошибку и неточность с указанием, в чем заключается сущность ошибки.

Если проект удовлетворяет требованиям, предъявляемым к нему, он допускается к защите, о чем руководитель делает надпись в записке.

Защита курсового проекта производится на кафедре публично специально созданной комиссии. Студент готовит короткий устный доклад (4...6 мин) о проделанной работе и отвечает на вопросы членов комиссии для защиты курсовых проектов. Защита оценивается в диапазоне от 15 до 40 баллов.

Итоговая оценка курсового проекта (работы) представляет собой сумму баллов за его выполнение и защиту и выставляется в соответствии со шкалой (рисунок 2.1).

Оценка	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Баллы	100–94	93–87	86–80	79–72	71–65	64–58	57–51	50–41	40–17	16–1

Рисунок 2.1 – Шкала оценки курсовой работы (проекта)

3 Содержание курсового проекта

Задание на курсовой проект содержит наименование механизма, условия работы и технические требования. Синтезируемый механизм должен состоять из рычажного, зубчатого и кулачкового механизмов. Исходные данные и вариант курсового проекта выдаются преподавателем.

Курсовой проект содержит пояснительную записку, структура которой приведена в таблице 3.1. Пояснительная записка должна содержать последовательное краткое изложение всех этапов выполнения работы с использованием существующей научно-технической терминологии и стандартов. Исходные положения и принимаемые технические решения должны быть обоснованы, логически взаимосвязаны и проиллюстрированы графиками, схемами, таблицами. В обязательный перечень иллюстративно-пояснительного материала включены: схема механизма, схема структурного анализа механизма, диаграммы изменения кинематических параметров звеньев выполненные, на ЭВМ, кинематическая схема зубчатого механизма, законы движения толкателя кулачкового механизма, схема кулачкового механизма, таблица геометрических параметров зацепления.

Таблица 3.1 – Структура пояснительной записки

Наименование разделов	Рекомендованный объем, с
Введение	1
1 Кинематический анализ и синтез рычажного механизма 1.1 Структурный анализ механизма 1.2 Определение недостающих размеров звеньев 1.3 Построение планов положений механизма 1.4 Построение планов скоростей механизма 1.5 Построение планов ускорений механизма 1.6 Решение задачи кинематики на ЭВМ 1.7 Определение угловых скоростей и ускорений для первого положения механизма 1.8 Определение скоростей и ускорений центров масс 1.9 Динамический анализ и синтез механизма (дополнительно)	5...7
2 Силовой анализ механизма 2.1 Определение сил тяжести и сил инерции звеньев 2.2 Силовой расчет диады 4-5 2.3 Силовой расчет диады 2-3 2.4 Силовой расчет кривошипа 2.5 Определение уравновешивающей силы с помощью рычага Жуковского 2.6 Определение угловых скоростей в кинематических парах 2.7 Определение потерь мощности 2.8 Расчёт приведенного момента инерции	5...7
3 Расчёт и проектирование зубчатого механизма 3.1 Расчет геометрических параметров и построение картины эвольвентного зацепления 3.2 Синтез и анализ комбинированного зубчатого механизма 3.3 Построение плана скоростей 3.4 Построение плана частот вращения	5...7
4. Расчет и проектирование кулачкового механизма 4.1 Определение масштабных коэффициентов и построение графиков 4.2 Определение минимального радиуса кулачка 4.3 Построение профиля кулачка	5...7
Заключение	1
Список использованных источников	1

4 Оформление курсового проекта

Весь объем проделанной работы должен быть освещен в пояснительной записке. Пояснительная записка выполняется в соответствии с ГОСТ 2.105–95 на стандартных листах белой бумаги формата А4, текст должен быть набран на ЭВМ в редакторе Word шрифтом Times New Roman, высота 14 pt.

Все листы пояснительной записки, включая графики, схемы, таблицы, должны содержать стандартную рамку и быть пронумерованы. Обозначение

основной надписи в рамке составляется из аббревиатуры механизма, а затем через дефис ставится номер задания, номер варианта, номер раздела записки. Например, для первого задания, т. е. механизма долбежного станка, и второго варианта числовых значений в таблице в третьем разделе должно быть написано «МДС-01.02.03».

На титульном листе указываются: наименование высшего учебного заведения, факультет, кафедра, тема работы, номер группы, фамилии студента и преподавателя. Титульный лист не нумеруется, но при подсчете количества страниц считается первым.

Записка включает содержание, соответствующее ее структуре. Заголовки разделов имеют порядковую нумерацию арабскими цифрами. Подразделы имеют двухзначную нумерацию, например, 2.5, 3.1 и т. д. Цифра до точки соответствует номеру раздела, после точки – номеру подраздела.

При использовании исходных данных, формул, определений, научно-технических положений, стандартов и других данных необходимо делать ссылку на источник, указывая его номер в списке литературы. Номер источника заключается в квадратные скобки (пример ссылки на седьмой источник: [7]). Список литературы составляется либо по алфавиту, либо по мере появления ссылок в тексте пояснительной записки и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1–84.

Формулы, иллюстрации и таблицы нумеруются в пределах раздела. Например, пятая формула второго раздела нумеруется так: (2.5). Аналогично нумеруются иллюстрации (рисунки) и таблицы.

Следует иметь в виду, что каждая формула выполняет роль члена предложения, поэтому после нее ставится соответствующий знак препинания (запятая, точка с запятой или точка). Обозначения переменных и параметров, принятых в формулах, должны быть расшифрованы сразу же, непосредственно после написания формулы. Расшифровка каждого обозначения осуществляется с новой строки. При этом указываются единицы измерения переменных и параметров. Расшифровке подлежат также формулы, полученные на ЭВМ.

Рисунки, графики и таблицы сопровождаются наименованиями, отображающими их содержание (например: Рисунок 3.1 – Кинематическая схема механизма).

Если на одном рисунке изображено несколько графиков различных процессов, то каждый график должен иметь отдельное обозначение, которое необходимо расшифровать в поясняющих данных к рисунку. Поясняющие данные помещают под рисунком перед его наименованием.

Рисунки, графики, чертежи и схемы можно помещать либо на листах, содержащих текст пояснительной записки, если они незначительны по размеру, либо на отдельных листах, которые располагаются сразу после первой ссылки на них в тексте.

5 Методические указания

Выполнение проекта начинается с изучения полученного задания, выяснения назначения машины в целом и каждого ее механизма в отдельности, а также их взаимодействия. Затем, пользуясь данными задания, необходимо построить кинематические схемы отдельных механизмов, входящих в состав исследуемой машины.

В первом разделе пояснительной записки к курсовому проекту по кинематической схеме рычажного механизма и исходным данным на его синтез и анализ требуется выполнить структурный анализ рычажного механизма. Подсчитать число звеньев и кинематических пар механизма, установить классы пар, построить структурную схему механизма, определить степень подвижности механизма по формуле Чебышева. Разложить механизм на структурные группы, определить класс и порядок структурных групп и механизма в целом.

Затем необходимо решить задачу синтеза механизма, т. е. определить недостающие размеры звеньев и построить двенадцать планов положений в масштабе. Принять за начало отсчета крайнее положение механизма, соответствующее началу рабочего хода.

Построить двенадцать планов скоростей и определить линейные скорости всех точек механизма.

Построить шесть планов ускорений, начиная с первого положения при рабочем ходе и один из них для другого крайнего положения механизма. Определить линейные ускорения всех точек механизма.

Построить диаграммы движения выходного звена механизма в функции времени или угла поворота кривошипа.

Для первого при рабочем ходе положения определить скорости и ускорения центров масс звеньев. Принять положения центра масс посередине звена. Для первого положения механизма определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев, а также относительные угловые скорости во вращательных кинематических парах.

Во втором разделе пояснительной записки к курсовому проекту необходимо определить реакции в кинематических парах в первом положении с учетом сил инерции, сил тяжести звеньев и сил полезных сопротивлений методом плана сил, а также уравновешивающую силу на ведущем звене механизма.

Для этого же положения определить уравновешивающую силу методом Жуковского и сравнить результат с расчетом по методу планов сил.

Определить мгновенную мощность на ведущем звене, мощность сил полезного сопротивления и потери мощности на трение в кинематических парах. Рассчитать кинетическую энергию механизма и приведенный к кривошипу момент инерции.

В третьем разделе пояснительной записки к курсовому проекту необходимо произвести геометрический расчет зубчатой передачи по заданным числам зубьев и модулю. Расчет должен быть согласован с ГОСТ 16523–70. Для этого требуется определить вид зацепления (наличие смещения).

Затем требуется вычертить зубчатое зацепление. Начертить как минимум три пары зубьев. Вспомогательные линии должны быть видны на чертеже. Масштаб зацепления необходимо выбрать таким, чтобы высота зубьев была не менее 50 см. Проставить размеры элементов зубчатых колес. Выделить на чертеже активные профили зубьев. Определить активную линию зацепления зубчатой передачи и коэффициент торцового перекрытия графическим и аналитическим способами.

Определить общее передаточное отношение заданного зубчатого механизма и передаточные отношения его простой и планетарной ступеней. Подобрать числа зубьев зубчатых колес планетарного зубчатого механизма исходя из условия соосности и соблюдения заданного передаточного отношения. Вычертить кинематическую схему зубчатого механизма в масштабе.

Определить частоты вращения всех зубчатых колес аналитическим методом. Построить планы линейных скоростей и частот вращения, определить частоты вращения зубчатых колес исходя из плана частот вращения, результаты сравнить с аналитическим расчетом.

В четвертом разделе пояснительной записки к курсовому проекту необходимо решить задачу синтеза кулачкового механизма по заданному закону движения выходного звена (толкателя или колебателя). Для этого по заданному закону движения выходного звена (кинематическому графику) построить все шесть кинематических графиков. Определить масштабные коэффициенты по осям координат всех кинематических графиков. Построить график изменения приведенной скорости (или приведенного ускорения) ведомого звена и определить минимальный радиус центрального и действительного профилей кулачка. Пользуясь методом обращенного движения, выстроить профиль кулачка. Построить кинематическую схему кулачкового механизма. Определить максимальную линейную скорость и ускорение толкателя (или конца колебателя).

5.1 Механизмы поперечно-строгального станка № 1

Поперечно-строгальный станок предназначен для строгания плоских поверхностей (рисунок 5.1).

