

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальностей*

*1-36 01 01 «Технология машиностроения»,*

*1-36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»,*

*1-36 01 04 «Оборудование и технология высокоэффективных  
процессов обработки материалов»,*

*1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства»,*

*1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов  
и производств (по направлениям)»*

*очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.9.04  
ББК 34.5  
Т38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Основы проектирования машин» «23» декабря  
2022 г., протокол № 5

Составитель канд. техн. наук О. В. Благодарная

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

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

Учебно-методическое издание

## ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Ответственный за выпуск	А. П. Прудников
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

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, 2023

## Содержание

Введение .....	4
1 Цель и задачи курсового проектирования .....	5
2 Организация курсового проектирования .....	5
3 Содержание курсовой работы .....	6
4 Оформление курсовой работы .....	8
5 Методические указания к выполнению курсовой работы .....	9
5.1 Механизмы поперечно-строгального станка № 1 (задание 1) .....	11
5.2 Механизмы поперечно-строгального станка № 2 (задание 2) .....	13
5.3 Механизмы поперечно-строгального станка № 3 (задание 3) .....	15
5.4 Механизмы поперечно-строгального станка № 4 (задание 4) .....	17
5.5 Механизмы долбежного станка № 1 (задание 5) .....	19
5.6 Механизмы долбежного станка № 2 (задание 6) .....	21
5.7 Механизмы долбежного станка № 3 (задание 7) .....	23
5.8 Механизмы устройства подачи деталей из накопителя (задание 8) .....	26
5.9 Механизмы пилонасекателя (задание 9) .....	28
5.10 Механизмы вытяжного прессы (задание 10) .....	30
Список литературы .....	32
Приложение А .....	33
Приложение Б .....	36

## 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 курсовой работы студент познает 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 и задачи 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 курсовой работы:

- 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 курсовой работы осуществляется студентом на основе выданного ему индивидуального задания на курсовое проектирование, которое утверждается заведующим кафедрой. Типовое задание на курсовую работу 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 курсовую работу.

Курсовая работа является одной из форм самостоятельной творческой работы. Студент должен посещать консультации руководителя проекта согласно графику консультаций, утвержденному кафедрой.

Содержание курсовой работы включает четыре 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 курсовой работы результаты оцениваются преподавателем в диапазоне от девяти до пятнадцати баллов. Итого за выполнение всей курсовой работы студент получает от тридцати шести до шестидесяти баллов.

Законченная и оформленная курсовая работа с заданием, подписанная студентом, предоставляется руководителю для рецензирования. В рецензии преподаватель должен отметить каждую ошибку и неточность с указанием сущности ошибки.

Если работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ней, она допускается к защите, о чем руководитель делает надпись в записке.

Защита курсовой работы 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 работ. Защита оценивается в диапазоне от пятнадцати до сорока баллов.

Итоговая оценка курсовой работы (проекта) представляет собой сумму баллов за ее выполнение и защиту и выставляется в соответствии со шкалой (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Шкала оценки курсовой работы (проекта)

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

### 3 Содержание курсовой работы

Задание на курсовую работу содержит наименование механизма, условия работы и технические требования. Синтезируемый механизм должен состоять из рычажного, зубчатого и кулачкового механизмов. Исходные данные и вариант курсовой работы выдается преподавателем.

Курсовая работа 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	Рекомендуемый 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 Расчет приведенного момента инерции	5–7
3 Расчет 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 курсовой работы

Весь объем проделанной работы должен быть представлен 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 пт.

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 необ-

ходимо 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 к выполнению курсовой работы**

Выполнение работы начинается с изучения полученного задания, выяснения назначения машины в целом и каждого ее механизма в отдельности, а также их взаимодействия. Для этой цели в данном разделе приведены краткие указания к заданиям, а также специальная литература той отрасли промышленности, в которой применяется предложенная в задании машина [1–4].

Затем, пользуясь данными задания, необходимо построить кинематические схемы отдельных механизмов, входящих в состав исследуемой машины.

В первом разделе пояснительной записки к курсовой работе 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 [1].

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. Определить уравнивающую силу на ведущем звене механизма.

Для этого же положения определить уравнивающую 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 [1].

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 центрового 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 (задание 1)

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

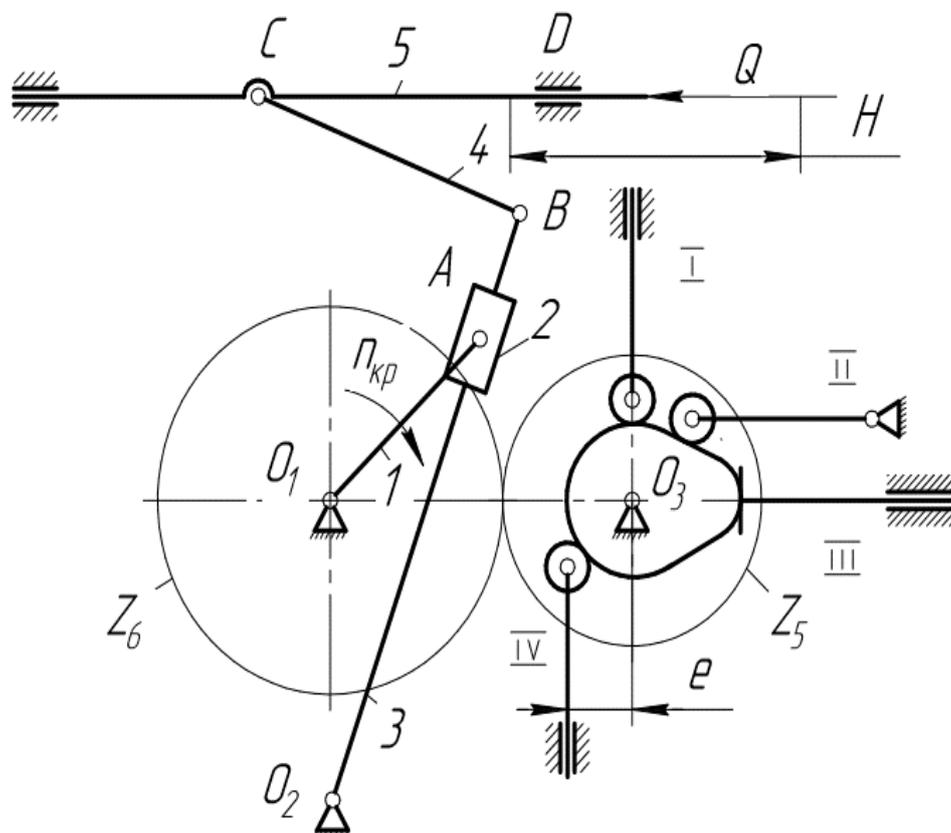


Рисунок 5.1 – Механизм поперечно-строгального станка № 1

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу  $z_5-z_6$  и планетарную передачу.

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 поперечно-строгального станка приведены в таблице 5.1. Центры масс звеньев  $S_i$  принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

Таблица 5.1 – Исходные данные для задания 1

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ход ползуна	$H$	мм	420	400	460	500	500	500	420	600	500	450	460
Коэффициент производительности	$K$	–	1,5	1,3	1,2	1,3	1,5	1,6	1,5	1,5	1,3	1,5	1,2
Межосевое расстояние	$O_1O_2$	мм	400	400	420	430	450	350	400	400	400	350	375
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	1700	2500	2000	3000	2300	2200	2500	2500	2100	2300	2200
Отношение длин звеньев	$l_{BC} / l_{BO2}$	–	0,25	0,35	0,30	0,33	0,4	0,30	0,35	0,35	0,36	0,32	0,34
Частота вращения двигателя	$n_{0в}$	мин <sup>-1</sup>	1450	1340	1350	1000	960	920	1200	1200	950	850	840
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	75	80	75	85	90	70	95	95	80	90	95
Массы звеньев рычажного механизма	$m_3$	кг	15	15	10	10	15	8	13	10	10	9	8
	$m_4$	кг	5	5,5	6	6,5	6,5	4	7	6	3	3	3,5
	$m_5$	кг	30	30	35	40	42	20	45	50	25	25	25
	–	–	II	III	II	IV	II	III	II	IV	IV	III	I
	Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	160	100	100	120	150	120	100	130	120	120	
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	40	20	20	30	25	25	26	35	20	25	
Длина коромысла кулачкового механизма	$l$	мм	–	100	–	–	–	120	–	–	–	130	
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	град	30	40	0	24	25	42	0	28	30	45	
Внеосность толкателя	$e$	мм	–	–	–	10	–	–	–	15	–	–	
Числа зубьев колес простой передачи	$z_5$	–	13	14	12	10	11	12	12	12	10	12	13
	$z_6$	–	25	29	28	30	33	28	28	28	25	30	30
Модуль зубчатых колес	$m$	мм	5	4	4,5	5	5,5	4	6	6,5	4	3	
Номер планетарного редуктора	–	–	7	11	6	5	3	7	5	5	4	7	
Номер кинематического графика	–	–	20	2	21	4	9	19	16	14	13	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	

