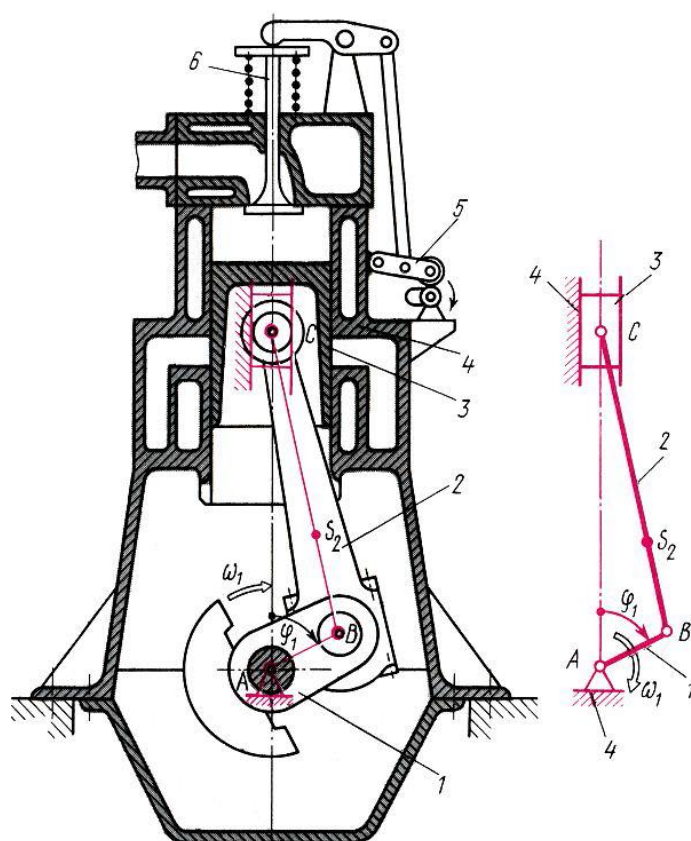


ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Учебно-методическое пособие
к курсовому проекту



Набережные Челны
2022

УДК 621.81.001.63 (075.8)

ББК 34.42.73

Печатается по рекомендации
учебно-методической комиссии
Автомобильного отделения НЧИ К(П)ФУ

Рецензент: д.т.н., профессор Ф.Д.Байрамов

Теория механизмов и машин. Учебно-методическое пособие к курсовому проекту /Составитель: И.П.Талипова. – Набережные Челны: НЧИ К(П)ФУ, -2022. –31 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения курсового проекта по дисциплине: «Теория механизмов и машин», для студентов Высшей инженерной школы

© Набережночелнинский институт К(П)ФУ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Объем и содержание курсового проекта.....	5
2. Содержание курсового проекта	8
Список литературы	11
Приложение.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Цель курсового проекта – закрепление и углубление теоретических знаний путем самостоятельного решения комплексной задачи исследования машины. Задание на курсовой проект является комплексным, предусматривающим проектирование и исследование основных видов механизмов, объединенных в систему какой-либо машины или устройства. Конкретные виды механизмов приводятся в задании на курсовой проект. Каждая часть проекта связана с изучением (анализа, синтеза) отдельного вида механизма или с рассмотрением одного и того же механизма, но с различными расчетами.

Перечень содержания отдельных разделов проекта:

1. Структурный анализ и кинематическое исследование рычажного механизма.
2. Силовой анализ рычажного механизма.
3. Синтез эвольвентного зубчатого зацепления.
4. Синтез кулачкового механизма.

Самостоятельное решение задач, поставленных в курсовом проекте, закрепляет теоретические знания и способствует лучшему усвоению дисциплины и использованию теории на практике.

При выполнении курсового проекта используются учебники и учебные пособия, указанные в списке литературы.

Вариант исходных данных выбирается по двум последним цифрам зачетной книжки: по предпоследней цифре выбирается тема проекта (рис.1...10 Приложения), по последней цифре зачетной книжки выбирается вариант исходных данных (табл. 1...10 Приложения).

1 Объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей.

Графическая часть выполняется на трех листах формата А1 и оформляется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Расчетная часть выполняется в виде пояснительной записки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к текстовым документам ГОСТ 2.105-95. Лицевую часть обложки расчетно-пояснительной записки оформляют как титульный лист (рис.1.1). На всех листах расчетно-пояснительной записки выполняется основная надпись для текстовых конструкторских документов по ГОСТ 2.104.-90 (рис. 1.2): на первых листах всех разделов - форма 1.2,а, на последующих листах - форма 1.2,б.

В начале пояснительной записки приводят оглавление, содержащее перечень этапов расчета.

Текст следует располагать на одной стороне листа. Записку разбивают на разделы и пункты, которые нумеруют арабскими цифрами (1.; 1.1.; и т.д.). Наименование разделов и пунктов записывают в виде заголовков. Каждый расчет раздела или пункта также должен содержать заголовок, указывающий рассчитываемый параметр. Например:

1. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА
2. КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА
- 2.1. Кинематическое исследование механизма методом планов

Запись расчетов должна состоять из формулы, численных значений параметров, в нее входящих, результата и его размерности. Ниже дают расшифровку параметров, входящих в формулу, с указанием литературного источника и номера страницы. Результаты расчетов целесообразно сводить в таблицы.

После всех расчетов в пояснительной записке приводят полный список использованной литературы, в который заносят только те источники, на которые в тексте записки имеются ссылки, причем в список включают только печатные работы.

Основная часть записки должна содержать пояснения по всем построениям, выполненным в графической части, и все расчеты.

В начале записки помещается задание со всеми данными и техническими условиями (темы 1...10, таблицы 1...10).

Изложение материала студентом должно производиться от первого лица множественного числа (например: рассчитаем, определим, вычислим, найдем, получим и т.д.).

В тексте, за исключением таблиц, не допускаются сокращения слов, например, "мех-м" вместо "механизм", "кинем-кий" вместо "кинематический", "ф-ла" вместо "формула" и другие: следует употреблять только принятые в технической литературе термины, обозначения и сокращения, например: н (ньютон), мм (миллиметр), кг (килограмм), т.е. (то есть) и др.

Математические знаки =, <, □ и др. применяются лишь в формулах, а не в тексте, Так, например, нельзя писать: "относительное удлинение =12%", следует писать - "относительное удлинение равно 12%".

Не допускается сочетание буквенных обозначений и слов. Например, нужно писать "...диаметр вала равен 35 мм...", но нельзя писать "d (или Ø) вала =35 мм".

Эскизы, чертежи, схемы, приводимые в пояснительной записке, выполняются карандашом либо тушью (чернилами) четко, аккуратно с соблюдением всех правил технического черчения (в отдельных случаях для большей ясности они могут выполняться без соблюдения масштабов).

Рисунки и таблицы нумеруются по главам и пишутся в такой форме: в разделе 1 - "Рис. 1.1", "Рис. 1.2", "Табл. 1.1", "Табл. 1.2", в разделе 2 - "Рис. 2.1", "Рис. 2.2", "Табл. 2.1", "Табл. 2.2" и т.д. (Если в записке только один рисунок или таблица, то им номер не присваивается). На приводимые в тексте рисунки или таблицы должны быть обязательно ссылки.

Ссылки на рисунки и таблицы, приводимые в записке, даются в тексте в круглых скобках, например: "...согласно схеме (рис. 2.4) ...", "...из графика перемещения (рис. 3.2)..." и т.д.

Расчетные формулы записывают в буквенных обозначениях с пояснением, в котором приводят наименование каждой величины, входящей в формулу и единицу СИ:

$$M_c = P_c \cdot r_1 \cdot (V_B/V_A),$$

где M_c - приведенный момент, Н·м; P_c - сила сопротивления, Н; r_1 - радиус кривошипа, м; V_B/V_A - отношение линейных скоростей точек В и А.