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу z_5-z_6 и планетарную передачу, схема которой приведена в приложении А. Резание металла осуществляется резцом, установленным в резцовой головке, закрепленной на ползуне 5, при рабочем ходе ползуна. Кривошип 1 жестко соединен с зубчатым колесом z_6 . Во время пробега в конце холостого хода осуществляется перемещение стола с заготовкой на величину подачи с помощью храпового механизма (на рисунке не показан) и кулачкового механизма, кулачок которого жестко соединен с зубчатым колесом z_5 .

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.1. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А.

Таблица 5.1 – Исходные данные для задания I

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ход ползуна	H	мм	430	460	500	600	600	600	400	400	700	700	400	400
Коэффициент производительности	K	–	1,4	1,5	1,57	1,6	1,68	1,68	1,68	1,77	1,68	1,77	1,77	1,77
Межосевое расстояние	O_1O_2	мм	450	460	462	465	470	300	480	500	250	275	275	275
Сила полезного сопротивления	Q	Н	1800	2000	2000	2100	2200	2000	2300	2400	2400	2500	2500	2500
Отношение длин звеньев	l_{BC} / l_{BO_2}	–	0,3	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,30	0,36	0,32	0,34	0,34	0,34
Частота вращения двигателя	$n_{ов}$	мин ⁻¹	1400	840	750	1000	960	720	900	750	750	740	740	740
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	78	70	72	80	99	60	195	140	60	90	90	90
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	10	10	11	12	12	8	13	12	6	8	8	8
	m_4	кг	5	5,5	6	6,5	6,5	4	7	6	3	3,5	3,5	3,5
	m_5	кг	30	30	35	40	42	20	45	50	25	25	25	25
	–	–	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	Тип толкателя кулачкового механизма	–	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	120	130	132	136	140	150	150	160	170	180	180	
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	40	20	20	24	25	24	26	28	20	25	25	25
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	–	100	–	–	–	120	–	–	–	130	–	130
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	30	40	0	24	25	42	0	28	30	45	45	45
Внеосность толкателя	e	мм	–	–	–	10	–	–	–	15	–	–	–	–
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	13	14	12	10	11	12	13	14	12	12	12	12
	z_6	–	20	28	25	25	32	24	22	20	30	32	32	32
Модуль зубчатых колес	m	мм	5	4	4,5	5	5,5	4	6	6,5	4	7	7	7
Номер планетарного редуктора	–	–	1	2	4	3	10	6	9	6	1	3	3	3
Номер кинематического графика	–	–	1	2	3	4	2	3	4	5	5	6	6	6
Коэффициент трения	f	–	0,1	0,11	0,12	0,12	0,2	0,15	0,16	0,13	0,12	0,1	0,1	0,1
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	50	40	45	55	60	55	50	40	45	50	50	50

При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

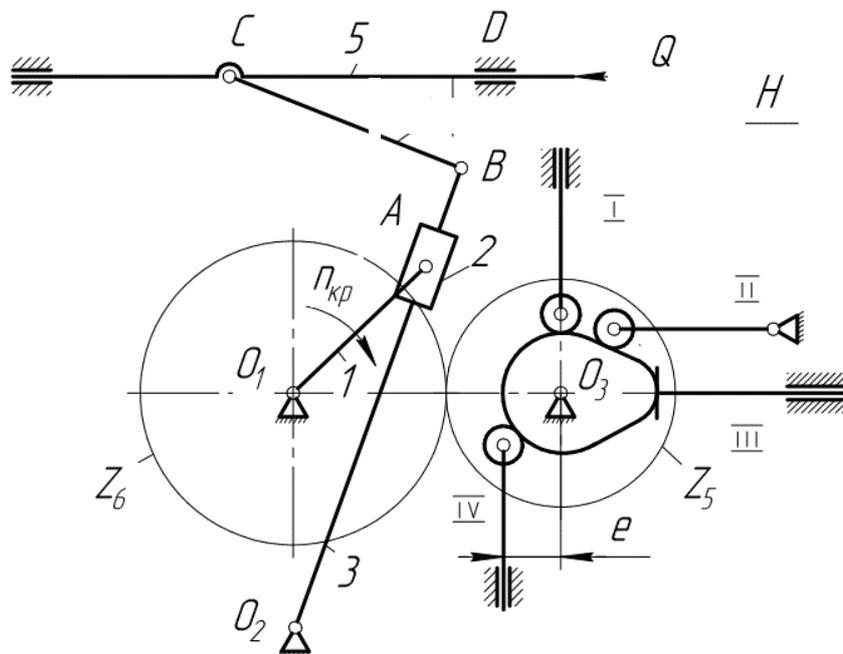


Рисунок 5.1 – Механизмы поперечно-строгального станка № 1

5.2 Механизмы поперечно-строгального станка № 2

Поперечно-строгальный станок предназначен для строгания плоских поверхностей (рисунок 5.2).

Привод станка состоит из двух зубчатых передач: простой z_5 – z_6 и планетарной передачи (схема приведена в приложении А), которые подключаются к электродвигателю.

Строгание осуществляется резцом, установленным в резцовой головке, совершающей возвратно-поступательное движение. Преобразование вращательного движения кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна 5 осуществляется рычажным механизмом.

Кривошип 1 жестко соединен с зубчатым колесом z_6 . Во время пробег в конце холостого хода и в начале рабочих ходов осуществляется перемещение стола с заготовкой на величину подачи с помощью храпового механизма (на рисунке не показан) и кулачкового механизма, кулачок которого жестко соединен с зубчатым колесом z_6 .

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.2. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

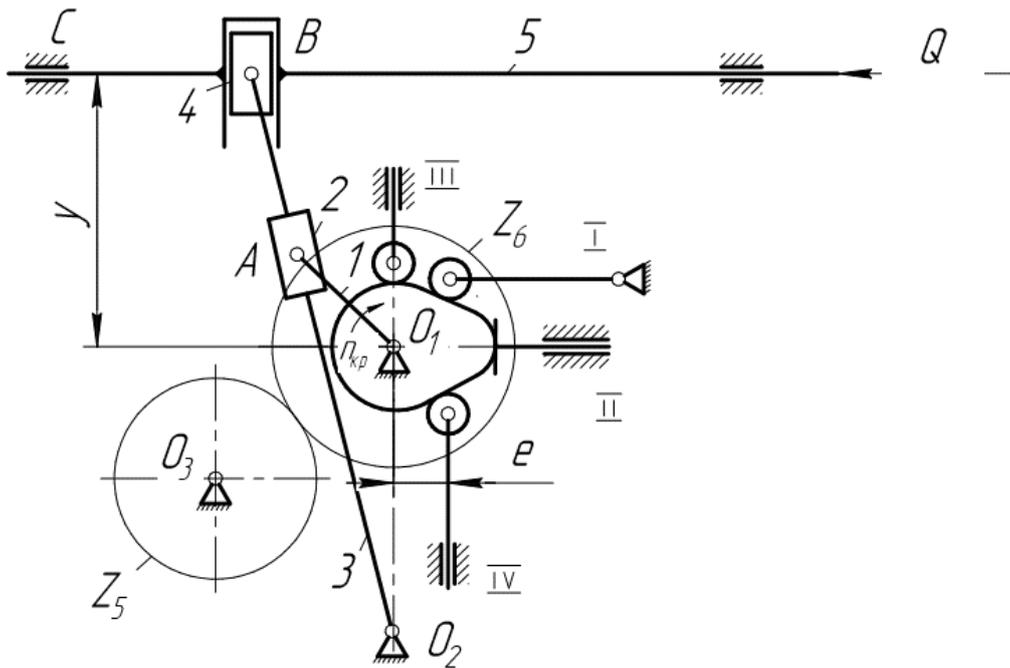


Рисунок 5.2 – Механизмы поперечно-строгального станка № 2

5.3 Механизмы поперечно-строгального станка № 3

Поперечно-строгальный станок предназначен для строгания плоских поверхностей (рисунок 5.3).

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу z_5-z_6 и планетарную передачу, схема которой приведена в приложении А.

Строгание осуществляется резцом, установленным в резцовой головке, закрепленной на ползуне 5, при рабочем ходе ползуна. Преобразование вращательного движения кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна осуществляется рычажным механизмом.

Кривошип 1 жестко соединен с зубчатым колесом z_6 . Во время пробега резца в конце холостого хода осуществляется перемещение стола с заготовкой на величину подачи с помощью храпового механизма (на рисунке не показан) и кулачкового механизма, кулачок которого жестко соединен с зубчатым колесом z_5 .

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.3. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

Таблица 5.2 – Исходные данные для задания 2

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ход ползуна	H	мм	400	420	430	440	450	460	470	480	500	540
Коэффициент производительности	K	–	1,4	1,43	1,46	1,48	1,5	1,5	1,53	1,57	1,57	1,61
Межосевое расстояние	O_1O_2	мм	300	310	320	330	340	350	360	380	400	420
Сила полезного сопротивления	Q	Н	1400	1500	1550	1600	1650	1600	1650	1700	1750	1800
Частота вращения двигателя	$n_{\text{дв}}$	мин ⁻¹	1000	960	1000	720	960	1500	1000	1500	720	900
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	100	88	100	65	140	75	120	150	90	70
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	20	21	20	22	23	24	25	26	28	30
	m_5	кг	50	50	52	55	58	60	62	65	68	70
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{\text{раб}}$	град	140	150	156	160	164	170	180	180	180	190
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	h (β)	мм (град)	20	16	18	20	24	25	30	32	30	35
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	50	–	–	–	60	–	–	–	75	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{\text{доп}}$	град	35	0	26	28	40	0	30	30	42	0
Внеосность толкателя	e	мм	–	–	–	10	–	–	–	15	–	–
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	10	11	12	13	14	10	12	12	12	14
	z_6	–	20	24	24	36	24	20	30	30	24	20
Модуль зубчатых колес	m	мм	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5
Номер планетарного редуктора	–	–	4	7	5	1	5	6	2	2	8	9
Номер кинематического графика	–	–	10	10	11	11	12	13	14	14	15	16
Коэффициент трения	f	–	0,10	0,12	0,11	0,21	0,1	0,1	0,21	0,1	0,11	0,11
Диаметр цапф	$d_{\text{ц}}$	мм	30	35	25	35	40	45	50	60	28	30