## 5.2 Механизмы поперечно-строгального станка № 2 (задание 2)

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

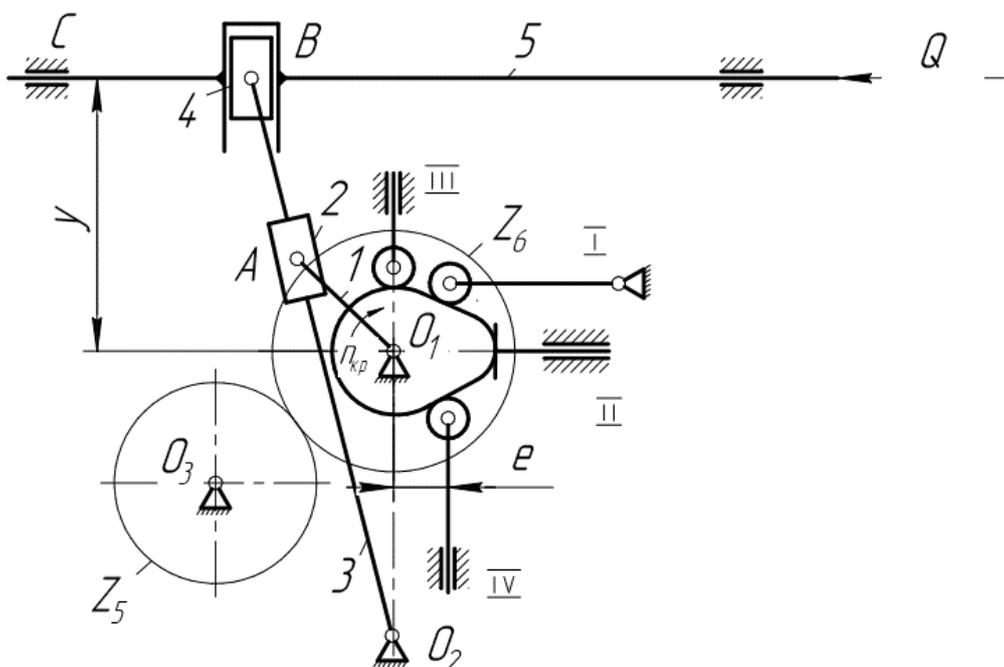


Рисунок 5.2 – Механизм поперечно-строгального станка № 2

Привод станка состоит из двух зубчатых передач: простой  $z_5$ – $z_6$  и планетарной передачи, 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 пробега в конце холостого и в начале рабочего 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 поперечно-строгального станка приведены в таблице 5.2. Центры масс звеньев  $S_i$  принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

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	420	440	410	450	480	430	420	450	480	440
Коэффициент производительности	$K$	–	1,4	1,35	1,4	1,5	1,8	1,3	1,53	1,6	1,57	1,61
Межосевое расстояние	$O_1O_2$	мм	350	320	380	360	300	320	370	300	300	350
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	2300	1900	1880	1200	1950	1800	1550	1900	1450	1900
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин <sup>-1</sup>	1200	960	1200	820	960	1600	1300	1500	820	920
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	90	80	100	66	80	95	120	130	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
	–	–	111	1	11	11	11	11	11	11	11	11
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	I	II	II	IV	II	III	II	IV	III	I
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	160	170	160	160	130	150	160	140	180	120
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	20	30	48	30	45	35	30	35	40	35
Длина коромысла кулачкового механизма	$l$	мм	50	–	–	–	60	–	–	–	75	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	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	12	12	12	12	14
	$z_6$	–	30	34	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	–	–	9	2	3	4	5	6	9	7	8	10
Номер кинематического графика	–	–	2	8	5	3	4	1	3	8	7	6
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

### 5.3 Механизмы поперечно-строгального станка № 3 (задание 3)

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

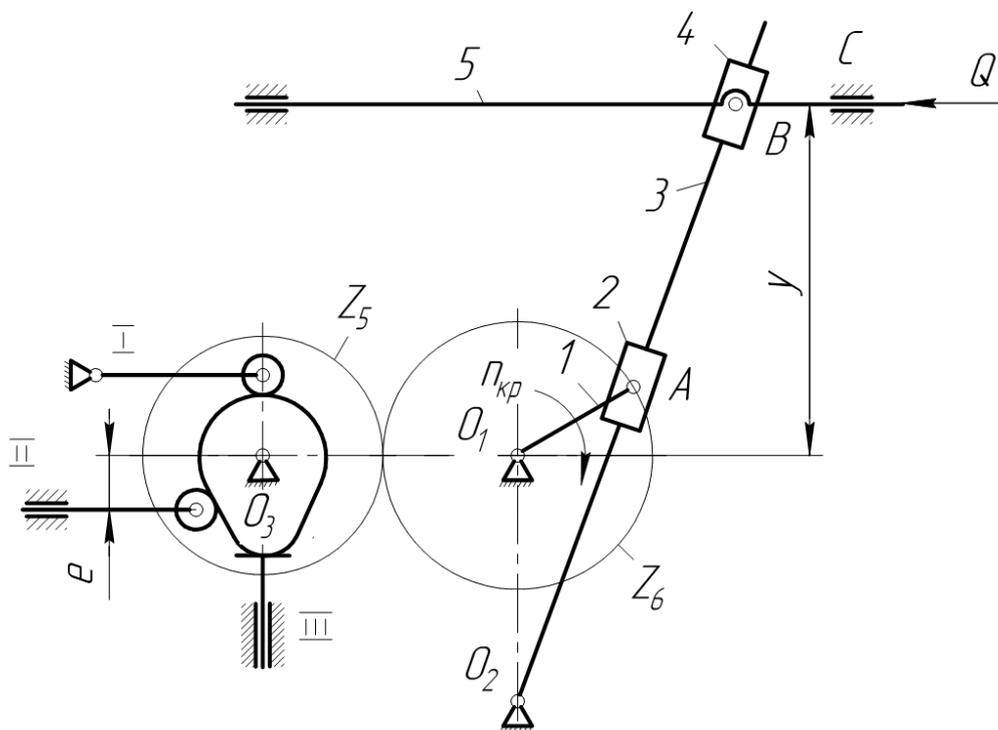


Рисунок 5.3 – Механизм поперечно-строгального станка № 3

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу  $z_5-z_6$  и планетарную передачу.

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 поперечно-строгального станка приведены в таблице 5.3. Центры масс звеньев  $S_i$  принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.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	170	210	230	220	280	310	330	330	350	200
Коэффициент производительности	$K$	–	1,2	1,3	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4	1,7	1,3
Межосевое расстояние	$O_1O_2$	мм	350	360	390	300	320	390	380	330	300	300
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	1200	1300	1400	1850	1200	1700	2200	2500	2300	1400
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин <sup>-1</sup>	1000	1000	1500	950	1500	1480	1000	750	1000	1000
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	60	80	75	80	120	80	90	70	80	85
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	–	–	II	III	I	II	II	I	III	II	II	III
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	140	160	145	150	150	170	160	130	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	250	–	–	–	350	–	–	–	320	–
Допускаемый угол давления	$\alpha_{доп}$	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	11	10	11
	$z_6$	–	30	30	28	29	35	26	25	30	35	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	–	–	9	10	7	6	5	1	4	3	2	3
Номер кинематического графика	–	–	2	3	4	5	6	7	8	9	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