Затем в формулу подставляют необходимые числовые значения и приводят результат вычислений с указанием единицы СИ:

$$M_c = P_c \cdot r_1 \cdot (V_B/V_A) = P_c \cdot r_1 \cdot (pb/pa) = 1670 \cdot 0,035 \cdot (26/66) = 23,026 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

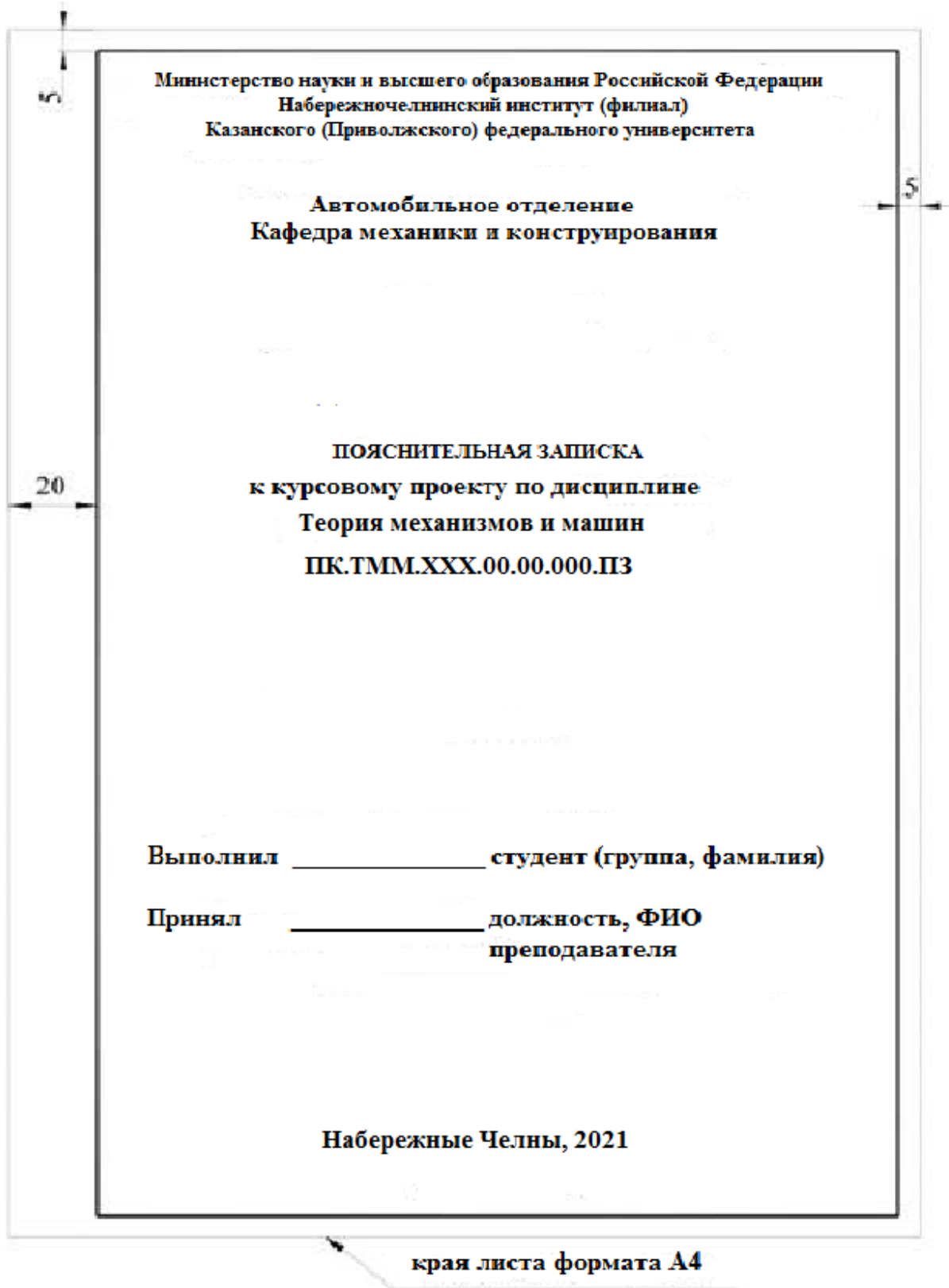


Рис.1.1

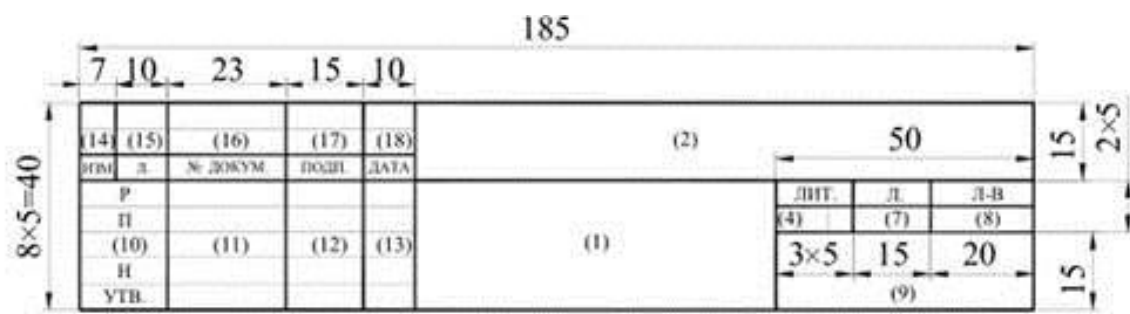


Рис.1.2, а

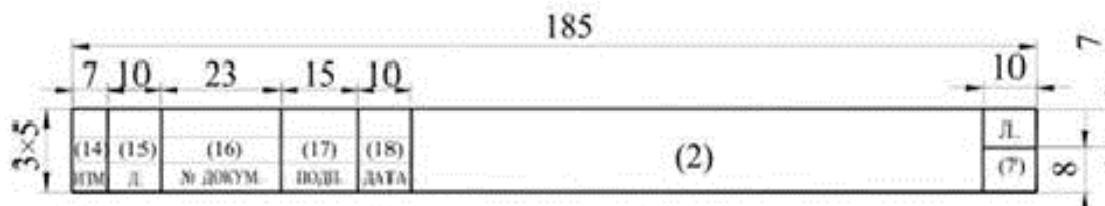


Рис.1.2, б.

2 Содержание курсового проекта

Первая часть: “Анализ рычажного механизма”

Исходные данные:

- Кинематическая схема рычажного механизма (рис. 1...10);
- l_{OA} , l_{AB} и т.д. – размеры звеньев механизма, т.е. расстояния между центрами шарниров О и А, А и В, соответственно;
- l_{AS_2} , l_{CS_4} и т.д. – расстояния между точками А и S_2 , С и S_4 , при чём точки S_2 и S_4 являются центрами масс звеньев 2 и 4, соответственно;
- φ_1 – угол, определяющий положение начального звена ОА в положении механизма, для которого необходимо выполнить силовой расчёт;

Значения перечисленных величин исходных параметров выбрать из таблиц 1...10 в соответствии с заданной темой и вариантом исходных данных.

Порядок выполнения:

1. Произвести структурный анализ механизма (в расчетно-пояснительной записке)
2. Построить 12 положений механизма, равноотстоящих по углу поворота кривошипа: при этом отсчет (нулевое положение механизма) начинать с верхнего положения кривошипа (12 часов). Положения кривошипа пронумеровать в соответствии с часами: по часовой стрелке. Звенья необходимо пронумеровать, а центры шарниров, центры тяжести и др. обозначить заглавными буквами с индексами, соответствующими номеру положения механизма.
3. Построить планы скоростей и ускорений для положений механизма, указанных руководителем курсового проекта. На планах должны быть показаны все характерные точки механизма. В том числе и центры тяжести звеньев.
4. На основании построенных планов скоростей и ускорений определить угловые скорости и угловые ускорения звеньев механизма.
5. Построить кинематические диаграммы перемещения, скорости и ускорения для выходного звена механизма.
6. Сравнить величины скорости, ускорений, полученных методом кинематических диаграмм, и с помощью планов скоростей и ускорений.

Вторая часть: «Силовой расчет механизма»

Исходные данные:

- w_0 - базовая угловая скорость;
- w_1 - угловая скорость начального звена OA;
- m_1, m_2 и т. д. – массы звеньев 1, 2 и т.д.;
- J_{S2}, J_{S4} - центральные моменты инерции звеньев 2 и 4, соответственно;
- D_3, D_5 - диаметры поршней 3 и 5, соответственно;
- P_{max} - максимальное индикаторное давление в цилиндре;
- $P_{3\text{max}}$ - максимальное значение силы полезного сопротивления, действующей на звено 3;
- P_3, P_5 - величины постоянных сил полезного сопротивления, действующих на звенья 3 и 5, соответственно.

В некоторых темах силы сопротивления заданы постоянными, а в некоторых они переменны и заданы графиками.

Значения перечисленных величин исходных параметров выбрать из таблиц 1...10 в соответствии с заданной темой и вариантом исходных данных.

Порядок выполнения:

1. Определить силы инерции и момент сил инерции звеньев механизма, для которых построены планы ускорений.
2. Для каждого расчетного положения определить реакции во всех кинематических парах методом планов сил (с учетом сил инерции, веса звеньев, движущих сил или сил полезного сопротивления), а также

уравновешивающую силу и уравновешивающий момент на ведущем звене.