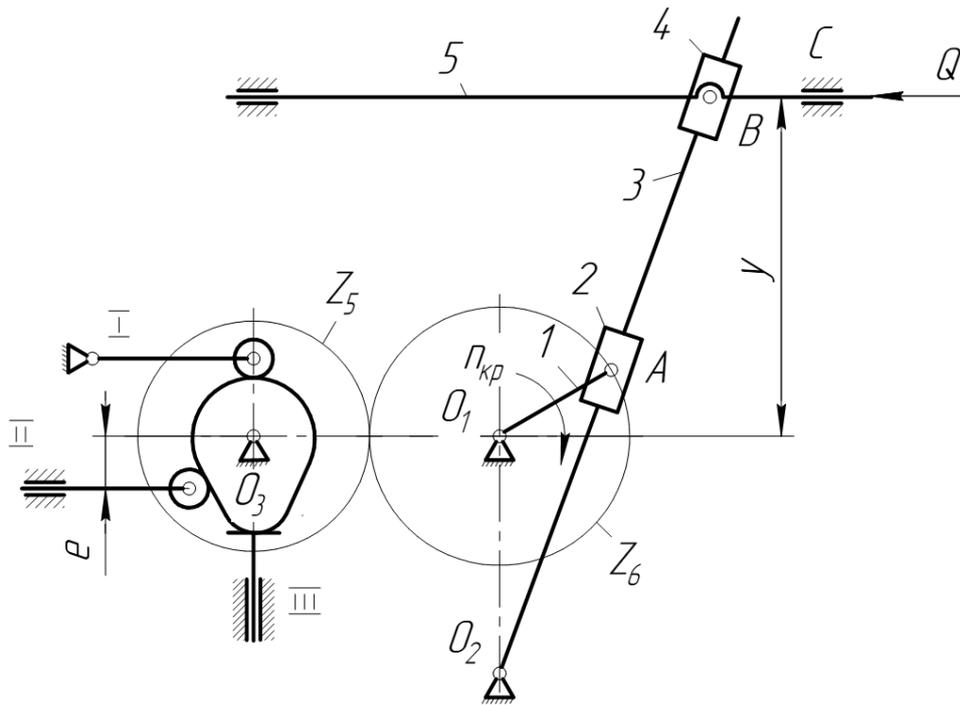


Рисунок 5.3 – Механизмы поперечно-строгального станка № 3

5.4 Механизмы поперечно-строгального станка № 4

Поперечно-строгальный станок предназначен для строгания плоских поверхностей (рисунок 5.4).

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу z_5-z_6 и планетарную передачу, схема которой приведена в приложении А. Резание металла осуществляется резцом, установленным в резцовой головке, закрепленной на ползуне 5, при рабочем ходе ползуна. Преобразование вращательного движения кривошипа в возвратно-поступательное движение ползуна 5 осуществляется рычажным механизмом.

Кривошип 1 жестко соединен с зубчатым колесом z_6 . Во время пробега резца в конце холостого хода осуществляется перемещение стола с заготовкой на величину подачи с помощью храпового механизма (на рисунке не показан) и кулачкового механизма, кулачок которого жестко соединен с зубчатым колесом z_5 .

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.4. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

Примечание – $O_1A < O_1O_3$; $y = 0,75 BO_3$.

Таблица 5.3 – Исходные данные для задания 3

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ход ползуна	H	мм	150	200	250	250	300	300	350	350	450	100
Коэффициент производительности	K	–	1,25	1,3	1,34	1,37	1,4	1,43	1,47	1,5	1,54	1,57
Межосевое расстояние	O_1O_2	мм	300	300	320	320	350	350	375	375	400	400
Сила полезного сопротивления	Q	H	1500	1600	1700	1750	1800	2000	2100	2100	2200	2000
Частота вращения двигателя	$n_{\text{дв}}$	мин ⁻¹	1000	1000	1500	950	1500	1480	1000	750	1000	1000
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	80	72	150	65	100	88	200	90	100	88
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	20	24	25	24	26	25	30	28	32	30
	m_5	кг	50	55	58	60	65	65	70	70	75	75
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	I	II	II	III	I	II	II	III	I	II
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{\text{раб}}$	град	120	124	125	130	140	150	160	160	165	170
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	20	20	24	25	25	30	32	35	30	32
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	300	–	–	–	400	–	–	–	420	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{\text{доп}}$	град	40	30	30	0	45	32	33	0	42	28
Внеосность толкателя	e	мм	–	12	10	–	–	12	15	–	–	10
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	10	12	14	13	12	11	10	17	10	11
	z_6	–	20	20	20	24	36	25	25	25	25	25
Модуль зубчатых колес	m	мм	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5
Номер планетарного редуктора	–	–	1	7	5	8	9	1	3	11	10	7
Номер кинематического графика	–	–	20	20	21	21	22	22	23	24	24	20
Коэффициент трения	f	–	0,10	0,12	0,11	0,21	0,1	0,1	0,21	0,1	0,11	0,11
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	35	25	35	40	45	50	60	28	30

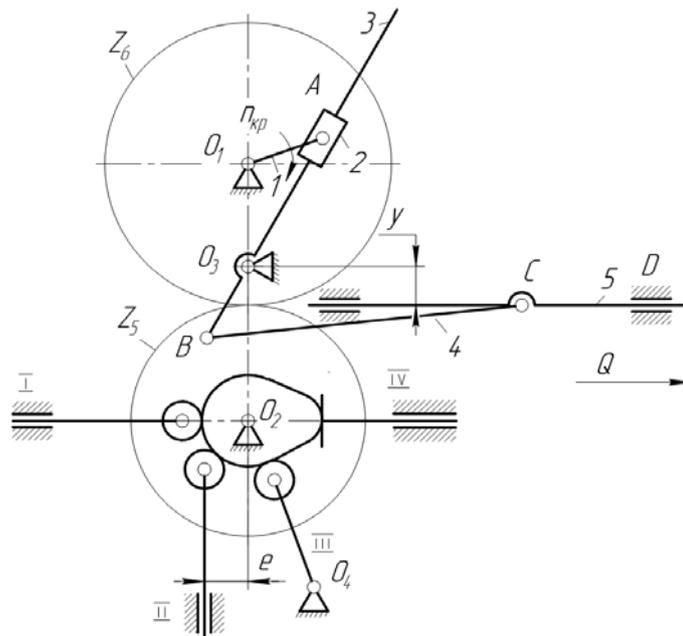


Рисунок 5.4 – Механизмы поперечно-строгального станка № 4

5.5 Механизмы долбежного станка № 1

Долбежный станок предназначен для пазов и внутренних канавок в отверстиях детали, а также для строгания вертикально расположенных поверхностей. Резание металла осуществляется резцом, закрепленным в резцовой головке ползуна 5, при его возвратно-поступательном движении в вертикальном направлении.

На рисунке 5.5 изображены схема долбежного станка и элементы его привода. От электродвигателя через планетарный редуктор и зубчатую передачу z_5 – z_6 движение передается кривошипу 1 рычажного кулисного механизма долбежного станка. На одном валу с зубчатым колесом z_5 находится кулачок. Кулачковый механизм связан с насосом, предназначенным для смазки станка.

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.5. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

Примечание – $O_1A > O_1O_2$.

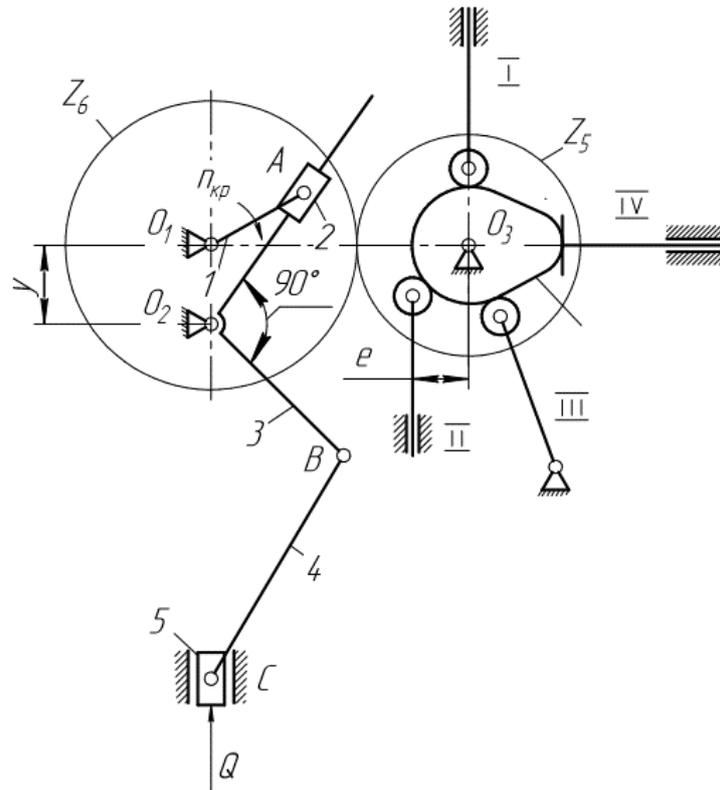


Рисунок 5.5 – Механизмы долбежного станка № 1

5.6 Механизмы долбежного станка № 2

Долбежный станок предназначен для пазов и внутренних канавок в отверстиях детали, а также для строгания вертикально расположенных поверхностей.

Резание металла осуществляется резцом, закрепленным в резцовой головке ползуна 5, при его возвратно-поступательном движении в вертикальном направлении. Для осуществления движения резца служит шестизвенный кривошипно-кулисный механизм с качающейся кулисой (рисунок 5.6).

От электродвигателя через планетарный редуктор и зубчатую передачу z_5 – z_6 движение передается кривошипу 1 рычажного кулисного механизма долбежного станка. На одном валу с зубчатым колесом z_6 находится кулачок, который приводит в движение выходное звено кулачкового механизма (толкатель или коромысло), связанное с механизмом подачи стола.

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.6. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

Примечание – $O_1O_3 > O_1A$; $y = 1,25 BO_3$.