### 5.4 Механизмы поперечно-строгального станка № 4 (задание 4)

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

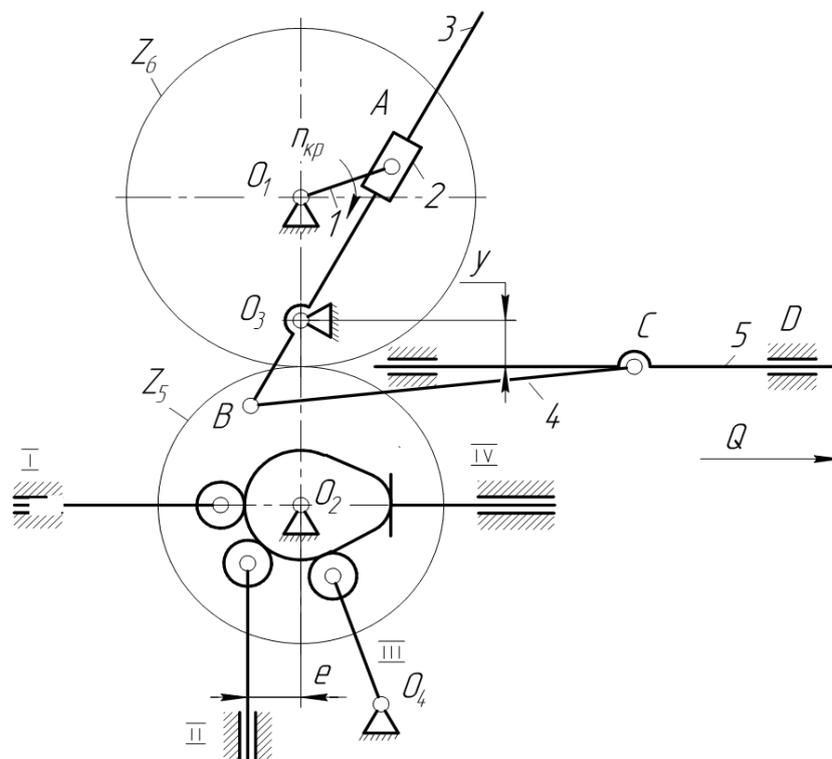


Рисунок 5.4 – Механизм поперечно-строгального станка № 4

Станок приводится от электродвигателя через простую зубчатую передачу  $z_5$ – $z_6$  и планетарную передачу. 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 поперечно-строгального станка приведены в таблице 5.4. Центры масс звеньев  $S_i$  принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

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



### 5.5 Механизмы долбежного станка № 1 (задание 5)

Долбежный станок предназначен для пазов и внутренних канавок в отверстиях детали, а также для строгания вертикально расположенных поверхностей. Резание металла осуществляется резцом, закрепленной 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.

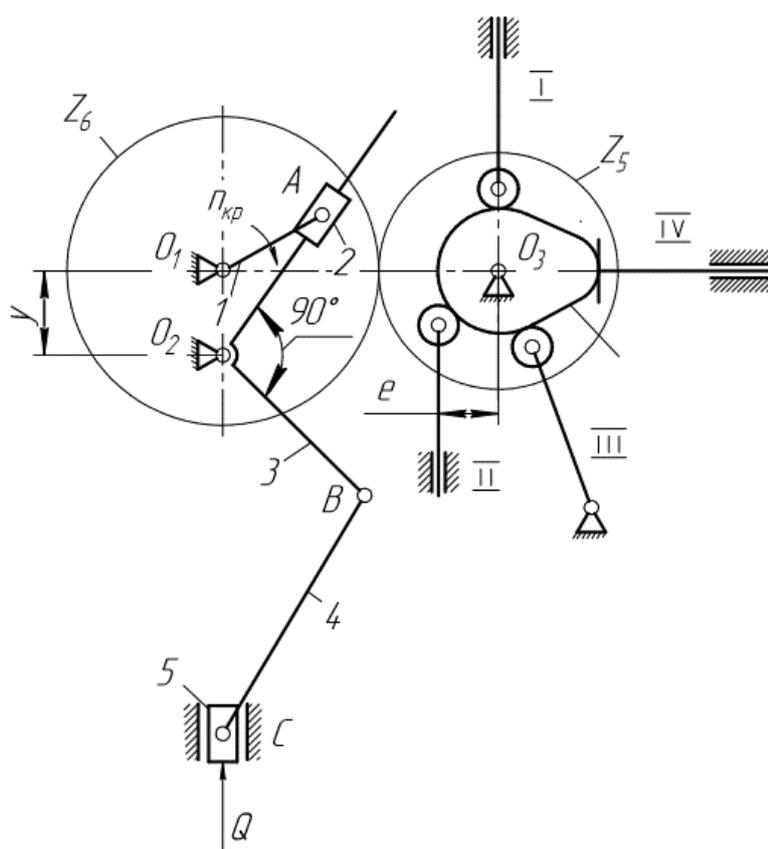


Рисунок 5.5 – Механизм долбежного станка № 1

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 на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

*Примечание* –  $O_1A > O_1O_2$ .

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	160	150	160	180	120	140	160	180	150	100
Коэффициент производительности	$K$	–	1,8	1,9	1,25	1,8	1,9	1,4	1,3	1,9	1,8	1,5
Отношение длин звеньев	$O_1O_2/BO_2$	мм	0,5	0,5	0,4	0,4	0,25	0,35	0,5	0,45	0,5	0,55
	$BC/BO_2$	мм	3,5	3	3,8	3	3,5	4	4	4	3,2	4
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	3500	4500	6000	3000	5000	3000	3000	5500	4500	5000
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин <sup>-1</sup>	950	950	950	760	945	950	950	760	950	950
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	125	130	130	130	120	145	130	70	60	80
	$n_3$	кг	6	7	8	4	5	6	7	8	10	9
Массы звеньев рычажного механизма	$m_4$	кг	70	80	50	50	60	65	80	85	90	100
	$m_5$	кг	120	140	80	100	100	100	150	150	150	120
	–	–	II	III	I	I	III	I	II	II	III	I
Тип толкателя кулачкового механизма	$\varphi_{раб}$	град	120	110	110	140	110	130	140	100	100	220
Рабочий угол кулачка	$h(\beta)$	мм (град)	5	5	20	5	8	8	25	8	10	10
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$l$	мм	–	–	70	–	–	–	90	–	–	100
Длина коромысла кулачкового механизма	$\alpha_{доп}$	град	20	22	40	–	25	28	35	–	30	25
Допускаемый угол давления	$e$	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	–	–	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Номер кинематического графика	–	–	23	24	10	19	11	12	13	21	17	12
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