3. Определить уравновешивающую силу и уравновешивающий момент начального звена методом рычага Жуковского и сравнить с данными, полученные методом планов сил.

Третья часть: «Синтез зубчатого механизма эвольвентного зацепления»

Исходные данные:

- z_1 и z_2 - числа зубьев шестерни и колеса;
- m - модуль зацепления.
- Значения величин z_1 , z_2 и m выбрать из таблиц 1...10, в зависимости от темы и варианта исходных данных.
- Дополнительные данные к расчёту, общие для всех заданий:
- $\alpha = 20^\circ$ - угол профиля;
- $h_a = 1$ - коэффициент высоты головки зуба;
- $c^* = 0,25$ - коэффициент радиального зазора;
- $\rho_f = 0,38$ - коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.

Порядок выполнения:

1. Выбрать величины коэффициентов смещения x_1 и x_2 для нарезания шестерни и колеса;
2. Произвести геометрический расчёт зубчатой передачи внешнего эвольвентного зацепления;
3. Построить картину зацепления, изобразив на каждом колесе по три зуба. Выделить линию зацепления, активную линию зацепления и активные профили зубьев. Масштаб графических построений выбрать так, чтобы общая высота зуба на чертеже была не меньше 30... 40 мм;
4. Определить по данным картины зацепления коэффициент перекрытия зубчатой передачи и сравнить его с результатами аналитического расчёта. Оценить погрешность.

Четвертая часть: «Синтез кулачкового механизма»

Исходные данные:

- Структурная схема кулачкового механизма (рис. 1...10);
- Вид диаграммы $S''(\varphi)$ аналога ускорений на фазах подъёма и опускания
- выходного звена кулачкового механизма (рис. 1...10);
- h_0 – базовое перемещение толкателя;
- $h = h_0 + 0,5N$ - ход толкателя;
- $\varphi_{\text{П}}$, $\varphi_{\text{ВВ}}$ и $\varphi_{\text{О}}$ - фазовые углы кулачка (углы подъёма, верхнего выстоя и опускания толкателя);
- u – величина, делящая ось абсцисс φ диаграмм движения толкателя, на части;

- e , l_{BC} – величина эксцентриситета, и длина коромыслового толкателя;
- ν_D и ν_{DX} - величины допустимых углов давления между роликовым толкателем и кулачком на фазах подъема (рабочего хода) и опускания (холостого хода), соответственно. Если толкатель движется поступательно, то
- $\nu_D = 30^0$ и $\nu_{DX} = 45^0$. Если толкатель совершает вращательное движение, то $\nu_D = 45^0$ и $\nu_{DX} = 60^0$.
- Значения величин h_0 , фазовых углов ϕ_{II} , ϕ_{VV} и ϕ_0 и некоторых других параметров кулачкового механизма выбрать из таблиц 1...10 в соответствии с заданной темой и вариантом исходных данных.

Порядок выполнения:

1. Определить наименьший размер кулачка, исходя из заданного закона движения толкателя по углу поворота кулачка, заданного или выбранного, и длине коромысла (для кулачкового механизма с коромысловым толкателем);
2. Построить теоретический (центральной) профиль кулачка
3. Определить радиус ролика r_p и построить практический (действительный) профиль кулачка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов С.А., Мусатов А.К. и др.; Под ред. К.В. Фролова.– М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.
2. Попов С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин / Под ред. К.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1986. - 295 с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин.– М.: Наука.– 1975.– 640 с.
4. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1990.- 520 с.
5. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин: Учеб. пособие для мех. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 279 с.
6. Озол О.Г. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1984. – 432 с/
7. Попов С.А. Тимофеев Г.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: Учеб. Пособие для втузов/Под ред. К.В. Фролова.- 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1999.
8. Федоров Н.Н. Проектирование и кинематика плоских механизмов: Учеб. пособие. Омск, 2000.
9. Федоров Н.Н. Кинестатика плоских механизмов и динамика машин: Учеб. пособие. Омск, 2001.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Темы курсового проекта

Тема 1. Механизмы обрезающего станка (рис. 1, табл. 1)

На звено 3 при движении его в направлении оси h_3 действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 величина силы P_3 равна нулю. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 величина силы P_5 равна нулю. На рис. 1 через B_0 и B_6 обозначены крайние положения звена 3.

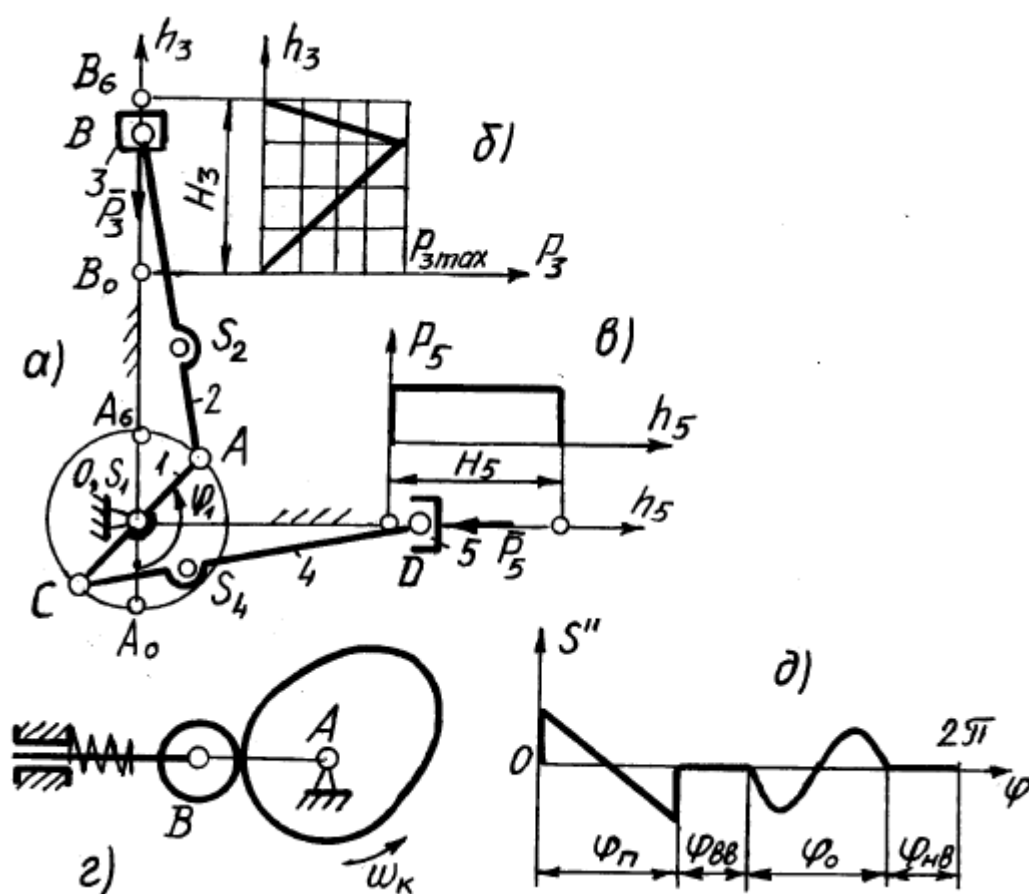


Рисунок 1 - Механизмы обрезающего станка:

- рычажного механизма обрезающего станка;
- и в) диаграммы сил полезного сопротивления, действующих на звенья 3 и 5, соответственно;
- схема кулачкового механизма;
- вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма.

Таблица 1 – Исходные данные механизмов обрезающего станка по рис.1

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
$l_{OA} = l_{OC}$, мм	110	120	130	140	105	116	127	138	149	100
l_{AB} , мм	440	480	520	560	420	464	508	552	596	400
l_{AS_2} , мм	145	160	170	185	140	150	155	175	190	130
l_{CD} , мм	460	500	540	580	440	484	528	572	616	420
l_{CS_4} , мм	150	165	175	190	145	155	160	180	195	135
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	13	11	19	17	15	14	12	10	18	16
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	2,20	2,40	2,60	2,80	2,10	2,32	2,54	2,76	2,98	2,00
m_2 , кг	4,40	4,80	5,20	5,60	4,20	4,64	5,08	5,52	5,96	4,00
$m_3 = m_5$, кг	2,20	2,40	2,60	2,80	2,10	2,32	2,54	2,76	2,98	2,00
m_4 , кг	4,60	5,00	5,40	5,80	4,40	4,84	5,28	5,72	6,16	4,20
J_{S_2} , кг·м ²	$J_{S_2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S_4} , кг·м ²	$J_{S_4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
P_{3max} , кН	1,10	1,20	1,30	1,40	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	1,00
P_5 , кН	0,55	0,60	0,65	0,70	0,52	0,58	0,63	0,69	0,75	0,50
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	60	72	60	72	60	72	60	72	60	72
φ_O , гр.	96	108	120	132	84	108	120	132	84	96
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	23	22	22	22	22	22	24	24	23	23
m , мм	4	4,5	5	6	4	8	4,5	6	8	4

ТЕМА 2. Механизмы двухцилиндрового четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания (рис. 2, табл. 2)

На поршни 3 и 5 действуют силы давления газов P_3 и P_5 в соответствии с циклограммой двигателя, изображённой на рис. 2, в. Индикаторные диаграммы сил давления газов на поршень 3 и поршень 5 одинаковы (рис. 2, б).