Таблица 5.5 – Исходные данные для задания 5

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ход ползуна	H	мм	120	140	60	80	100	120	140	160	180	200
Коэффициент производительности	K	–	1,4	1,5	1,57	1,34	1,4	1,5	1,57	1,77	2	2
	O_1O_2/BO_2	мм	0,5	0,5	0,4	0,4	0,25	0,35	0,5	0,45	0,5	0,55
Отношение длин звеньев	BC/BO_2	мм	3,5	3	3,8	3	3,5	4	4	4	3,2	4
Сила полезного сопротивления	Q	Н	7500	7500	4000	5000	6000	7000	7000	7500	7500	8000
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин ⁻¹	950	950	950	760	945	950	950	760	950	950
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	125	130	130	130	120	145	130	70	60	80
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	6	7	8	4	5	6	7	8	10	9
	m_4	кг	70	80	50	50	60	65	80	85	90	100
	m_5	кг	120	140	80	100	100	100	100	150	150	120
	–	–	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
	Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	90	100	110	150	120	130	14	120	200
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	5	5	20	5	8	8	25	8	10	10
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	–	–	50	–	–	–	60	–	–	100
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	20	22	40	–	25	28	35	–	30	25
Внеосность толкателя	e	мм	–	5	–	–	–	10	–	–	–	12
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	11	12	13	13	15	11	13	10	14	13
	z_6	–	45	40	19	19	57	56	19	38	57	57
Модуль зубчатых колес	m	мм	5	5	5	6	6	6	8	8	8	6
Номер планетарного редуктора	–	–	4	3	8	4	9	10	3	2	9	8
Номер кинематического графика	–	–	3	4	6	1	7	8	9	2	10	11
Коэффициент трения	f	–	0,10	0,12	0,11	0,21	0,1	0,1	0,21	0,1	0,11	0,11
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	35	25	35	40	45	50	60	28	30

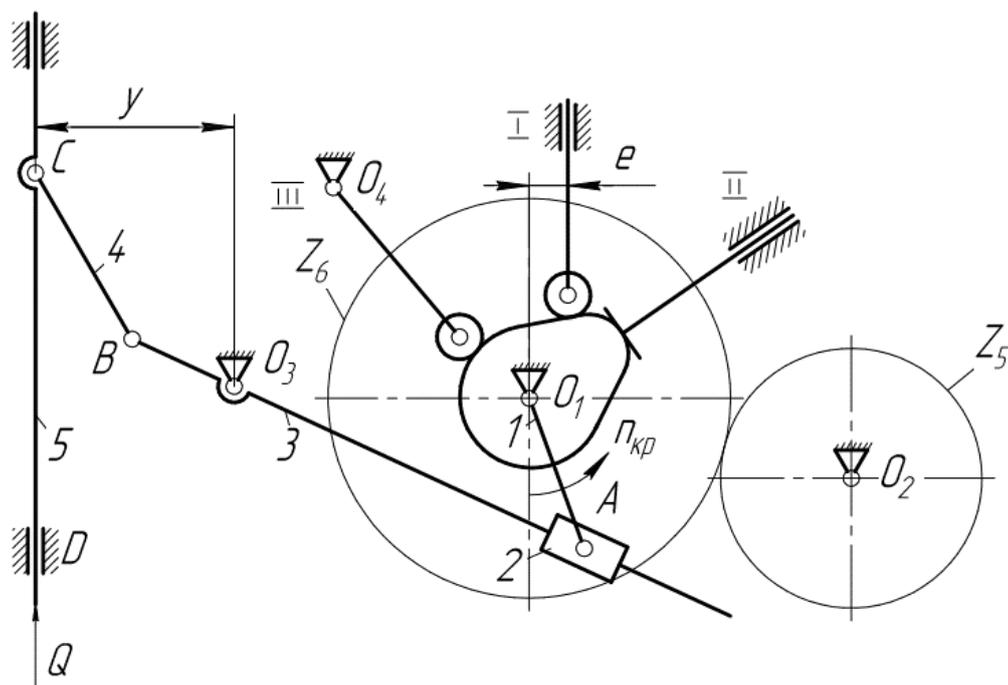


Рисунок 5.6 – Механизмы долбежного станка № 2

5.7 Механизмы долбежного станка № 3

Долбежный станок предназначен для долбления пазов и внутренних канавок в отверстиях деталей, а также для строгания вертикально расположенных поверхностей.

Станок имеет станину, ползун с резцовой головкой, стол, электродвигатель, коробку скоростей и передаточные механизмы.

Резание металла осуществляется резцом, закрепленным в резцовой головке при его возвратно-поступательном движении в вертикальном направлении.

Для движения резца используется шестизвенный кулисный механизм с качающейся кулисой, состоящий из кривошипа 1, камня 2, кулисы 3, поводка 4 и ползуна 5 (рисунок 5.7, а).

Ход ползуна выбирается в зависимости от длины обрабатываемой поверхности с учетом выбегов в начале и в конце рабочего хода. Длина хода ползуна может изменяться при наладке станка для обработки конкретных деталей.

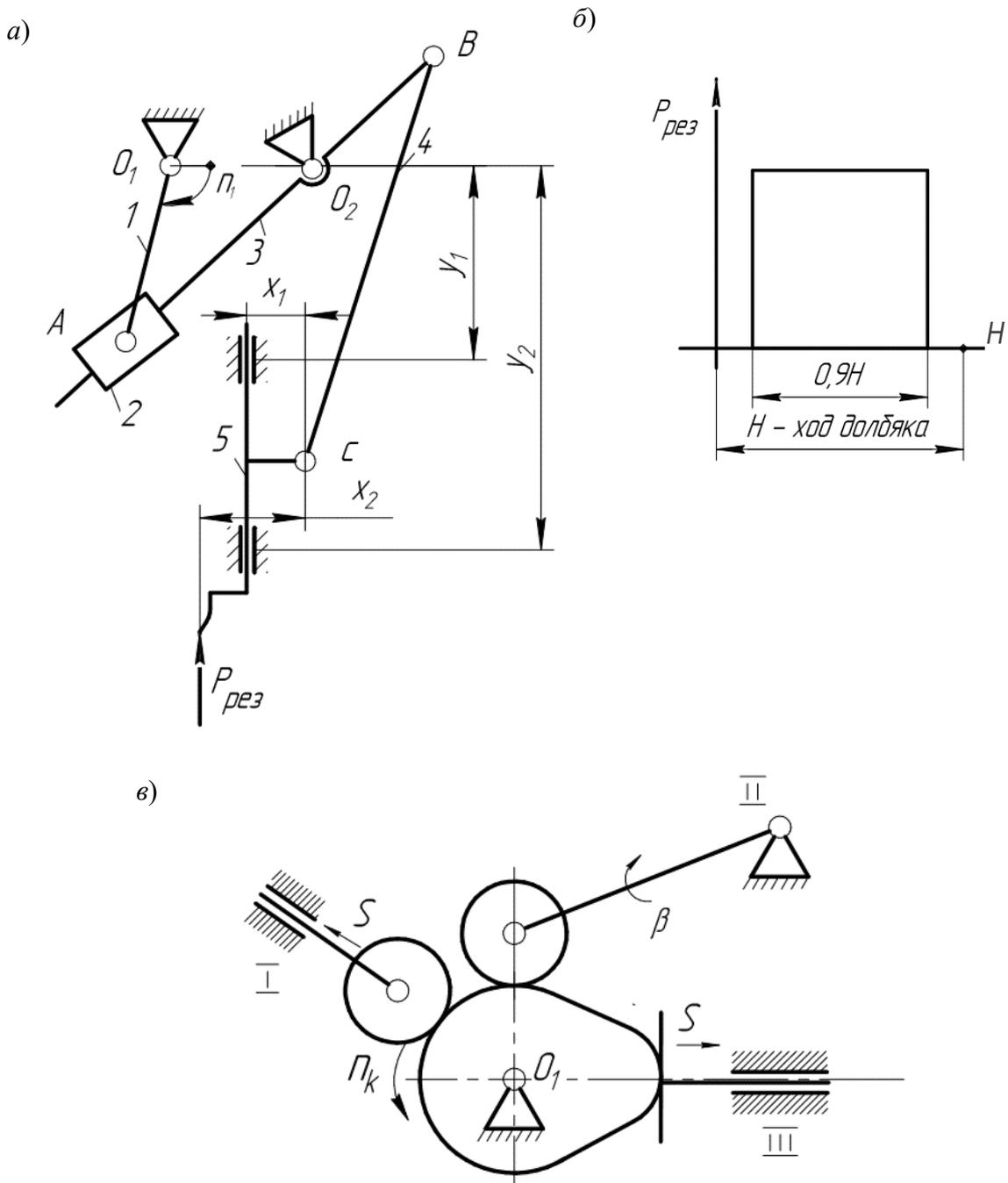
Средняя скорость резания выбирается в зависимости от условий обработки и обеспечивается при помощи привода, состоящего из электродвигателя, коробки скоростей, зубчатой передачи и кулисного механизма.

Исходные данные для проектирования механизмов долбежного станка приведены в таблице 5.7. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев.

Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. Кинематические графики движения кулачковых механизмов приведены в приложении Б.

Таблица 5.6 – Исходные данные для задания 6

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ход ползуна	H	мм	400	380	360	260	220	400	380	350	340	320
Коэффициент производительности	K	–	2	1,7	2	1,5	1,6	2	2,3	2	1,7	1,7
Межосевое расстояние	O_1O_3	мм	350	360	320	304	210	300	340	300	320	380
Отношение длин звеньев	BC/BO_3	мм	2	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,8	1,6	1,4	1,5
Сила полезного сопротивления	\bar{Q}	H	5000	5000	450	3000	3500	5500	5000	5000	4000	4000
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин ⁻¹	950	1360	930	980	980	980	1360	1360	1400	950
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	95	110	60	260	70	156	100	170	120	132
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	80	80	60	50	70	100	80	100	70	80
	m_4	кг	28	25	20	18	16	28	25	22	20	25
	m_5	кг	220	200	200	180	220	340	220	200	200	210
	–	–	I	I	II	III	I	I	II	III	I	I
	Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	300	320	240	340	280	260	180	240	220	200
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	25	40	30	30	30	24	20	36	20	18
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	–	–	–	120	–	–	–	200	–	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	30	30	–	40	30	30	–	45	25	25
Внеосность толкателя	e	мм	8	5	–	–	0	10	–	–	0	12
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	12	11	12	13	14	15	16	10	11	12
	z_6	–	45	35	45	30	42	40	36	32	25	25
Модуль зубчатых колес	m	мм	10	10	10	5	5	10	10	5	5	5
Номер планетарного редуктора	–	–	3	6	3	7	4	8	11	9	11	10
Номер кинематического графика	–	–	16	18	18	19	20	21	22	23	24	1
Коэффициент трения	f	–	0,10	0,12	0,11	0,21	0,1	0,1	0,21	0,1	0,11	0,11
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	35	25	35	40	45	50	60	28	30



a – рычажный механизм перемещения долбяка; *б* – диаграмма сил резания; *в* – кулачковый механизм подачи

Рисунок 5.7 – Механизмы долбежного станка № 3

5.8 Механизмы устройства подачи деталей из накопителя

Устройство предназначено для подачи деталей из накопителя на транспортер прерывистого действия с шагом H . Подача деталей из магазина на транспортное устройство осуществляется шарнирно-рычажным механизмом (рисунок 5.8), состоящим из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, которое скользит внутри паза камня 4, связанного шарнирно с ползуном-толкателем 5.