Таблица 5.6 – Исходные данные для задания 6

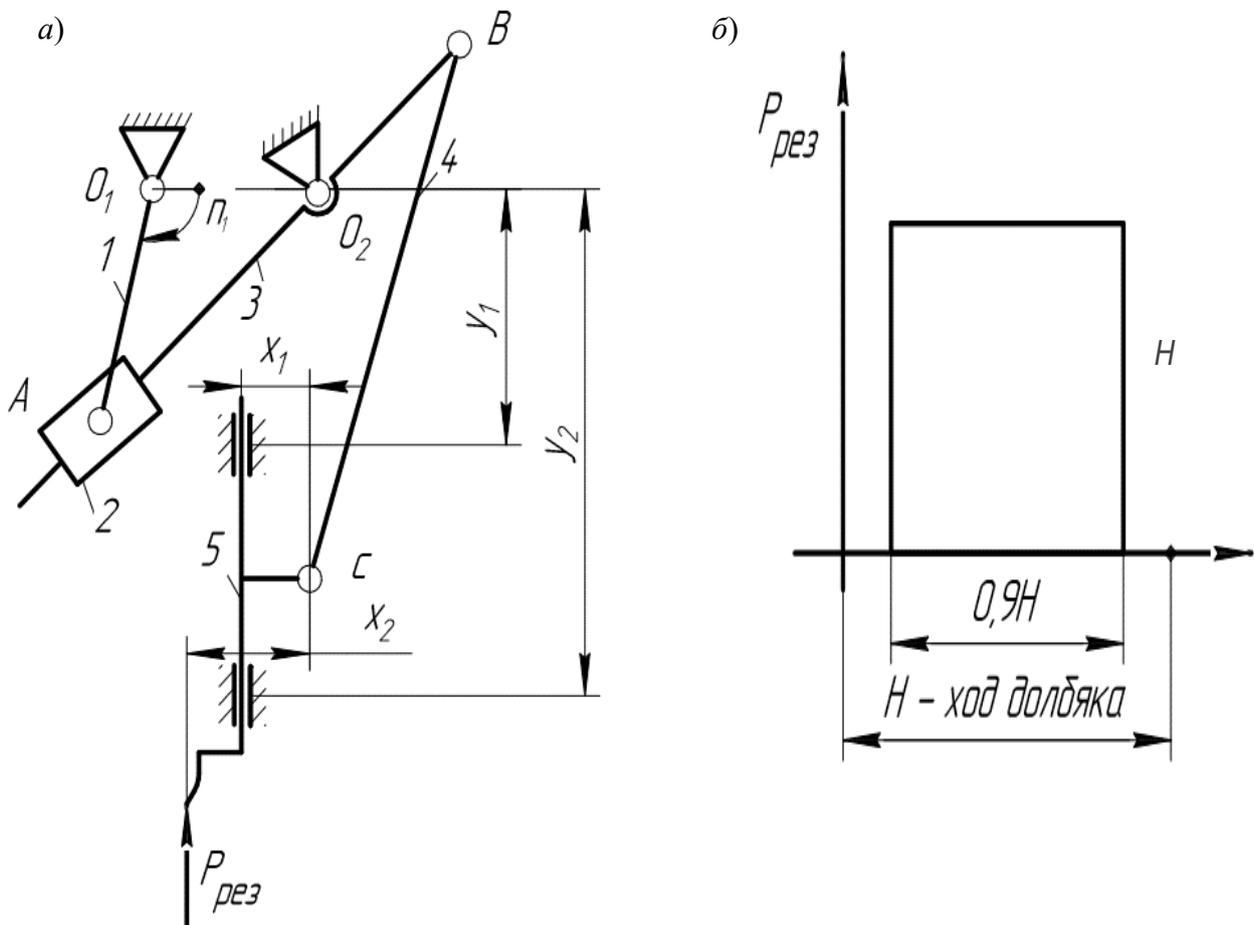
Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ход ползуна	$H$	мм	420	380	380	280	240	420	360	360	320	360	320	320
Коэффициент производительности	$K$	–	2,0	1,3	1,2	1,9	1,4	2,5	2,0	2	2,6	2	2,6	1,5
Межосевое расстояние	$O_1O_3$	мм	350	360	320	304	210	300	340	300	320	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	1,6	1,4	1,5
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	4000	3000	350	4000	2500	3500	3000	4000	3000	4000	3000	5000
Частота вращения двигателя	$n_{об}$	мин <sup>-1</sup>	950	1360	930	980	980	980	1360	1360	1400	1360	1400	950
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	95	120	60	160	75	130	120	140	120	140	120	135
Массы звеньев рычажного механизма	$m_3$	кг	80	80	60	50	70	100	80	100	70	100	70	80
	$m_4$	кг	28	25	20	18	16	28	25	22	20	22	20	25
	$m_5$	кг	220	200	200	180	220	340	220	200	200	200	200	210
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	II I	II	I	II	III I	I	III	II	II	II	II	II
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	300	320	240	340	280	260	180	240	220	180	220	200
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	25	40	30	30	30	24	20	36	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	45	25	25
Внеосность толкателя	$e$	мм	8	5	–	–	0	10	–	–	0	–	0	12
Числа зубьев колес простой передачи	$z_5$	–	12	11	12	13	14	15	16	10	11	10	11	12
	$z_6$	–	45	35	45	30	42	40	36	32	25	32	25	25
Модуль зубчатых колес	$m$	мм	10	10	10	5	5	10	10	5	5	5	5	5
Номер планетарного редуктора	–	–	7	2	9	6	5	3	10	3	9	3	9	1
Номер кинематического графика	–	–	10	8	8	9	2	1	2	3	4	3	4	7
Коэффициент трения	$f$	–	0,10	0,12	0,11	0,21	0,1	0,1	0,21	0,1	0,11	0,1	0,11	0,11
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	35	25	35	40	45	50	60	28	60	28	30

### 5.7 Механизмы долбежного станка № 3 (задание 7)

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.

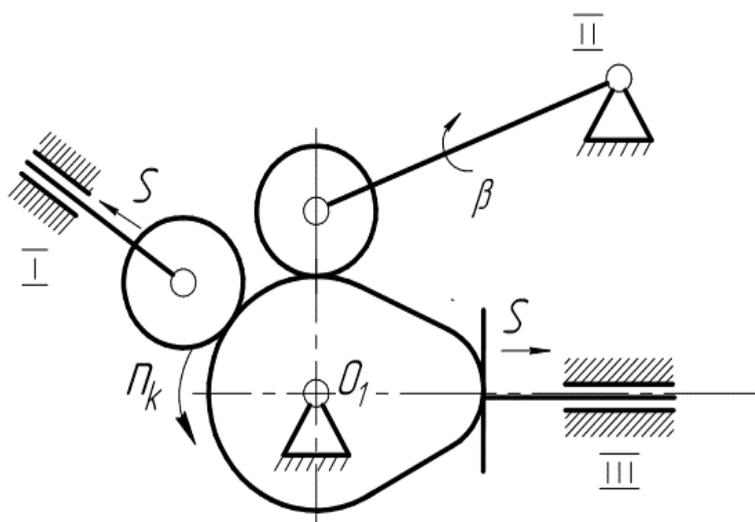
Резание металла осуществляется резцом, закрепленным в резцовой головке, при его возвратно-поступательном движении в вертикальном направлении. Для движения резца используется шестизвенный кулисный механизм с качающейся кулисой, состоящий из кривошипа 1, камня 2, кулисы 3, поводка 4 и ползуна 5 (рисунок 5.7, а).



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

Рисунок 5.7 – Механизм долбежного станка № 3

в)



Окончание рисунка 5.7

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 на рисунках А.1–А.3; кинематические графики движения кулачковых механизмов – на рисунках Б.1–Б.3.

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	0,02	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 <sup>-1</sup>	1900	1800	1300	1700	1400	1900	1900	1500	1800	1500
Частота вращения кривошипа $l$ и кулачка	$n_1 = n_k$	мин <sup>-1</sup>	200	120	140	140	150	120	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	1,45	1,9	1,4	1,75	1,5	1,9	1,5	1,65	2,3
	$z_5$	–	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
	$m$	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	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	–	III	II	I	II	II	I	II	II	II	III
Номер планетарного редуктора	–	–	9	8	7	6	5	4	3	2	1	9
	Номер кинематического графика	–	21	22	19	18	16	14	10	19	17	1
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

### 5.8 Механизмы устройства подачи деталей из накопителя (задание 8)

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

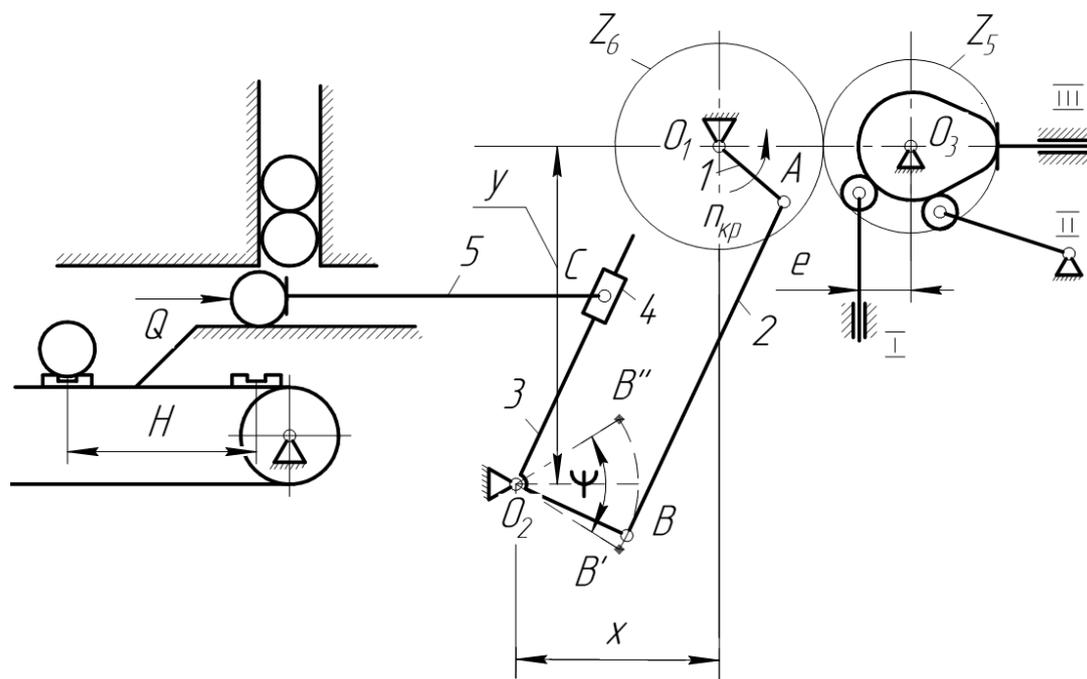


Рисунок 5.8 – Механизм устройства подачи деталей из накопителя

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 (толкателя или коромысла).