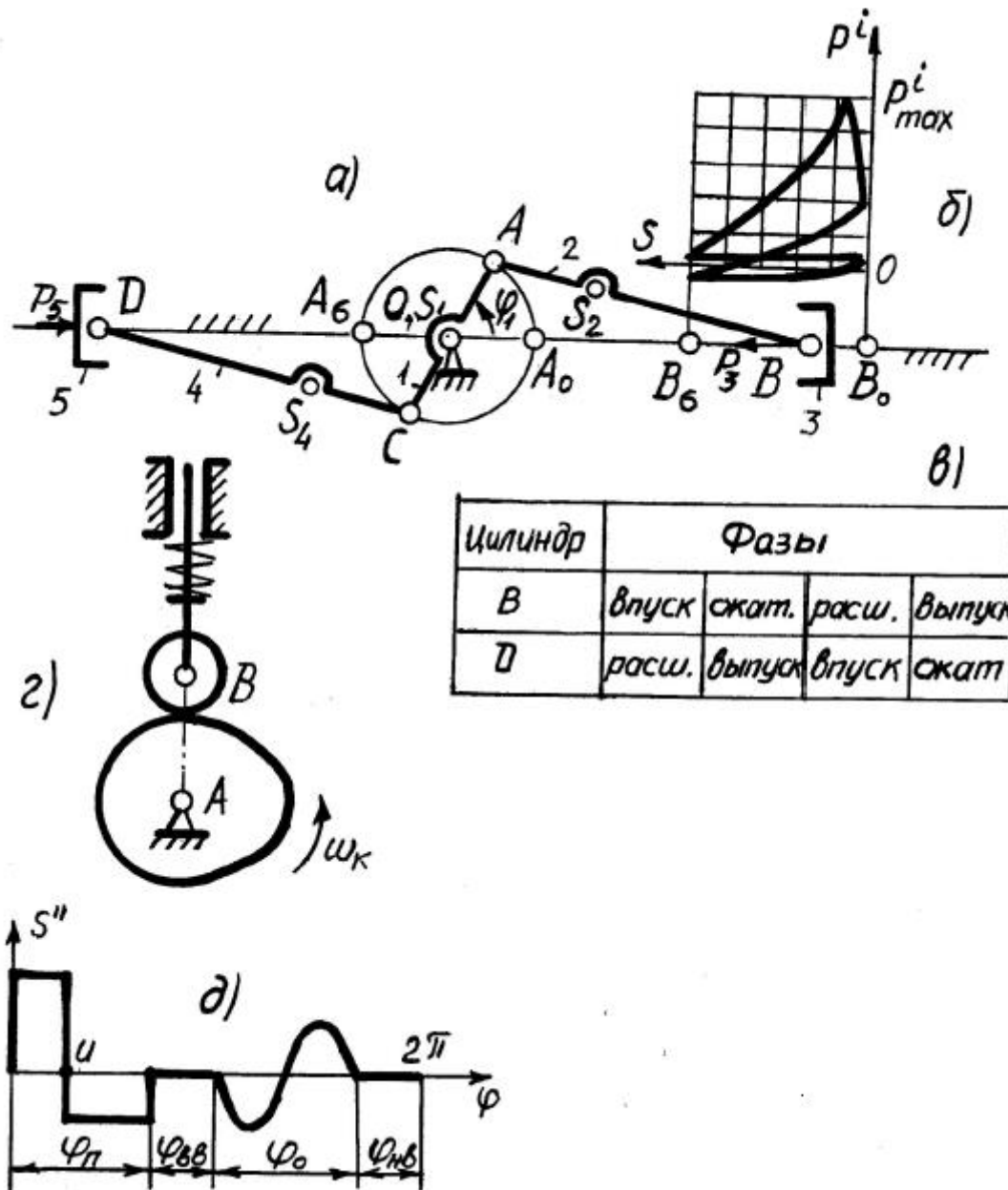


Рисунок 2 - Механизмы двухцилиндрового четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания:

- а) схема рычажного механизма двухцилиндрового четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания; б) индикаторная диаграмма двигателя; в) циклограмма двигателя; г) структурная схема кулачкового механизма; д) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 2 - Исходные данные для исследования механизмов двухцилиндрового четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания по рисунку 2

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
$l_{OA} = l_{OC}$, мм	40	45	50	55	60	40	45	50	55	60
$l_{AB} = l_{CD}$, мм	150	160	180	200	220	160	180	200	220	240
$l_{AS2} = l_{CS4}$, мм	50	55	60	65	75	60	65	70	75	80
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	500	475	450	425	400	525	500	475	450	425
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
$m_2 = m_4$, кг	0,30	0,32	0,36	0,38	0,40	0,34	0,38	0,42	0,44	0,48
$m_3 = m_5$, кг	0,32	0,36	0,40	0,42	0,44	0,38	0,42	0,44	0,46	0,50
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
$d_3 = d_5$, мм	60	65	70	75	80	65	70	75	80	85
P_{max} , МПа	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
u	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
$\varphi_{П}$, гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
$\varphi_{ВВ}$, гр.	72	60	72	60	72	60	72	60	72	60
φ_0 , гр.	108	120	132	84	96	120	132	84	96	108
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	24	23	23	23	23	23	25	25	25	24
m , мм	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6

ТЕМА 3. Механизмы перекидчика хлебопекарной печи (рис. 3, табл. 3)

При движении звена 3 в направлении оси h_3 на него действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 сила P_3 отсутствует. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 сила P_5 отсутствует.

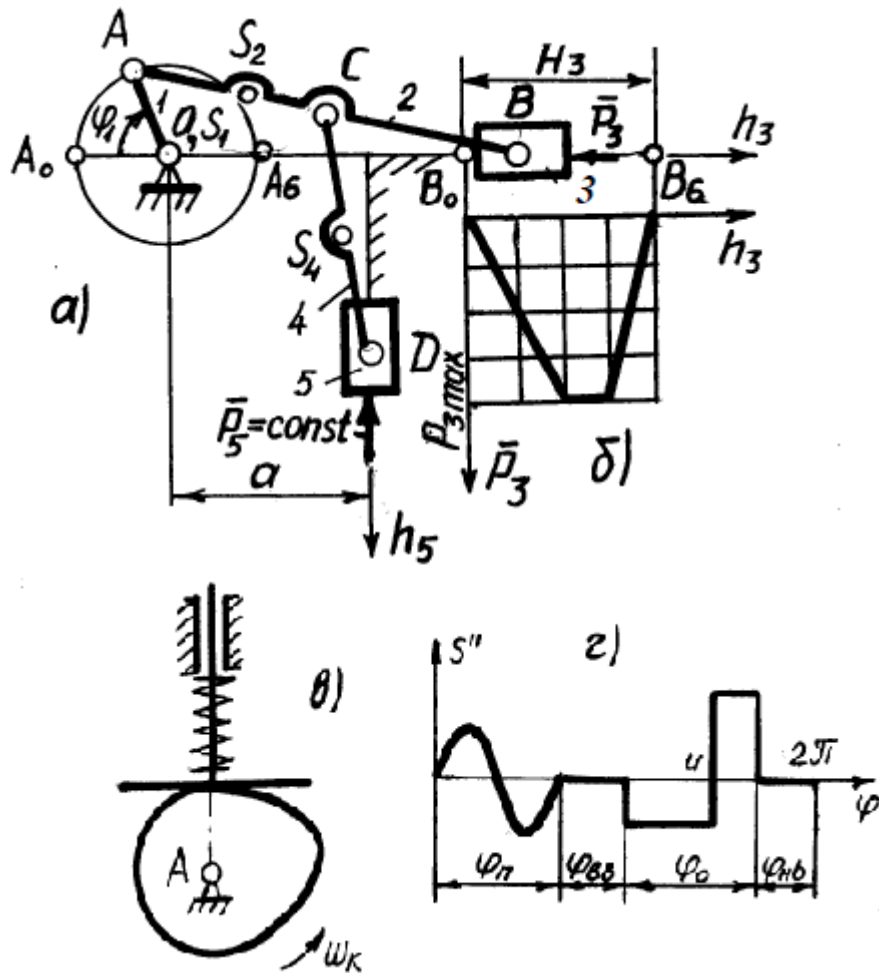


Рисунок 3 - Механизмы перекидчика хлебопекарной печи:

- а) схема рычажного механизма перекидчика;
- б) диаграмма сил полезного сопротивления, действующая на звено 3;
- в) структурная схема кулачкового механизма;
- г) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 3 - Исходные данные для исследования механизмов перекидчика хлебопекарной печи по рисунку 3

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
$l_{OA} = l_{OC}$, мм	110	120	130	140	150	160	170	180	190	100
l_{AB} , мм	510	520	530	540	550	560	570	580	590	500
l_{AC} , мм	255	260	265	270	275	280	285	290	295	250
l_{AS2} , мм	210	215	220	225	230	235	240	245	250	200
a , мм	220	240	260	280	300	320	340	360	380	200
l_{CD} , мм	410	420	430	440	450	460	460	480	490	400
l_{CS4} , мм	205	210	215	220	225	230	235	240	245	200
φ_L , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	43	41	39	37	35	44	42	40	38	36
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	4,0
m_2 , кг	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	15,0
m_3 , кг	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	10,0
m_4 , кг	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	12,0
m_5 , кг	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	7,0
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
P_{3max} , кН	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,50
P_5 , кН	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,40
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
u	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	60	72	60	72	60	72	60	72	60	72
φ_O , гр.	120	132	84	96	108	132	84	96	108	120
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	25	25	24	24	24	24	26	26	26	25
m , мм	4	4,5	5	4	4,5	5	4	4,5	5	4

ТЕМА 4. Механизмы машины для испытания рессор (рис. 4, табл. 4)

При движении звена 3 в направлении оси h_3 на него действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 сила P_3 отсутствует. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 сила P_5 отсутствует.

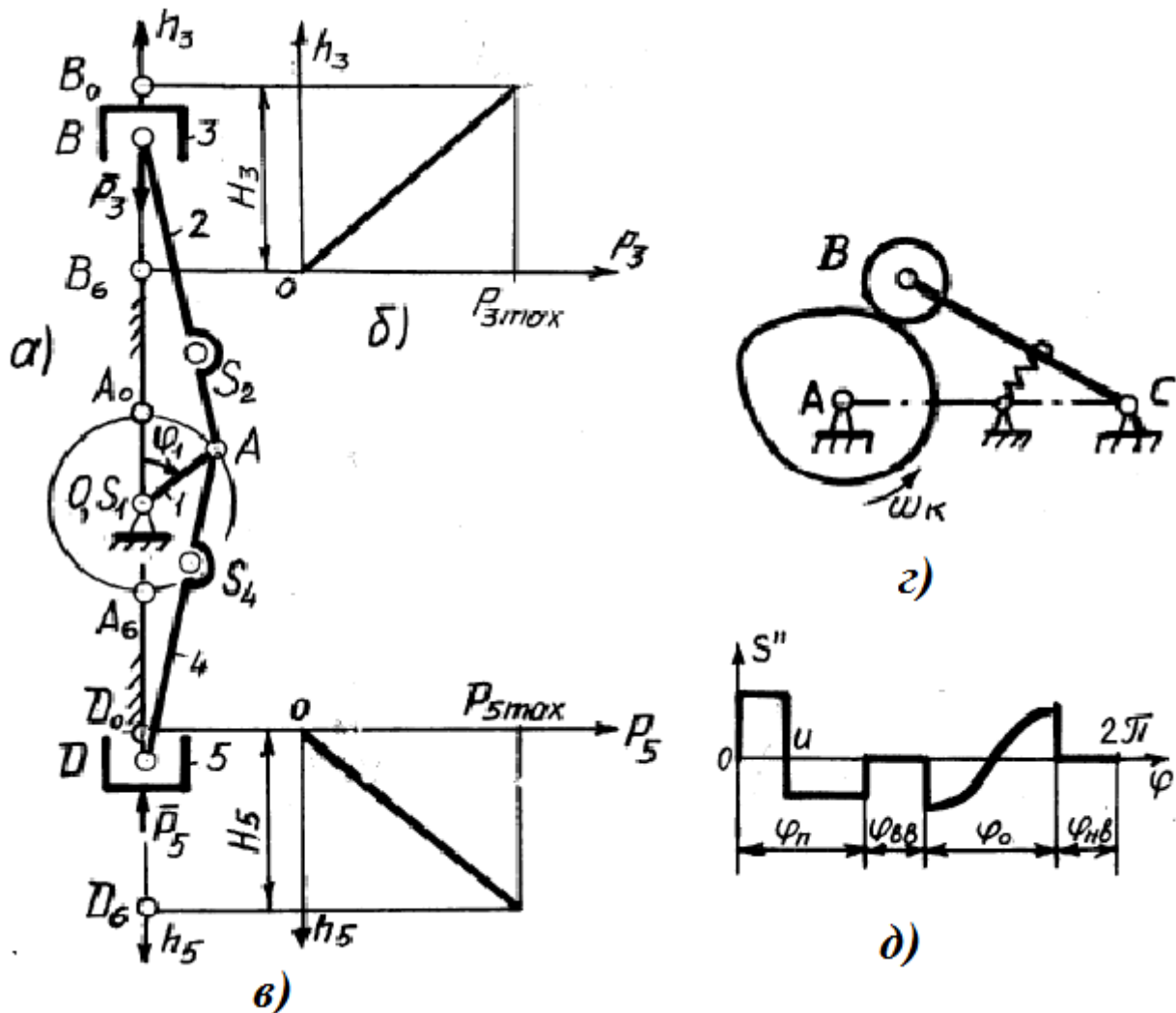


Рисунок 4 - Механизмы машины для испытания рессор:

- а) схема рычажного механизма для испытания рессор;
- б) и в) диаграммы сил полезного сопротивления, действующих на звенья 3 и 5, соответственно;
- г) структурная схема кулачкового механизма;
- д) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 4 - Исходные данные для исследования механизмов машины для испытания рессор по теме 4

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
l_{OA} , мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
$l_{AB} = l_{AD}$, мм	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560
$l_{AS2} = l_{AS4}$ мм	67	80	93	107	120	133	153	160	173	189
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
$m_2 = m_4$, кг	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
$m_3 = m_5$, кг	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{AD}^2$									
P_{3max} , кН	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
P_{5max} , кН	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
l_{BC} , мм	$l_{BC} = 2h$									
u	1/3	2/5	1/3	2/5	1/3	2/5	1/3	2/5	1/3	2/5
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	72	60	72	60	72	60	72	60	72	60
φ_O , гр.	132	84	96	108	120	84	96	108	120	132
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	26	26	25	25	25	25	27	27	27	27
m , мм	5	6	8	10	5	6	8	10	5	6

ТЕМА 5. Механизмы двухтактной двухцилиндровой дизельвоздуходувной установки (рис. 5, табл. 5)

На поршни 3 и 5 действуют силы давления воздуха P_3 и P_5 . Индикаторные диаграммы сил давления воздуха на поршни 3 и 5 одинаковы (рис. 5, б).