Таблица 5.7 – Исходные данные для задания 7

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры звеньев рычажного механизма	l_{O1A}	м	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,10	0,51	0,12	0,16	0,14
	l_{O1O2}	м	0,05	0,05	0,04	0,06	0,08	0,04	0,05	0,06	0,08	0,07
	l_{O2B}	м	0,10	0,11	0,08	0,12	0,12	0,09	0,10	0,14	0,15	0,15
	l_{BC}	м	0,40	0,45	0,35	0,50	0,56	0,30	0,50	0,48	0,60	0,55
	x_1	м	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
	x_2	м	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
	y_1	м	0,30	0,34	0,27	0,38	0,44	0,21	0,40	0,34	0,45	0,40
	y_2	м	0,50	0,56	0,43	0,62	0,68	0,39	0,60	0,52	0,75	0,70
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин ⁻¹	1500	1200	1500	1400	1500	1000	1500	1400	1000	1000
Частота вращения кривошипа l и кулачка	$n_1 = n_k$	мин ⁻¹	200	120	180	140	160	100	150	120	80	110
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	20	22	22	21	24	18	25	20	28	22
	m_4	кг	5	5	6	5	6	4	6	5	7	5
	m_5	кг	30	35	34	32	35	25	40	32	42	35
	$P_{рез}$	кН	2,0	1,75	1,5	1,8	1,35	1,9	1,6	1,7	1,85	2,5
	z_5	–	12	14	13	10	9	12	9	10	9	14
Числа зубьев колес простой передачи	z_6	–	20	28	20	26	22	24	22	26	27	26
Модуль зубчатых колес	m	мм	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	0,30	–	–	–	–	0,25	–	–	–	0,32
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	300	280	320	310	360	280	240	260	290	300
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	35	36	0	0	36	38	0	35	30	40
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	II	I	III	III	I	II	III	I	I	II
Номер планетарного редуктора	–	–	1	7	4	3	5	7	9	10	11	25
Номер кинематического графика	–	–	9	1	8	3	5	4	6	7	20	21
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	20	50	70	55	60	25	65	40	50	20
Коэффициент трения	f	–	0,1	0,11	0,12	0,12	0,2	0,15	0,16	0,13	0,12	0,1
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	50	40	45	55	60	55	50	40	45	50

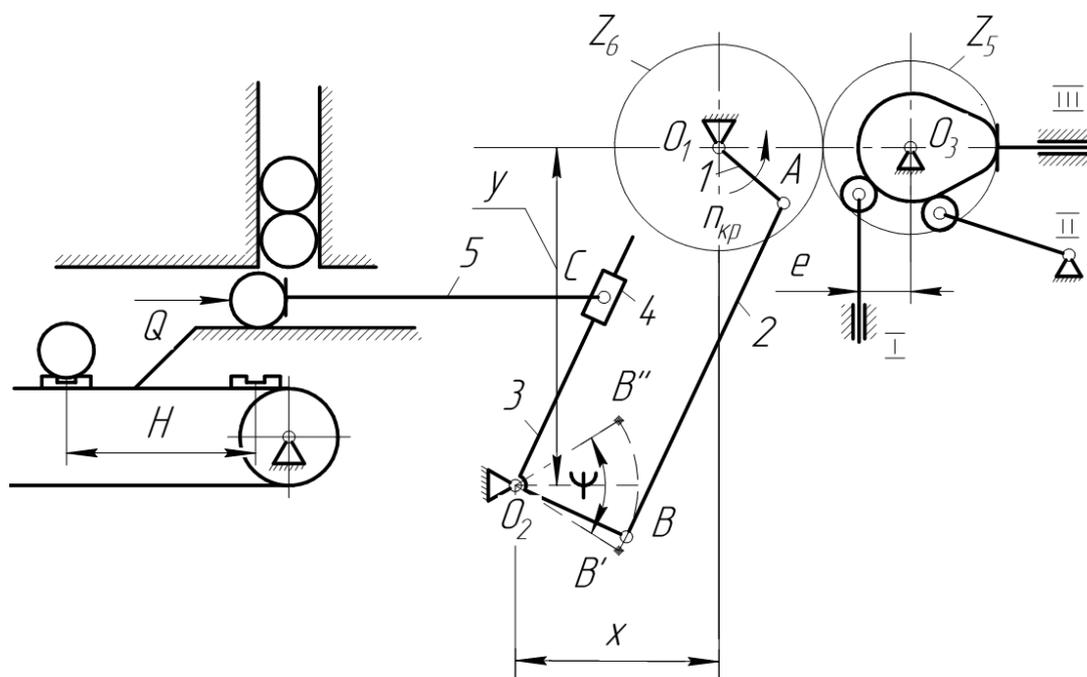


Рисунок 5.8 – Механизмы устройства подачи деталей из накопителя

При рабочем ходе на ползун 5 действует постоянная по величине сила полезного сопротивления.

Электродвигатель через планетарный редуктор и зубчатую передачу z_5-z_6 приводит в движение кривошип 1 механизма. Кулачок жестко связан с валом зубчатого колеса z_5 . Кулачок приводит в движение выходное звено кулачкового механизма (толкатель или коромысло).

Исходные данные для проектирования механизмов устройства подачи деталей приведены в таблице 5.8. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

5.9 Механизмы пилонасекателя

Механизм пилонасекателя (рисунок 5.9) предназначен для формирования режущей кромки пил.

Вращательное движение вала двигателя передается кривошипу 1 через планетарный редуктор и простую зубчатую передачу z_5-z_6 . Рычажный механизм пилонасекателя преобразует вращательное движение кривошипа 1 в возвратно-поступательное движение ползуна 5. При движении ползуна 5 вниз осуществляется рабочий ход. При этом на него действует постоянная по величине сила полезного сопротивления. При движении ползуна 5 вверх осуществляется холостой ход без нагрузки.

Таблица 5.8 – Исходные данные для задания 8

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ход ползуна	H	мм	200	180	160	140	120	130	140	180	200	190
Угол качания коромысла	ψ	град	60	65	70	75	80	70	65	70	65	60
Размер звена	O_2B	мм	250	230	200	180	150	160	170	180	240	250
Соотношения размеров	x/O_2B	–	0,56	0,50	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	y/x	–	2,5	2,5	2,4	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4	2,2	2,4
Сила полезного сопротивления	Q	H	50	60	50	70	60	80	70	70	60	50
Частота вращения двигателя	$n_{об}$	мин ⁻¹	1500	1200	1500	1400	1500	1000	1500	1400	1000	1000
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	60	65	70	70	60	70	75	80	90	60
	m_2	кг	12	11	12	13	14	12	13	11	11	12
Массы звеньев рычажного механизма	m_3	кг	23	27	24	23	23	20	21	24	23	21
	m_5	кг	6	7	5	6	8	7	5	7	6	8
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	I	II	III	I	III	II	I	I	III	I
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	180	100	160	150	120	120	90	110	120	120
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	24	30	30	18	28	15	19	22	35	15
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	–	–	180	–	160	–	–	–	180	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	30	–	40	30	35	–	30	30	40	30
Внеосность толкателя	e	мм	0	–	–	10	–	–	12	15	–	14
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	12	13	14	10	11	14	12	14	13	10
	z_6	–	36	39	18	30	33	20	36	22	26	30
Модуль зубчатых колес	m	мм	5	6	6	6	5	6	4	5	6	5
Номер планетарного редуктора	–	–	5	2	9	2	2	9	3	3	2	2
Номер кинематического графика	–	–	3	2	12	5	19	23	3	14	5	7
Коэффициент трения	f	–	0,1	0,11	0,12	0,12	0,2	0,15	0,16	0,13	0,12	0,1
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	50	40	45	55	60	55	50	40	45	50

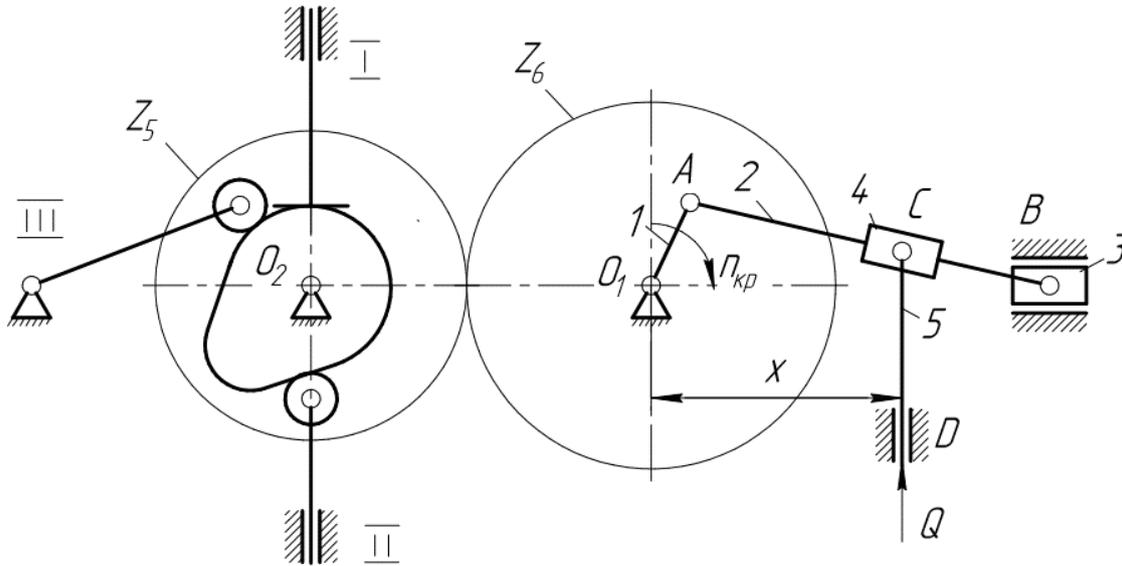


Рисунок 5.9 – Механизмы пилонасекателя

Подача заготовок регулируется автоматически за счет кулачкового механизма. Кулачок вращается со скоростью зубчатого колеса z_5 . Кулачок приводит в движение выходное звено кулачкового механизма (толкатель или коромысло).