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 на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.



### 5.9 Механизмы пилонасекателя (задание 9)

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

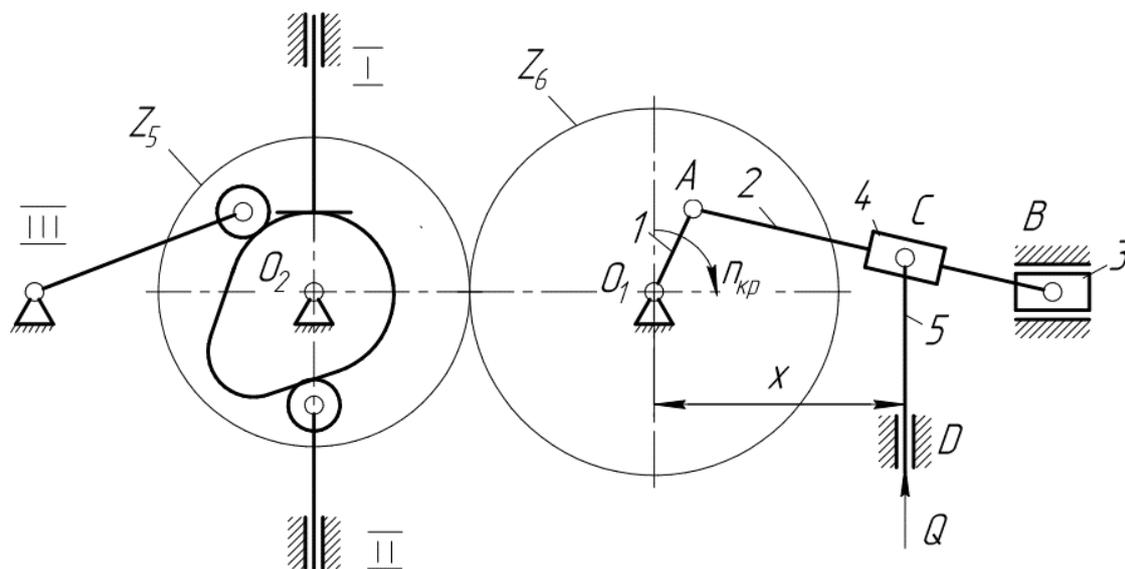


Рисунок 5.9 – Механизм пилонасекателя

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.

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 пилонасекателя приведены в таблице 5.9. Центры масс звеньев  $S_i$  принять посередине звеньев. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3. При проектировании кулачка необходимо обеспечить заданный закон движения выходного звена (толкателя или колебателя). Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма приведены на рисунках Б.1–Б.3.

Таблица 5.9 – Исходные данные для задания 9

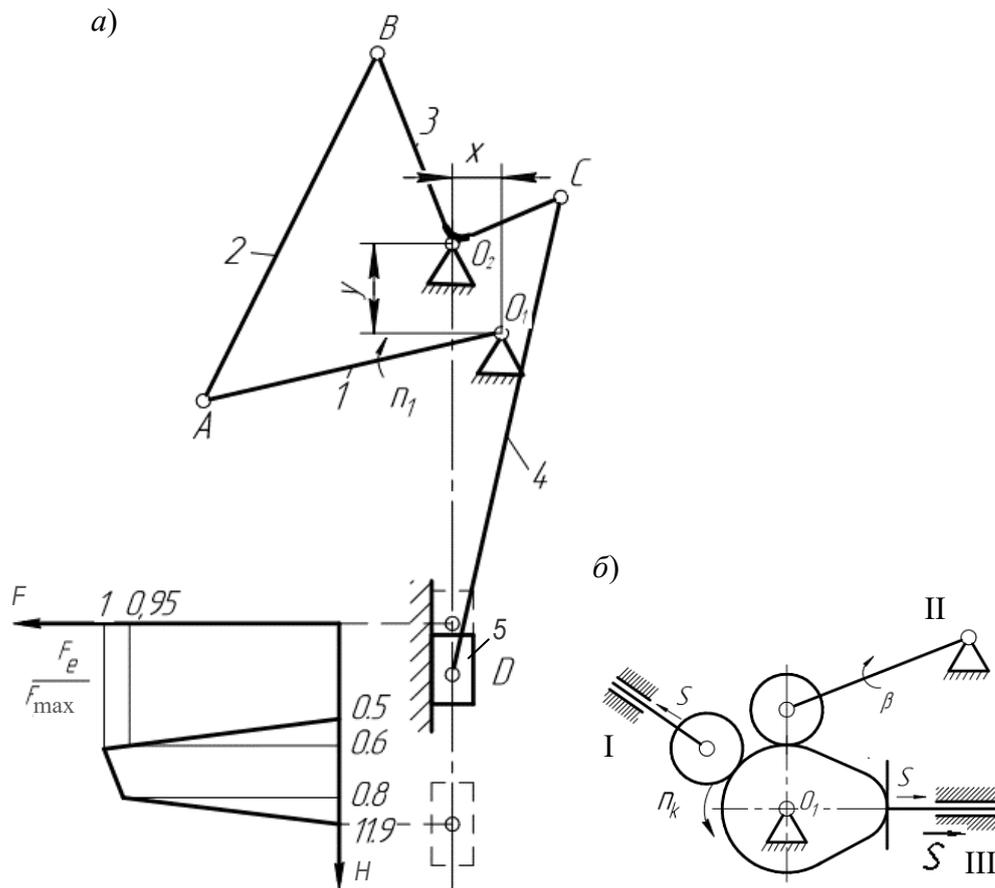
Параметр	Обозначение	Единица измерения	Вариант										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ход ползуна	$H$	мм	520	510	500	530	520	550	570	600	590	600	600
Отношение длин звеньев	$AB/O_1A$	мм	3	2,8	3,2	3	2,8	3	2,3	3	3	3	3
Отношение расстояний	$x/O_1A$	мм	2,5	2,4	2,6	2,5	2,4	2,5	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
Сила полезного сопротивления	$Q$	Н	1100	2000	1250	1400	1600	1250	1300	1500	1000	1450	1450
Частота вращения двигателя	$n_{дв}$	мин <sup>-1</sup>	1500	1360	1400	1400	1450	1450	1400	1440	1500	1500	1500
Частота вращения кривошипа $l$	$n_1$	мин <sup>-1</sup>	225	110	220	210	200	200	180	180	170	160	160
Массы звеньев рычажного механизма	$m_2$	кг	60	62	64	60	50	70	80	70	80	80	80
	$m_3$	кг	40	45	46	45	38	30	60	40	50	45	45
	$m_5$	кг	80	90	92	90	75	100	110	90	100	90	90
	–	–	11	11	1	1	11	1	11	1	11	11	11
Тип толкателя кулачкового механизма	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рабочий угол кулачка	$\varphi_{раб}$	град	300	280	220	230	240	250	260	220	260	320	320
Ход толкателя (угловой ход коромысла)	$h(\beta)$	мм (град)	30	35	32	40	20	36	34	38	25	42	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	12
	$z_6$	–	24	26	25	25	30	30	28	33	24	30	30
Модуль зубчатых колес	$m$	мм	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5
Номер планетарного редуктора	–	–	10	8	1	8	5	7	4	3	9	6	6
Номер кинематического графика	–	–	10	2	1	12	14	17	11	13	15	2	2
Коэффициент трения	$f$	–	0,1	0,15	0,15	0,1	0,1	0,15	0,15	0,12	0,12	0,15	0,15
Диаметр цапф	$d_{ц}$	мм	30	30	40	40	20	20	40	30	20	20	20

### 5.10 Механизмы вытяжного пресса (задание 10)

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 закреплены кривошип и кулачок кулачкового механизма (рисунок 5.10, б).