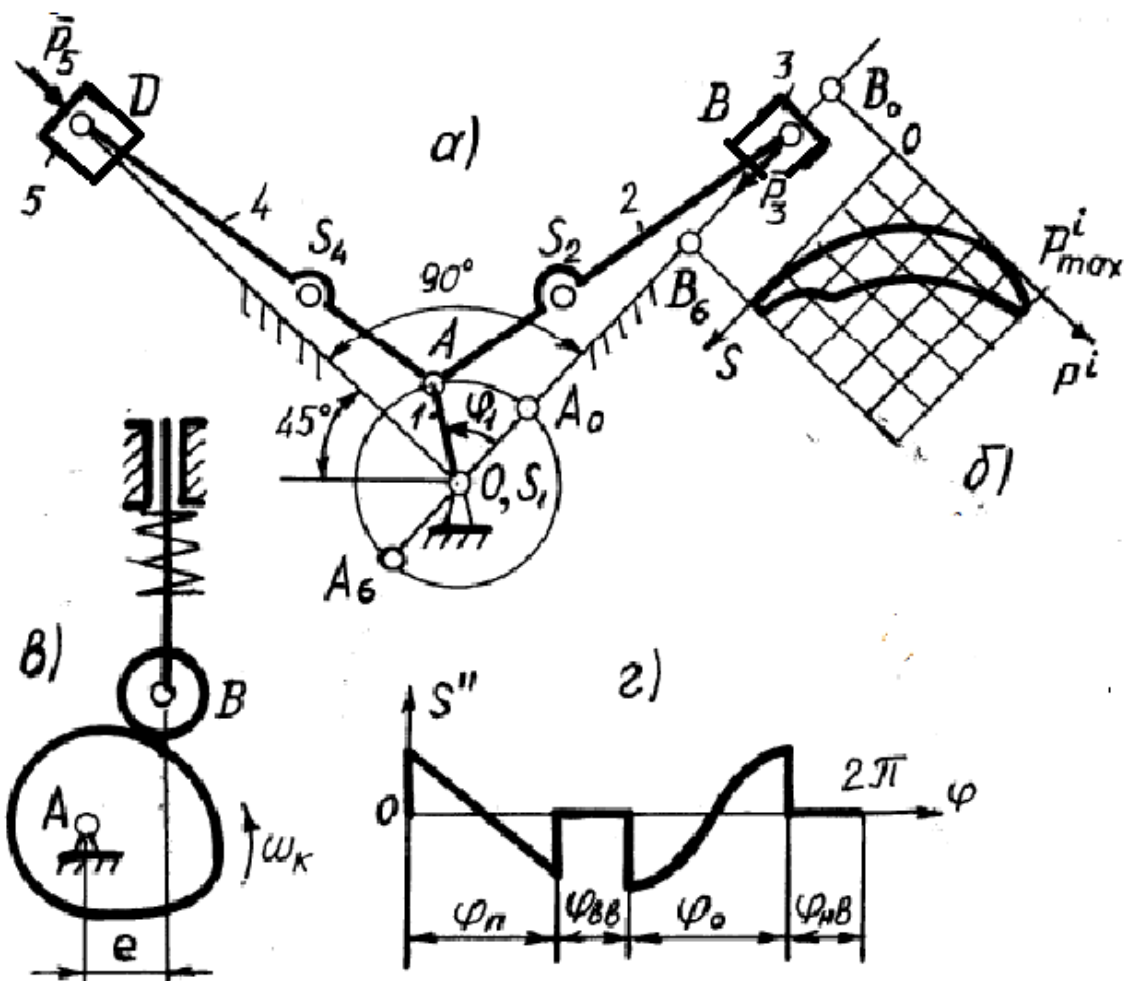


Рисунок 5 - Механизмы двухтактной двухцилиндровой дизель-воздуходувной установки:

- а) схема рычажного механизма дизель-воздуходувной установки;
- б) индикаторная диаграмма сил давления воздуха на поршни 3 и 5;
- в) структурная схема кулачкового механизма;
- г) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 5 - Исходные данные для исследования механизмов двухтактной двухцилиндровой дизель-воздуходувной установки по теме 5

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
l_{OA} , мм	70	75	80	85	90	72	77	82	87	92
$l_{AB} = l_{AD}$, мм	300	310	320	330	340	305	315	325	335	345
$l_{AS2} = l_{AS4}$, мм	100	103	107	110	113	102	105	108	113	115
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	160	150	140	130	120	155	145	135	125	115
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	6,2	7,2	8,2	8,7	9,2
$m_2 = m_4$, кг	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
$m_3 = m_5$, кг	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{AD}^2$									
P_{max} , МПа	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5
$d_3 = d_5$, мм	100	105	110	115	120	110	115	120	125	130
	Параметры кулачкового механизма									
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
e , мм	$e = 0,2h$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	60	72	60	72	60	72	60	72	60	72
φ_O , гр.	84	96	108	120	132	96	108	120	132	84
	Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления									
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	27	27	27	26	26	26	28	28	28	28
m , мм	4	4,5	5	6	4	4,5	5	6	4	4,5

ТЕМА 6. Механизмы вытяжного пресса (рис. 6, табл. 6)

При движении звена 3 в направлении оси h_3 на него действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 сила P_3 отсутствует. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 сила P_5 отсутствует.

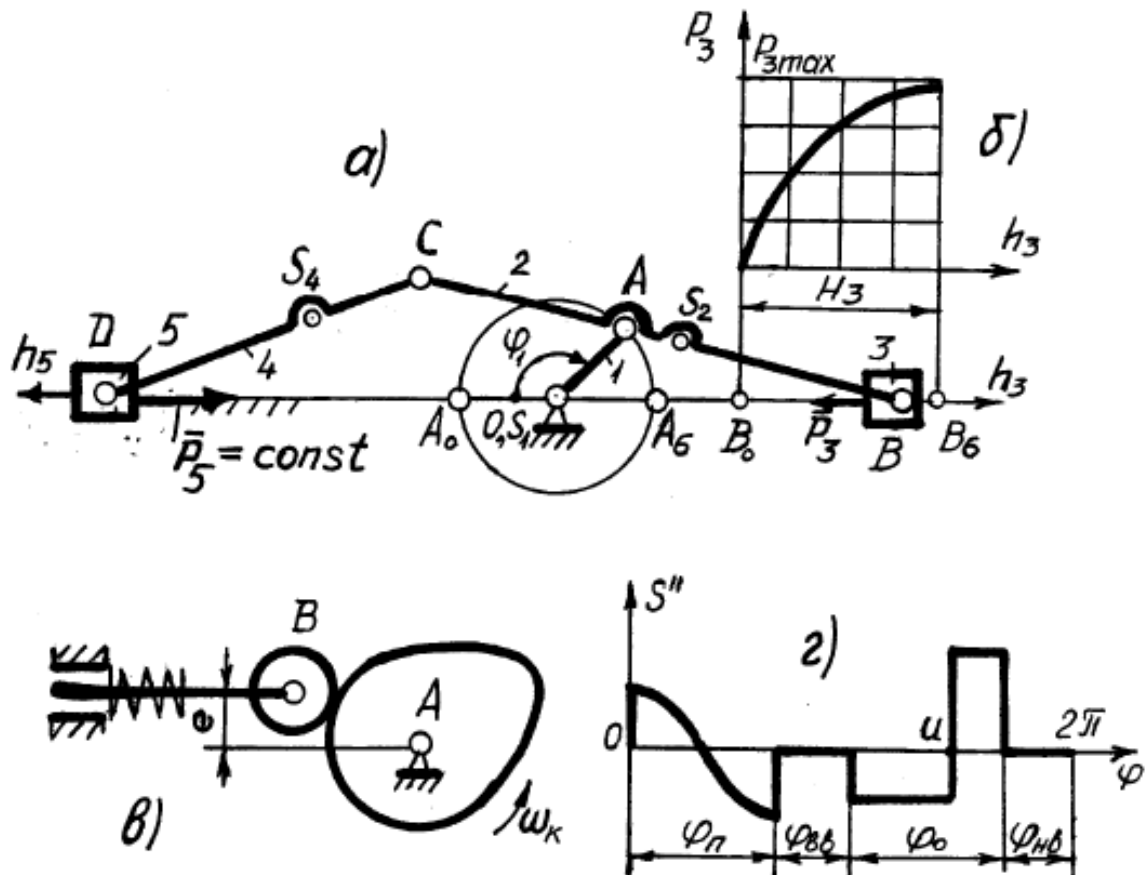


Рисунок 6 - Механизмы вытяжного пресса:

- а) схема рычажного механизмы вытяжного пресса;
- б) диаграмм сил полезного сопротивления, действующих на звено 3;
- в) структурная схема кулачкового механизма;
- г) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 6 - Исходные данные для исследования механизмов вытяжного прессы по теме 6

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
l_{OA} , мм	110	120	130	140	150	160	170	180	190	100
l_{AB} , мм	330	360	390	420	450	480	510	540	570	300
l_{AC} , мм	275	300	325	350	375	400	425	450	475	250
l_{AS2} , мм	110	120	130	140	150	160	170	180	190	100
l_{CD} , мм	385	420	455	490	525	560	595	630	665	350
l_{CS4} , мм	130	140	150	160	170	180	190	200	210	120
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	19	18	17	16	15	14	13	12	11	20
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	11	12	13	14	15	16	17	18	19	10
m_2 , кг	16	17	18	19	20	21	22	23	24	15
m_3 , кг	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	16	7,0
m_4 , кг	9,0	10	11	12	13	14	15	16	17	8,0
m_5 , кг	7,0	8,0	9,0	10	11	12	13	14	15	6,0
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{CB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
P_{3max} , кН	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	1,0
P_5 , кН	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	0,5
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
e , мм	$e = 0,2h$									
u	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5	2/3	3/5
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	72	60	72	60	72	60	72	60	72	60
φ_O , гр.	96	108	120	132	84	108	120	132	84	96
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	28	28	28	27	27	27	29	29	29	29
m , мм	6	8	10	6	8	10	5	6	8	10

ТЕМА 7. Механизмы заклёпочного пресса (рис. 7, табл. 7)

При движении звена 3 в направлении оси h_3 на него действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 сила P_3 отсутствует. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 сила P_5 отсутствует.