Исходные данные для проектирования механизмов устройства подачи деталей приведены в таблице 5.9. Центры масс звеньев S_i принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены в приложении Б.

5.10 Механизмы вытяжного пресса

Вытяжной пресс предназначается для холодной калибровки. Высадочный механизм $1-5$ является кривошипно-коромысловым.

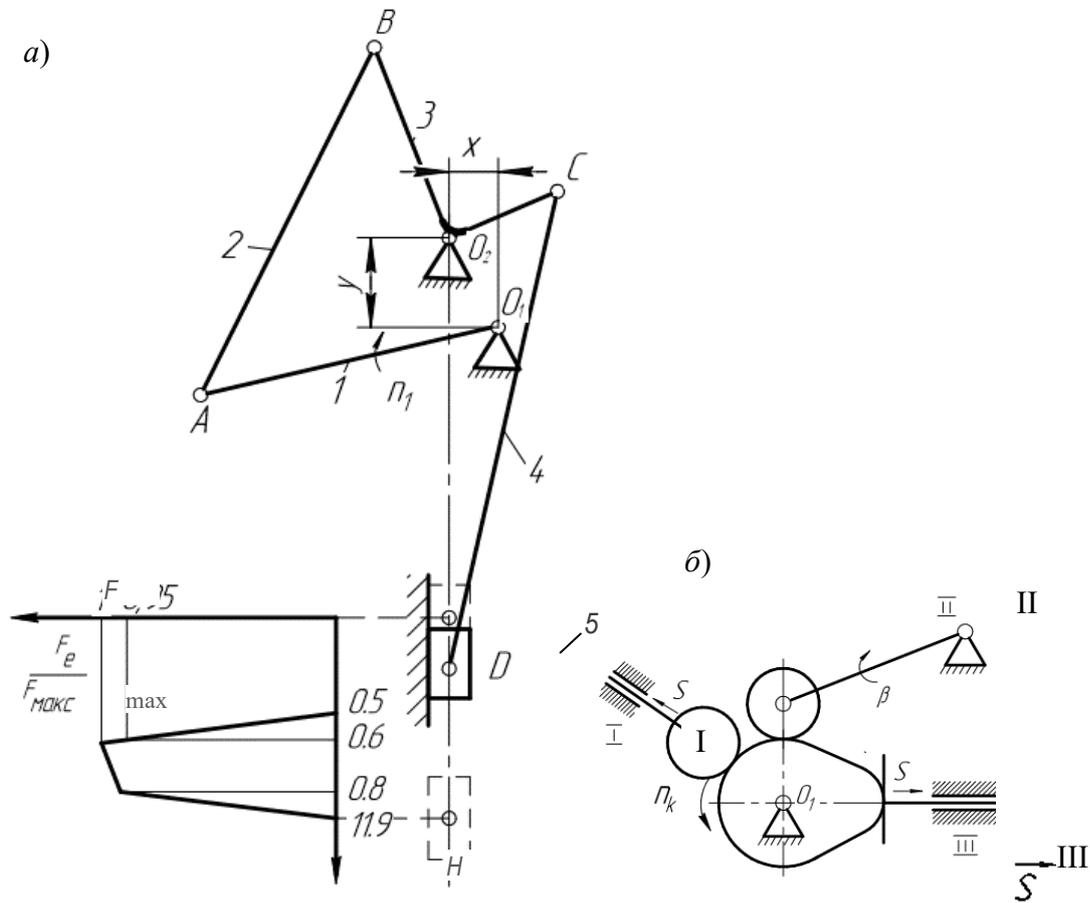
Высадочный ползун 5 с закрепленным на нем захватом, совершая по вертикали возвратно поступательное движение, осуществляет деформацию заготовки. Диаграмма усилий вытяжки представлена на рисунке 5.10, а.

Кривошип 1 приводится от электродвигателя через планетарный редуктор и зубчатую передачу z_5-z_6 . На одном валу с колесом z_6 жестко закреплен кривошип и кулачок кулачкового механизма (рисунок 5.10, б).

Исходные данные для проектирования механизмов автомобиля повышенной проходимости приведены в таблице 5.10. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены в приложении А. Кинематические графики движения кулачковых механизмов приведены в приложении Б.

Таблица 5.9 – Исходные данные для задания 9

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ход ползуна	H	мм	500	510	520	530	540	550	570	580	590	600	
Отношение длин звеньев	AB/O_1A	мм	3	2,8	3,2	3	2,8	3	2,3	3	3	3	
Отношение расстояний	x/O_1A	мм	1,5	1,4	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	
Сила полезного сопротивления	Q	Н	2000	2200	2250	2100	1900	2150	2300	1800	2000	1950	
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин ⁻¹	1500	1360	1400	1400	1450	1450	1400	1440	1500	1500	
Частота вращения кривошипа l	n_1	мин ⁻¹	225	110	220	210	200	200	180	180	170	160	
Массы звеньев рычажного механизма	m_2	кг	60	62	64	60	50	70	80	70	80	80	
	m_3	кг	40	45	46	45	38	30	60	40	50	45	
	m_5	кг	80	90	92	90	75	100	110	90	100	90	
	–	–	I	I	II	II	III	II	II	I	II	III	I
	Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	300	280	220	230	240	250	260	220	260	320
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	30	35	32	40	20	36	34	38	25	42	
Длина коромысла кулачкового механизма	l	мм	–	–	–	–	150	–	–	–	180	–	
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	–	–	20	25	35	30	–	25	35	–	
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	12	11	11	14	10	15	12	11	10	12	
	z_6	–	24	26	25	25	30	30	28	33	24	30	
Модуль зубчатых колес	m	мм	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	
Номер планетарного редуктора	–	–	1	2	4	3	10	6	9	6	1	3	
Номер кинематического графика	–	–	6	23	1	2	4	6	18	3	5	20	
Коэффициент трения	f	–	0,1	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,15	0,12	0,12	0,15	
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	30	40	40	20	20	40	30	20	20	



а – рычажный механизм перемещения ползуна с пуансоном и график изменения усилия вытяжки; б – схема кулачкового механизма зажимного устройства

Рисунок 5.10 – Механизмы вытяжного пресса

Таблица 5.10 – Исходные данные для задания 10

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры звеньев рычажного механизма	l_{O1A}	м	0,55	0,77	0,33	0,6	0,49	0,7	0,6	0,51	0,5	0,66
	l_{AB}	м	0,53	0,74	0,32	0,62	0,47	0,6	0,58	0,50	0,46	0,63
	l_{O2B}	м	0,22	0,30	0,13	0,20	0,20	0,30	0,24	0,21	0,18	0,26
	l_{O2C}	м	0,15	0,21	0,09	0,15	0,14	0,18	0,17	0,16	0,10	0,18
	l_{CD}	м	0,91	1,28	0,55	1,00	0,82	0,85	1,10	0,90	0,80	1,20
x	м	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04
y	м	0,10	0,15	0,06	0,15	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,12
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин ⁻¹	960	940	940	950	960	720	730	1430	1450	1440
Частота вращения кривошипа l и кулачка	$n_1 = n_k$	мин ⁻¹	40	42	50	60	55	45	40	65	62	100
Массы звеньев рычажного механизма	m_1	кг	60	80	40	65	55	75	65	58	55	70
	m_2	кг	30	35	20	32	22	40	35	30	28	35
	m_4	кг	65	75	40	60	45	75	70	60	55	65
	m_5	кг	45	50	30	42	52	60	55	48	32	48
	Максимальное усилие вытяжки	F_{max}	кН	45	55	30	42	38	60	50	54	48
Числа зубьев колес простой передачи	z_5	–	12	13	15	14	14	12	14	15	13	12
	z_6	–	20	22	30	28	32	18	26	30	22	20
Модуль зубчатых колес	m	мм	6	7	4	5	5	7	6	6	6	7
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	20	25	15	30	18	22	28	20	30	16
Фазовые углы поворота кулачка, $\varphi_{вв} = 0$	$\varphi_n = \varphi_o$	град	45	50	40	60	55	45	50	60	40	45
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	0	27	30	0	28	26	0	30	25	0
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III
Длина коромысла	l	мм	–	120	–	–	140	–	–	100	–	–
Номер кинематического графика	–	–	24	23	22	21	20	10	11	12	13	14
Номер планетарного редуктора	–	–	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	50	40	45	40	30	60	50	40	30	35
Коэффициент трения	f	–	0,1	0,15	0,18	0,16	0,17	0,12	0,1	0,12	0,13	0,11

Список литературы

1 **Комар, В. Л.** Теория механизмов и машин : учебное пособие / В. Л. Комар, А. П. Прудников. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2022. – 334 с.

2 Теория механизмов и машин. Расчетно-графическая работа № 3: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов технических специальностей дневной формы обучения / Сост. О. В. Благодарная, О. А. Пономарева. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 22 с.

Приложение А (обязательное)

Схемы планетарных зубчатых механизмов

Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3.