Исходные данные для проектирования механизмов вытяжного пресса приведены в таблице 5.10. Схемы планетарных зубчатых механизмов приведены на рисунках А.1–А.3; кинематические графики движения кулачковых механизмов – на рисунках Б.1–Б.3.



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

Рисунок 5.10 – Механизм 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	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
$y$	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 <sup>-1</sup>	960	940	940	950	960	720	730	1430	1450	1440
Частота вращения кривошипа $l$ и кулачка	$n_1 = n_k$	мин <sup>-1</sup>	75	90	60	90	40	90	50	75	85	85
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	35	60	50	45	55	35	35	40	35	45
	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
	$z_6$	–	22	24	30	28	34	18	26	30	26	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, $\varphi_{ог} = 0$	$\varphi_n = \varphi_0$	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	–	–	II	I	II	II	III	II	I	I	III	II
Длина коромысла	$l$	мм	–	130	–	–	–	150	–	120	–	–
Номер кинематического графика	–	–	4	3	2	1	2	16	15	14	19	10
Номер планетарного редуктора	–	–	1	2	9	3	8	7	9	1	8	5
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 **Волков, В. В.** Теория механизмов и машин: учебник / В. В. Волков. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 328 с.

2 Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси: проектирование, технология, оценка свойств / В. Б. Альгин [и др.]; под общ. ред. В. Б. Альгина, В. Е. Старжинского. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 406 с.

3 Теория механизмов и машин. Расчетно-графическая работа № 2: методические рекомендации к самостоятельной работе студентов технических специальностей дневной формы обучения / Сост. В. Л. Комар, Ю. В. Машин. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 25 с.

4 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: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – 22 с.

## Приложение А (обязательное)

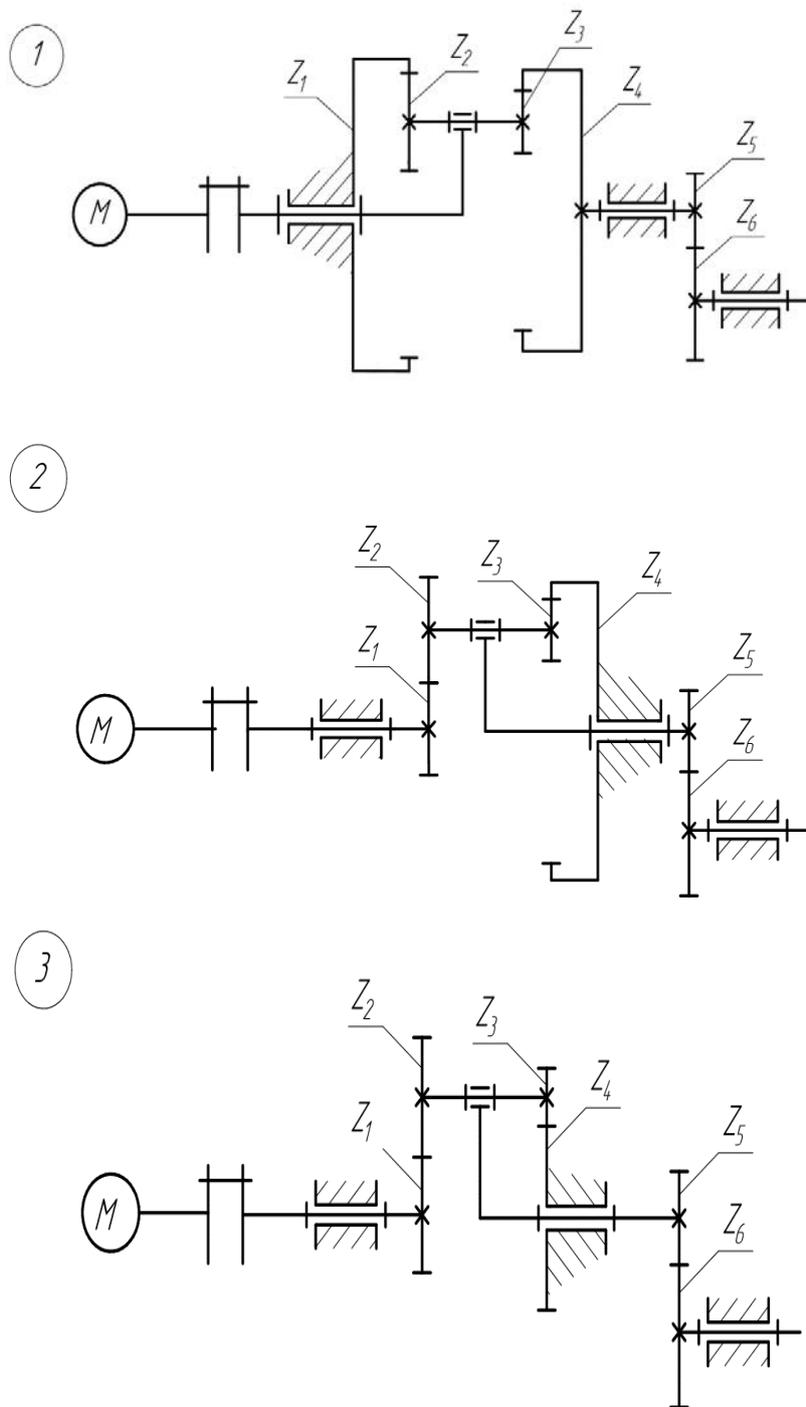


Рисунок А.1 – Схемы планетарных зубчатых механизмов (1–3)

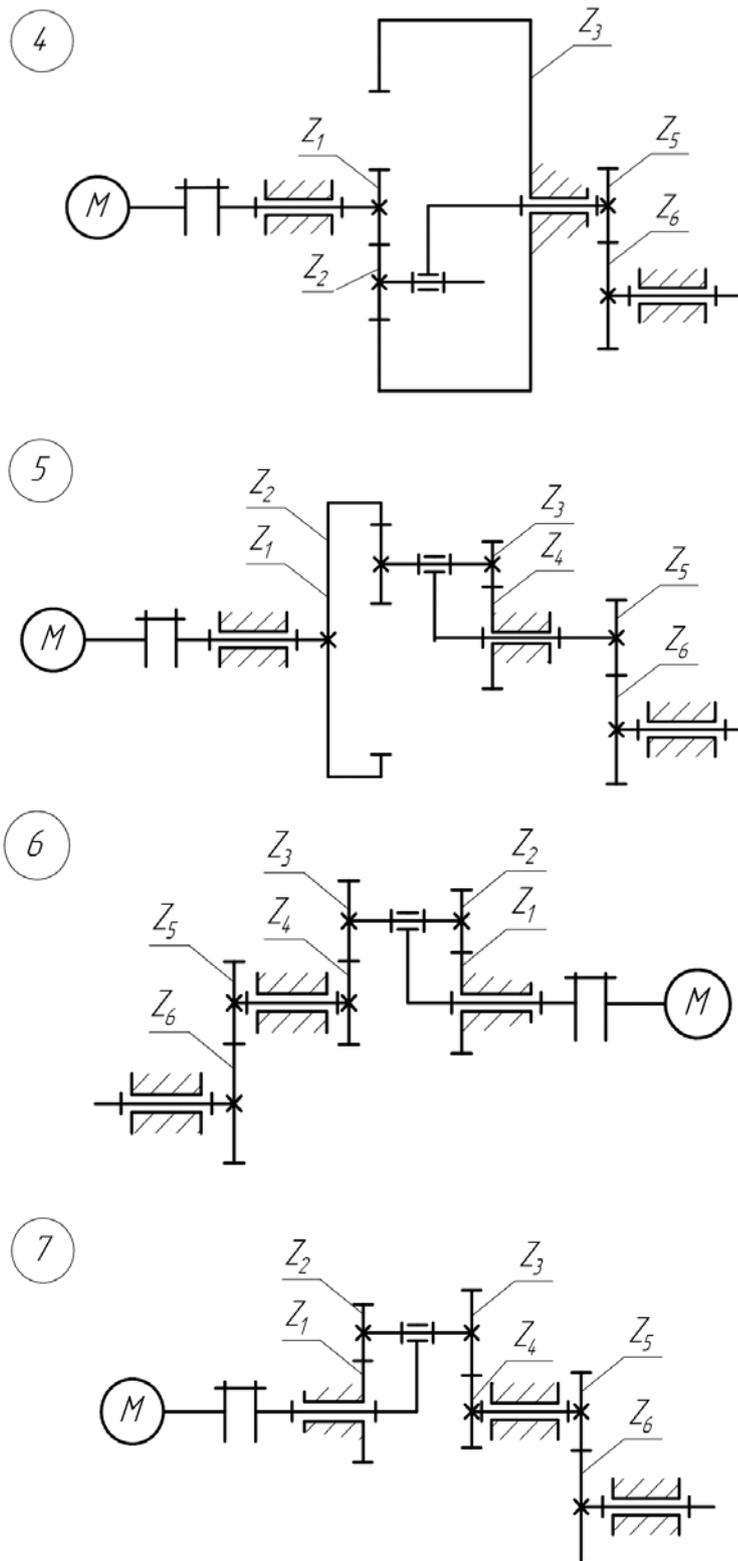


Рисунок А.2 – Схемы планетарных зубчатых механизмов (4–7)