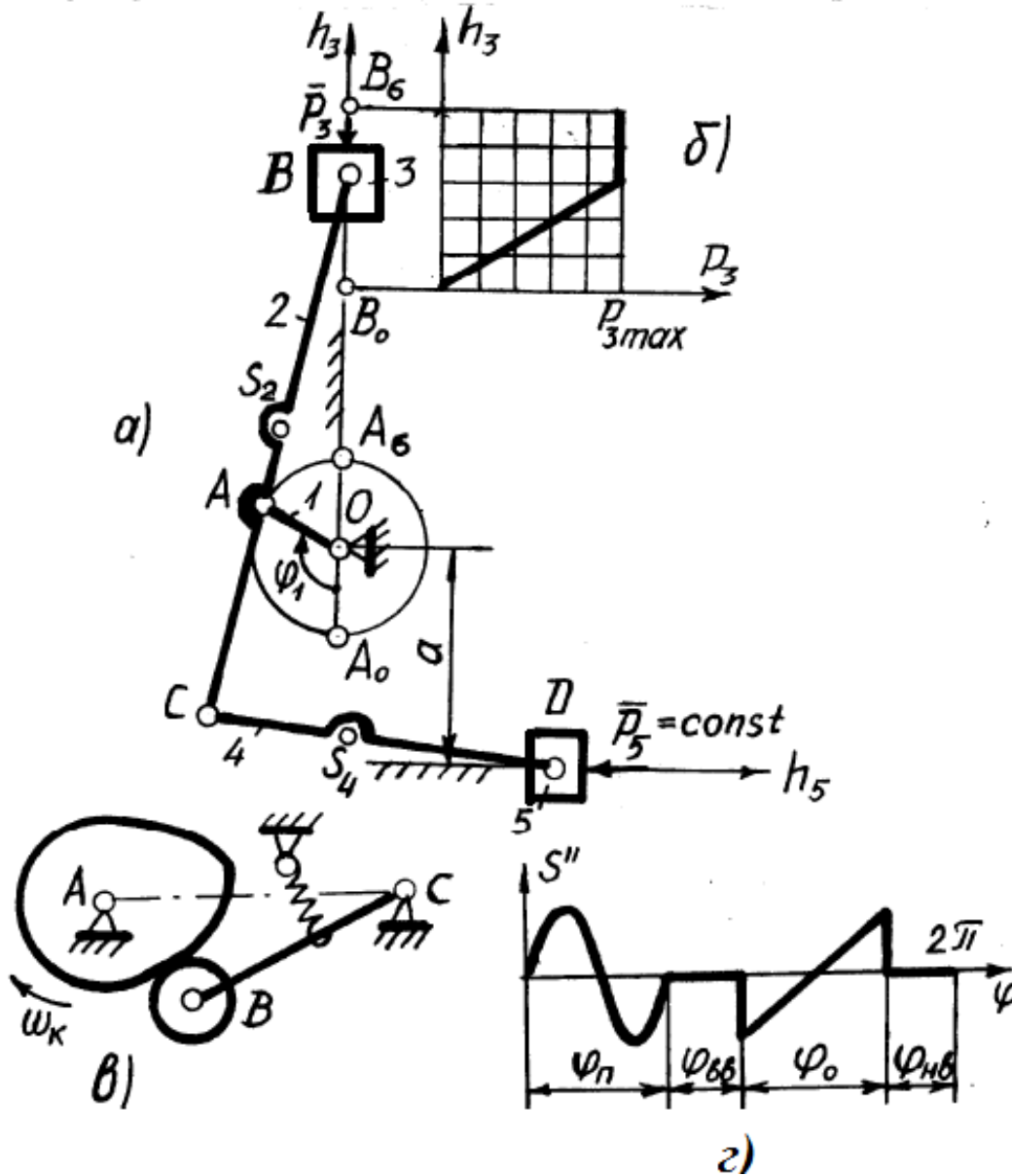


Рисунок 7 - Механизмы заклёпочного пресса:

- а) схема рычажного механизма заклёпочного пресса;
- б) диаграмма сил полезного сопротивления, действующих на звено 3;
- в) структурная схема кулачкового механизма;
- г) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 7 - Исходные данные для исследования механизмов заклёпочного прессы по теме 7

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
a , мм	100	120	140	160	180	110	130	150	170	190
l_{OA} , мм	50	60	70	80	90	55	65	75	85	95
l_{AB} , мм	150	180	210	240	270	165	195	225	255	285
l_{AS2} , мм	25	30	35	40	45	27	32	37	42	47
l_{AC} , мм	100	120	140	160	180	110	130	150	170	190
l_{CD} , мм	200	240	280	320	360	220	260	300	340	380
l_{CS4} , мм	67	80	93	107	120	73	87	100	113	127
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	43	41	39	37	35	44	42	40	38	36
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	5,2	5,8	6,2	6,8	7,2
m_2 , кг	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	7,2	7,8	8,2	8,8	9,2
m_3 , кг	6,0	7,0	8,0	9,0	10	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
m_4 , кг	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
m_5 , кг	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	5,2	5,8	6,2	6,8	7,2
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{CB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
P_{3max} , кН	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
P_5 , кН	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Параметры кулачкового механизма										
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
l_{BC} , мм	$l_{BC} = 2h$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	60	72	60	72	60	72	60	72	60	72
φ_O , гр.	108	120	132	84	96	120	132	84	96	108
Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления										
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	29	29	29	29	28	28	31	30	30	30
m , мм	4	4,5	5	6	4	4,5	5	6	4	4,5

ТЕМА 8. Механизмы V-образного двигателя внутреннего сгорания (рис. 8, табл. 8)

На поршни 3 и 5 действуют силы давления газов P_3 и P_5 в соответствии с циклограммой двигателя, изображённой на рис. 8, в). Индикаторные диаграммы сил давления газов на поршни 3 и 5 одинаковы (рис. 8, б).