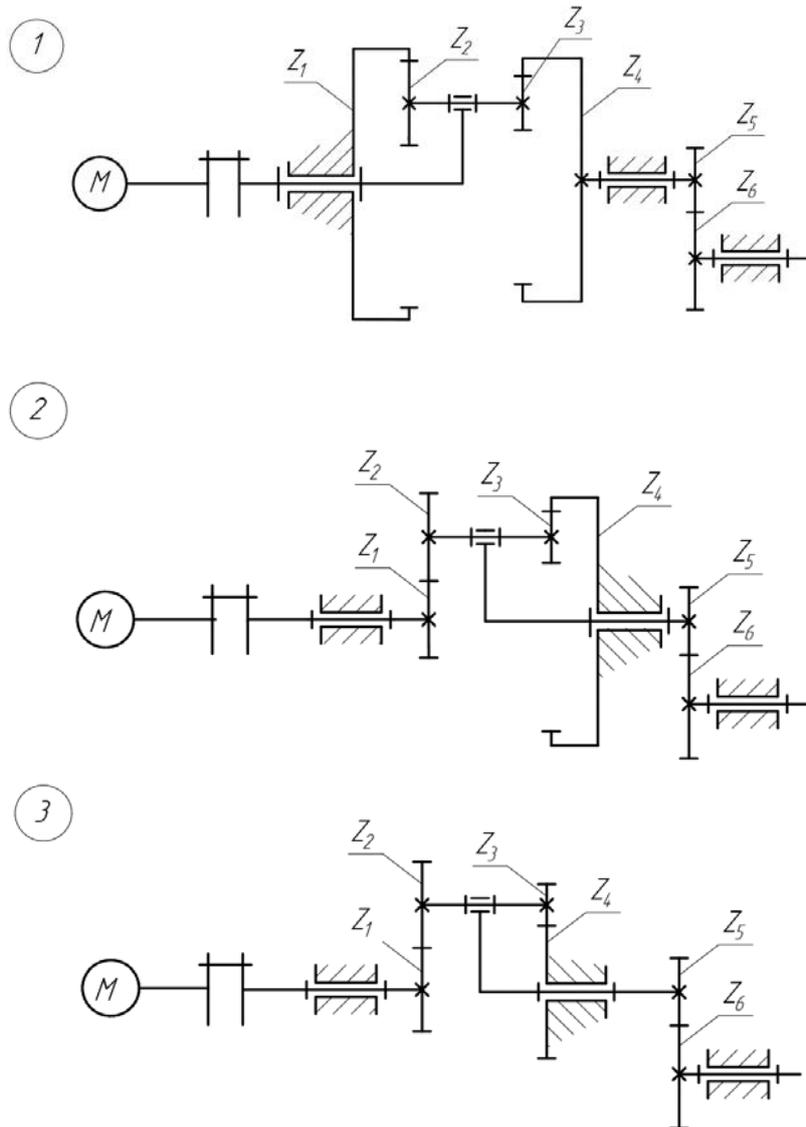


Рисунок А.1 – Схемы планетарных зубчатых механизмов с номерами 1–3

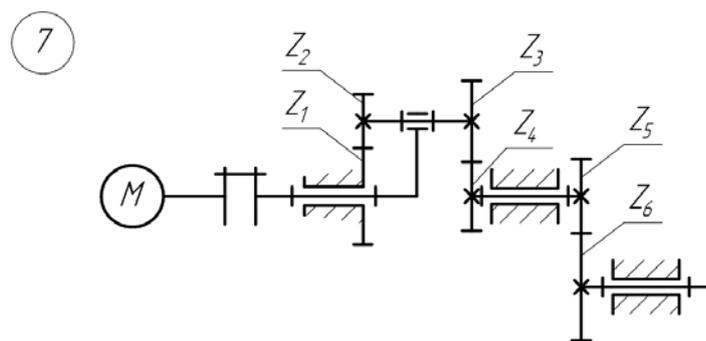
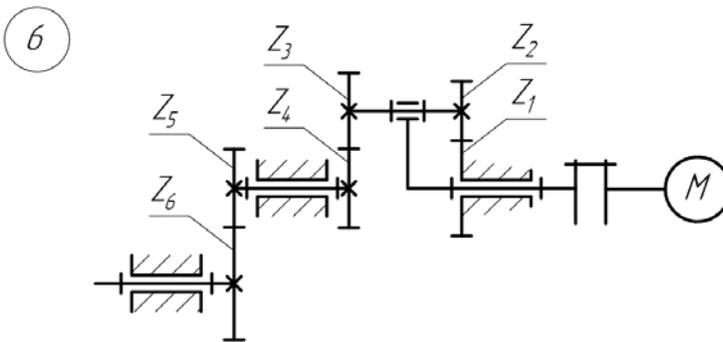
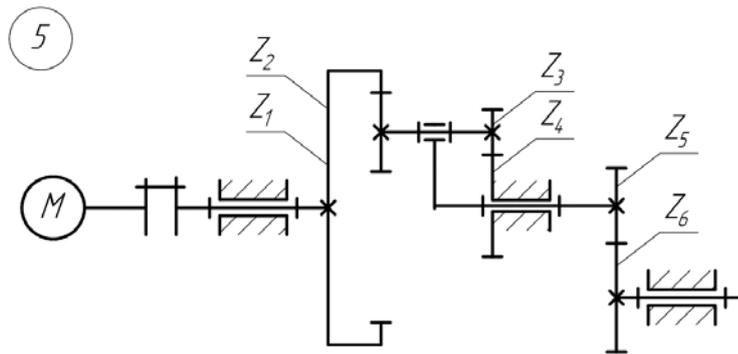
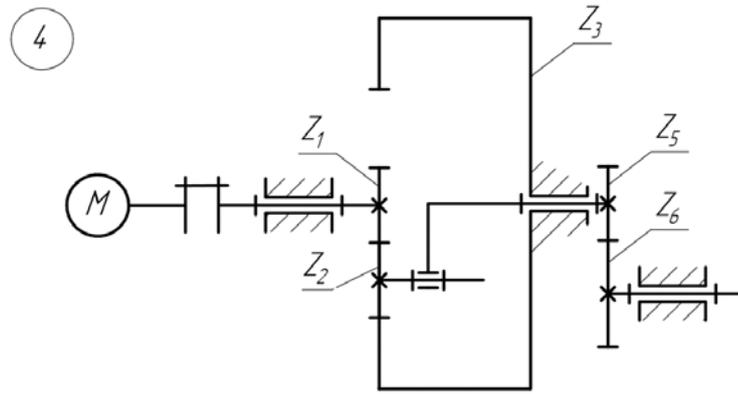


Рисунок А.2 – Схемы планетарных зубчатых механизмов с номерами 4–7

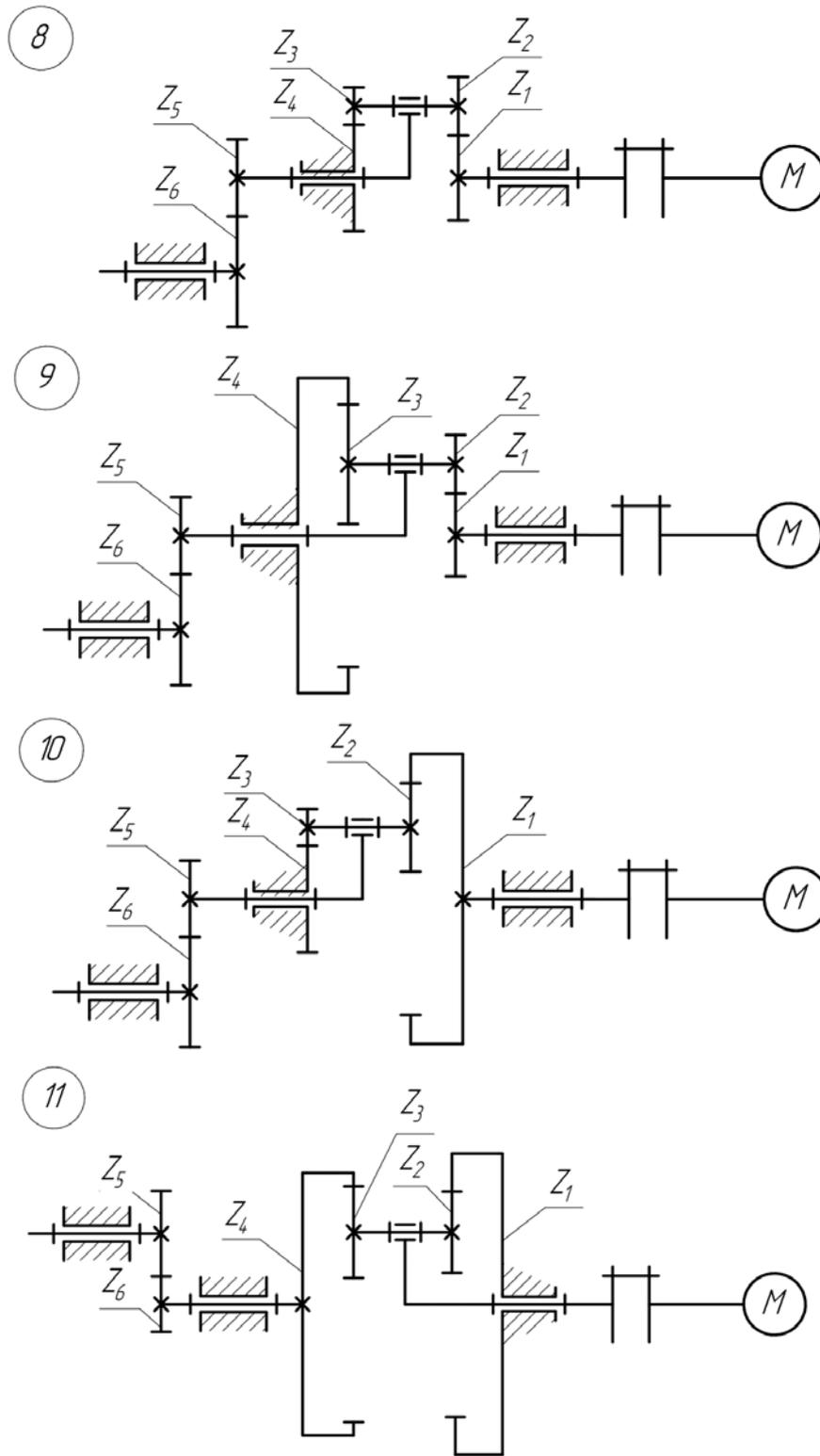


Рисунок А.3 – Схемы планетарных зубчатых механизмов с номерами 8–11

Приложение Б (обязательное)

Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма

Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

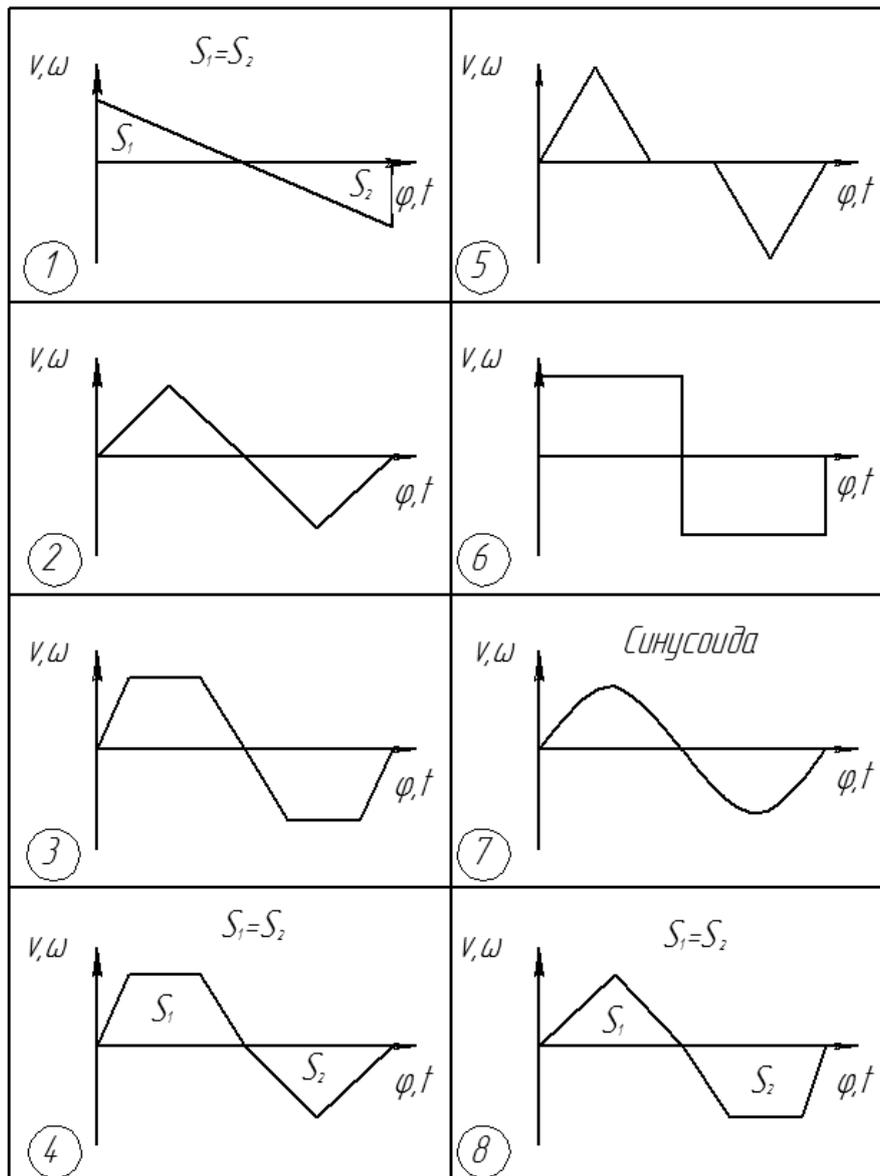


Рисунок Б.1 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма с номерами 1–8

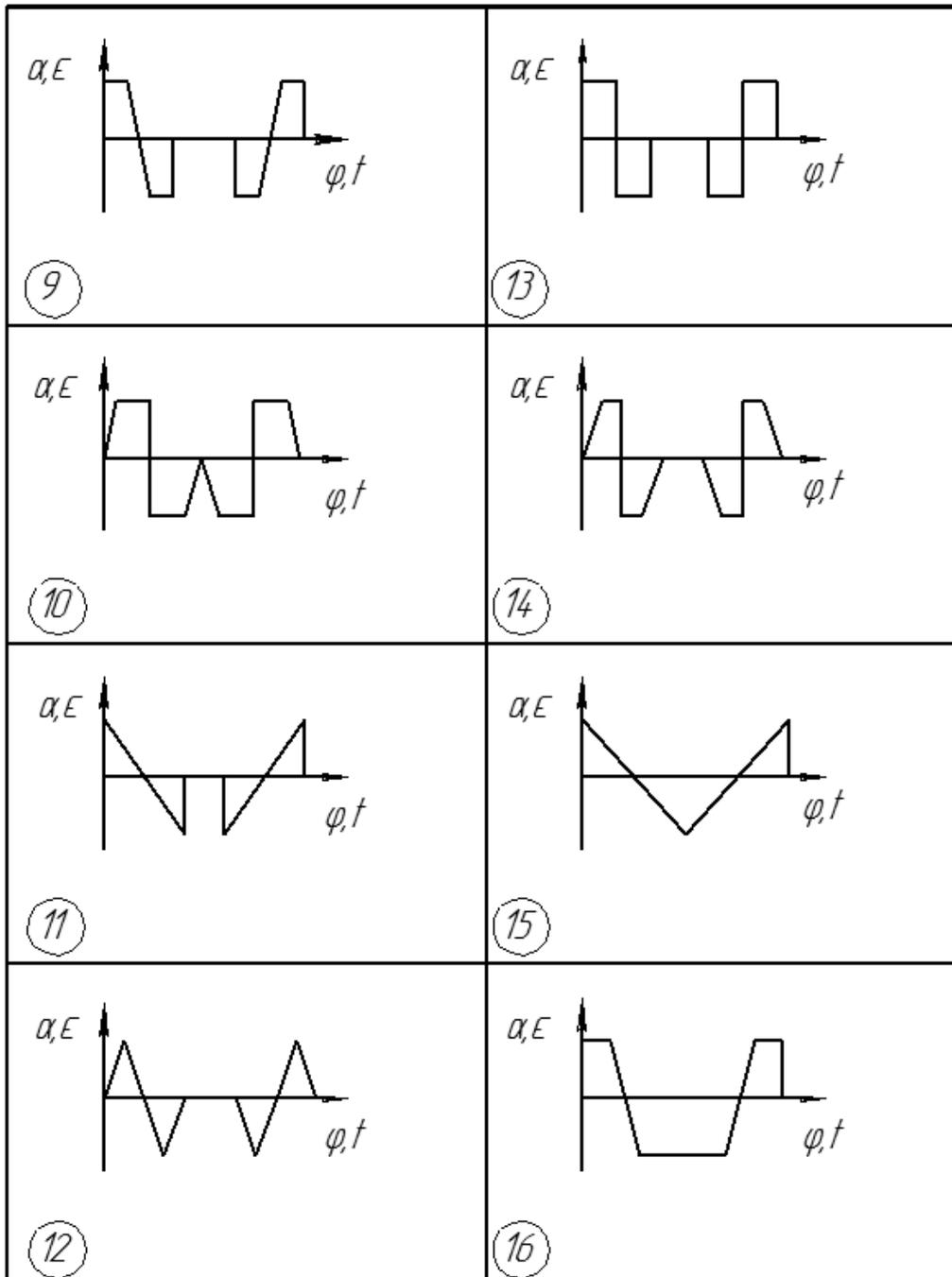


Рисунок Б.2 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма с номерами 9–16

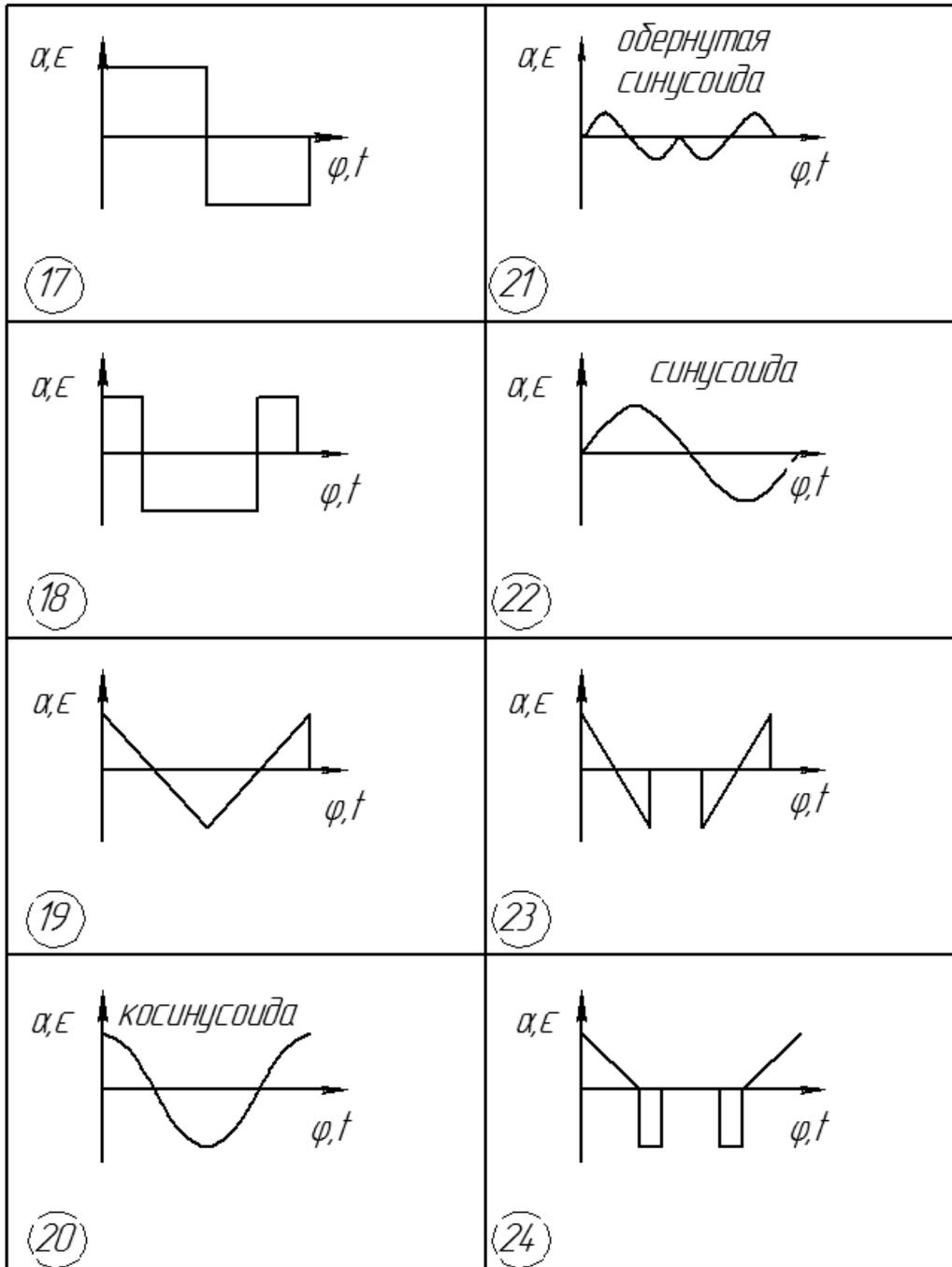


Рисунок Б.3 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма с номерами 17–24