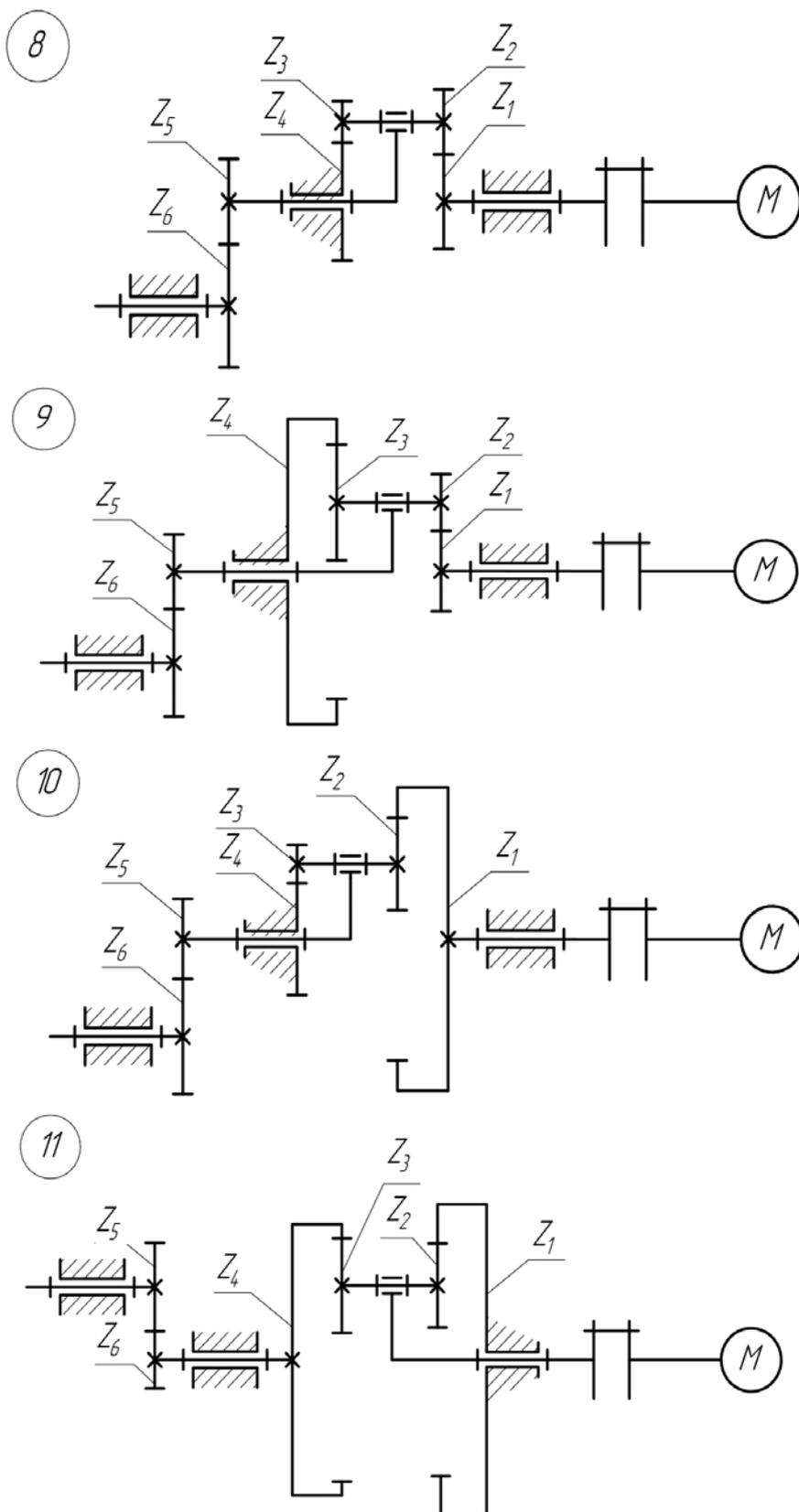


Рисунок А.3 – Схемы планетарных зубчатых механизмов (8–11)

## Приложение Б (обязательное)

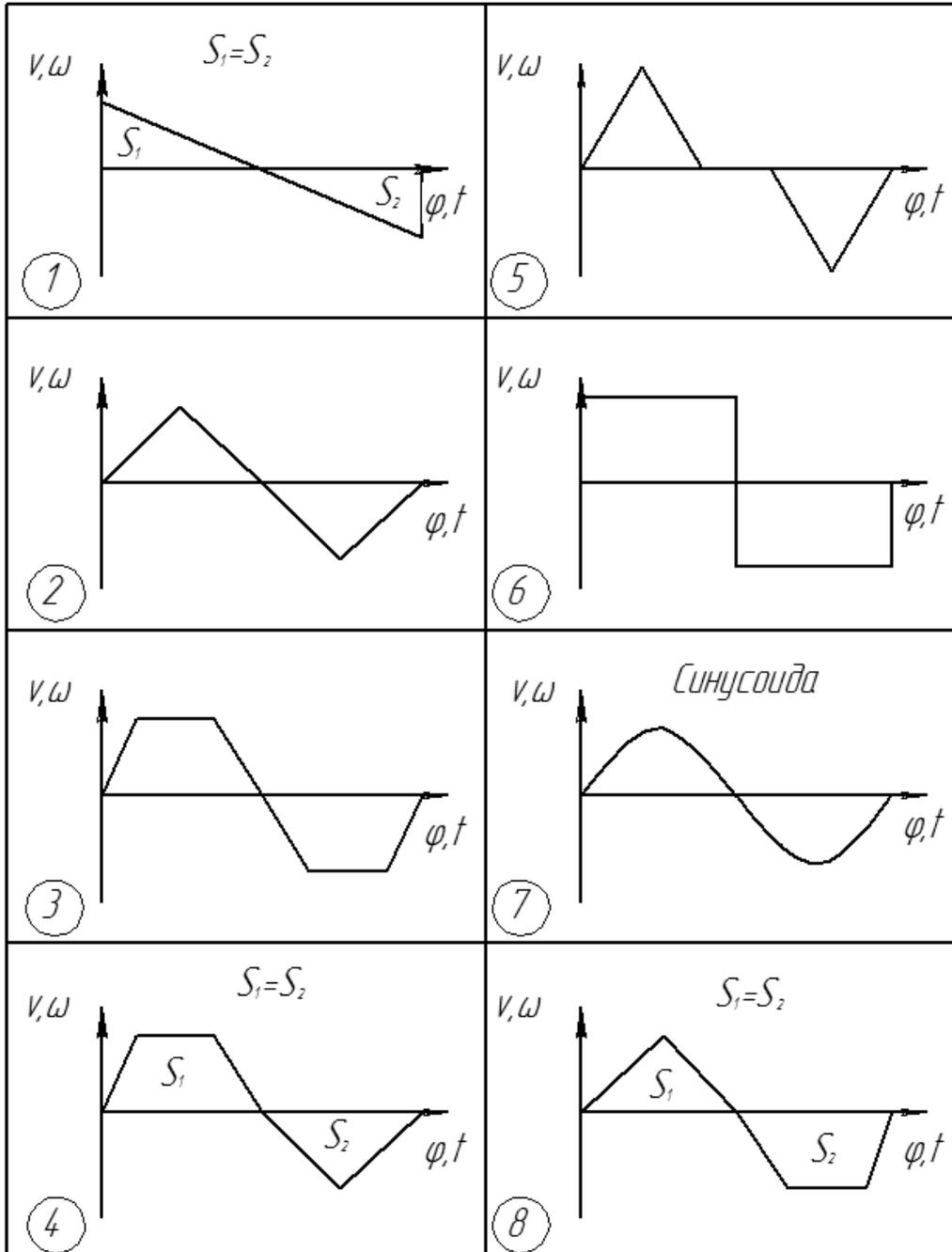


Рисунок Б.1 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма (1–8)

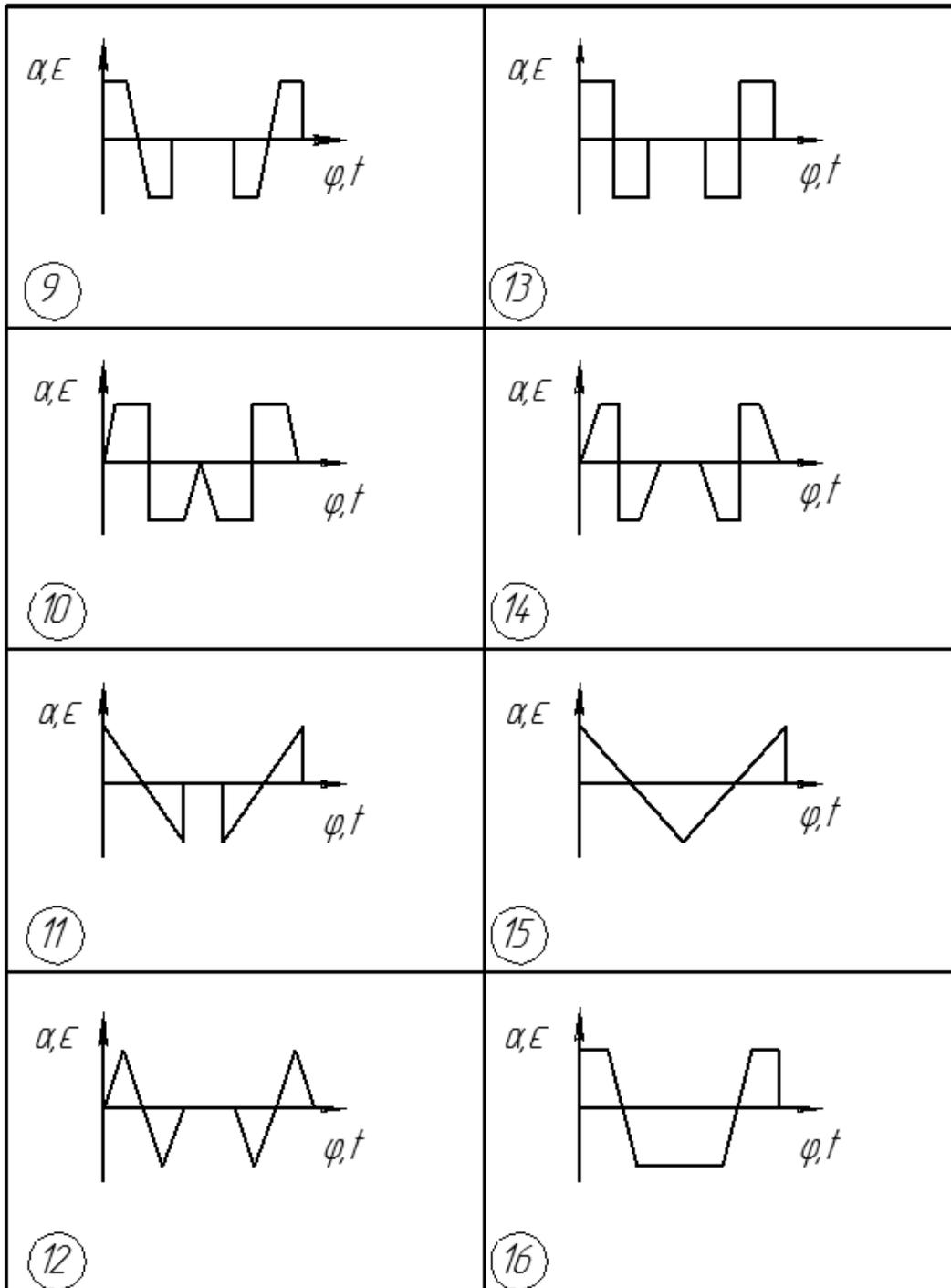


Рисунок Б.2 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма (9–16)

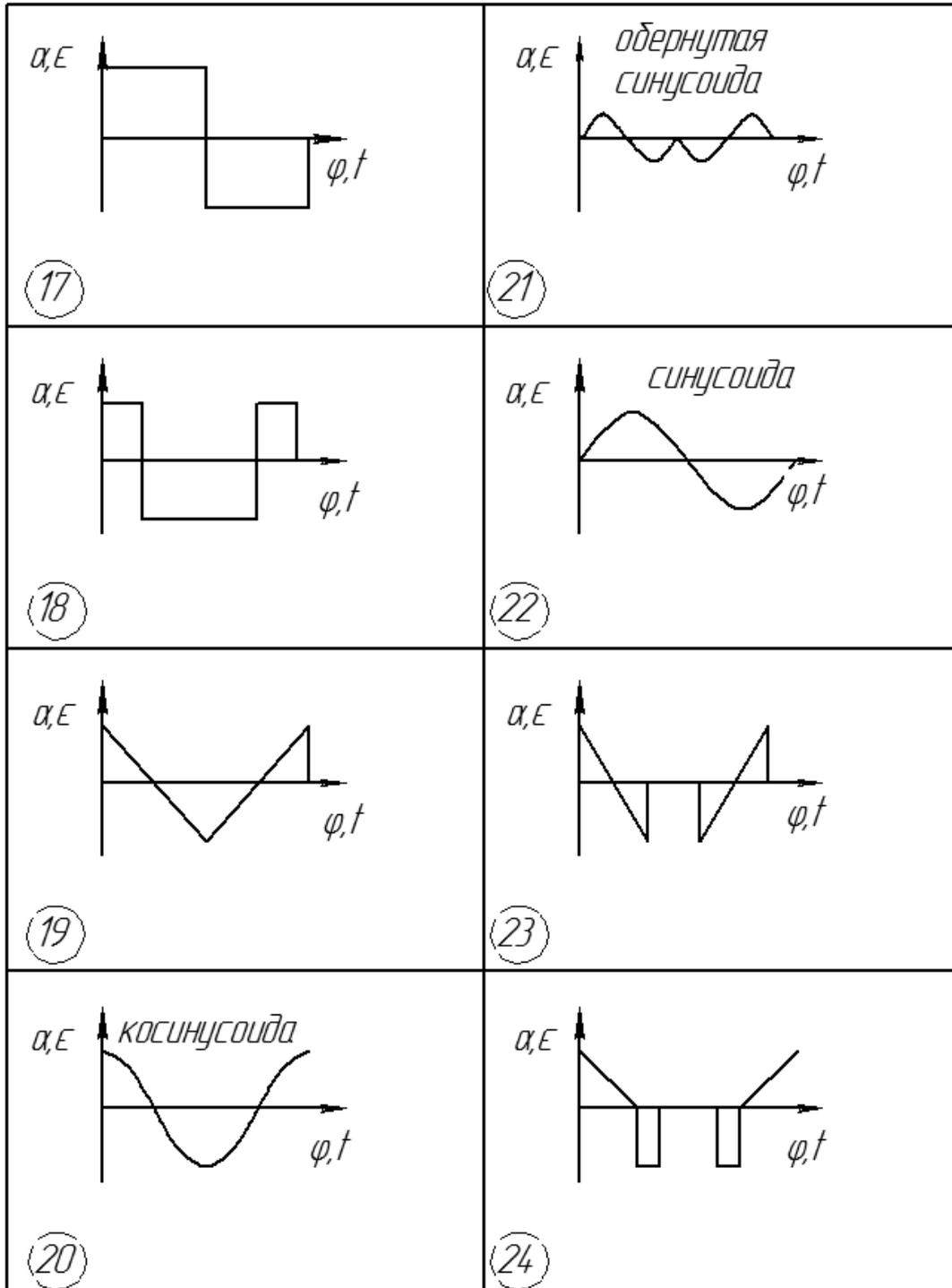


Рисунок Б.3 – Кинематические графики движения выходного звена кулачкового механизма (17–24)