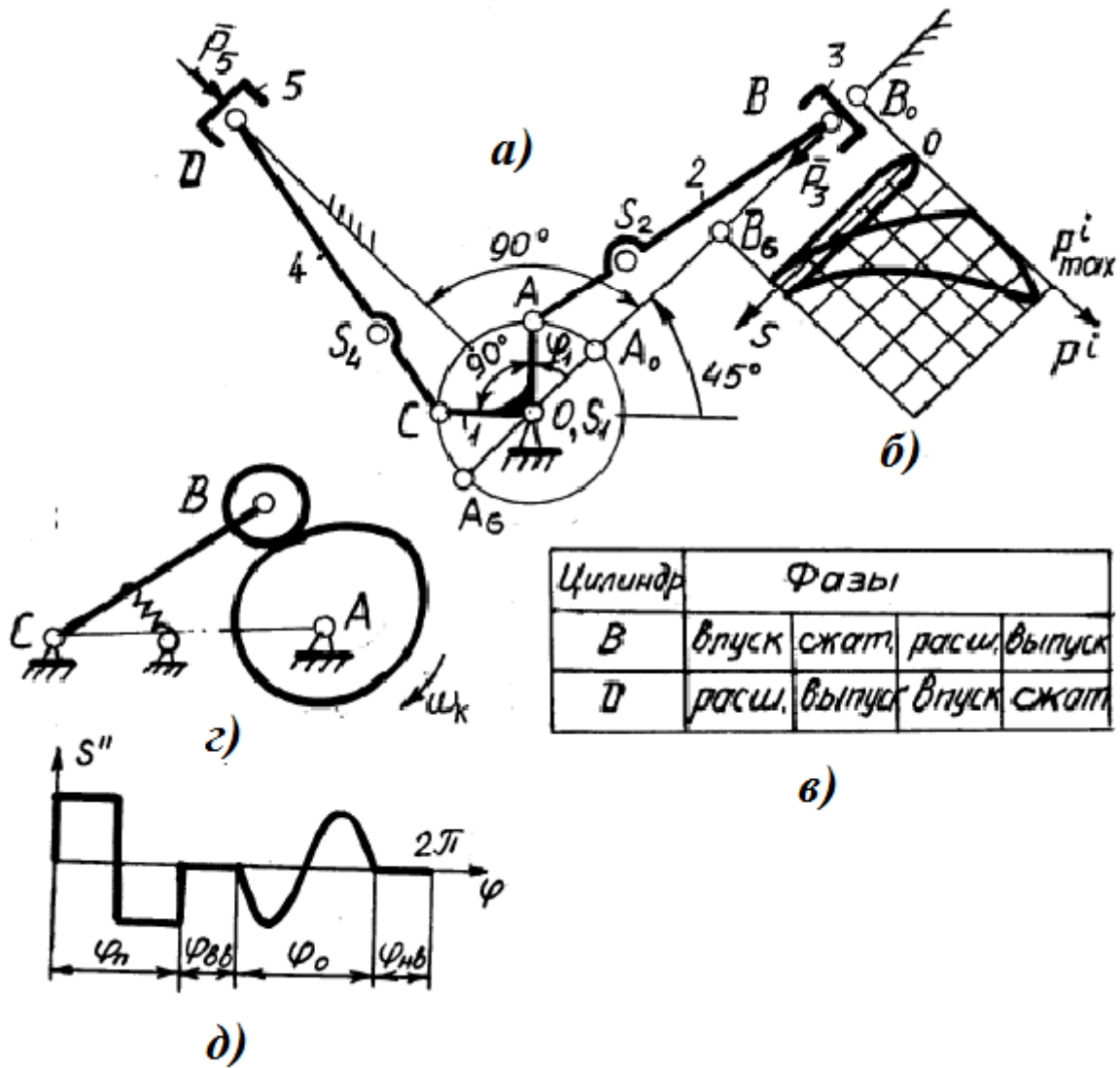


Рисунок 8 - Механизмы V-образного двигателя внутреннего сгорания:
 а) схема рычажного механизма V-образного двигателя внутреннего сгорания;
 б) индикаторная диаграмма сил давления газов на поршни 3 и 5;
 в) циклограмма двигателя;
 г) структурная схема кулачкового механизма;
 д) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 8 - Исходные данные для исследования механизмов V-образного двигателя внутреннего сгорания по теме 8

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
$l_{OA} = l_{OC}$, мм	70	75	80	85	90	70	75	80	85	90
$l_{AB} = l_{CD}$, мм	210	225	240	255	270	230	255	260	275	295
$l_{AS2} = l_{CS4}$, мм	75	80	85	90	95	85	90	95	100	105
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	230	220	210	200	190	225	215	205	195	185
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	10	11	12	13	14	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5
$m_2 = m_4$, кг	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5
$m_3 = m_5$, кг	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$J_{S2} = J_{S4}$, кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
P^1_{max} , МПа	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
$d_3 = d_5$, мм	100	105	110	115	120	105	110	115	120	125
	Параметры кулачкового механизма									
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
l_{BC} , мм	$l_{BC} = 2h$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	72	60	72	60	72	60	72	60	72	60
φ_O , гр.	120	132	84	96	108	132	84	96	108	120
	Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления									
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	30	30	30	30	29	29	32	31	31	31
m , мм	6	8	10	5	6	8	10	5	6	8

ТЕМА 9. Механизмы горизонтально-ковочной машины (рис.9, табл. 9)

При движении звена 3 в направлении оси h_3 на него действует сила полезного сопротивления P_3 . При обратном движении звена 3 сила P_3 отсутствует. На звено 5 при движении его в направлении оси h_5 действует сила P_5 . При обратном движении звена 5 сила P_5 отсутствует.

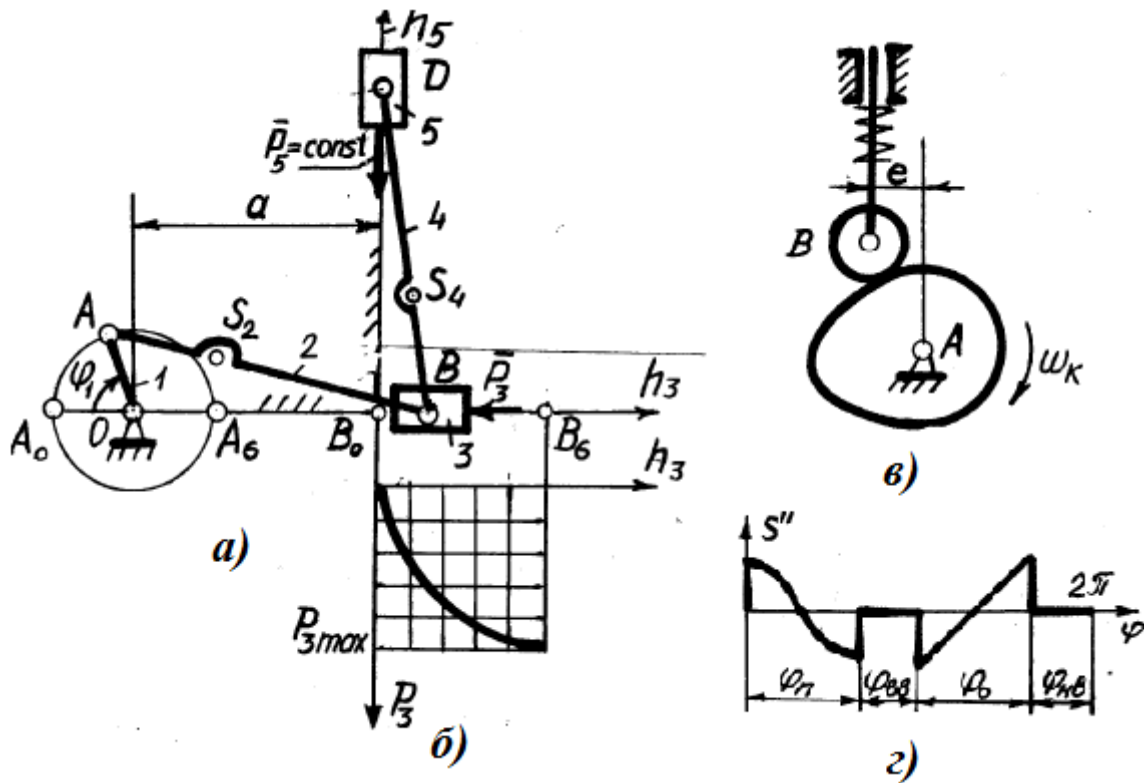


Рисунок 9 - Механизмы горизонтально-ковочной машины:

- а) схема рычажного механизма горизонтально-ковочной машины;
- б) диаграммы сил полезного сопротивления, действующих на звено 3;
- в) структурная схема кулачкового механизма;
- г) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 9 - Исходные данные для исследования механизмов горизонтально-ковочной машины по теме 9

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
l_{OA} , мм	80	100	120	140	160	90	110	130	150	170
a , мм	220	250	280	310	340	270	330	370	450	480
l_{AB} , мм	300	350	400	420	500	360	440	520	600	650
l_{AS_2} , мм	100	117	133	140	167	120	147	173	200	217
l_{BD} , мм	320	370	420	440	520	380	460	520	620	670
l_{BS_4} , мм	107	123	140	147	173	127	153	173	207	223
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	50	45	40	35	30	52	47	42	37	32
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	8,0	10	12	14	16	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5
m_2 , кг	18	20	22	24	26	17	19	21	23	25
m_3 , кг	20	23	26	29	32	21	24	27	30	33
m_4 , кг	10	14	18	22	26	12	16	20	24	28
m_5 , кг	8,0	10	12	14	16	8,5	10,5	12,5	14,5	16,5
J_{S_2} , кг·м ²	$J_{S_2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S_4} , кг·м ²	$J_{S_4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{BD}^2$									
P_{3max} , кН	10	11	12	13	14	11	12	13	14	15
P_5 , кН	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
	Параметры кулачкового механизма									
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
e , мм	$e = 0,2h$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	60	72	60	72	60	72	60	72	60	72
φ_0 , гр.	132	84	96	108	120	84	96	108	120	132
	Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления									
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	31	31	31	31	31	30	33	32	32	32
m , мм	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

ТЕМА 10. Механизмы трактора (рис.10, табл. 10)

На поршни 3 и 5 действуют силы давления газов P_3 и P_5 в соответствии с циклограммой двигателя, изображённой на рис. 10, в. Индикаторные диаграммы сил давления газов на поршень 3 и поршень 5 одинаковы (рис. 10, б).

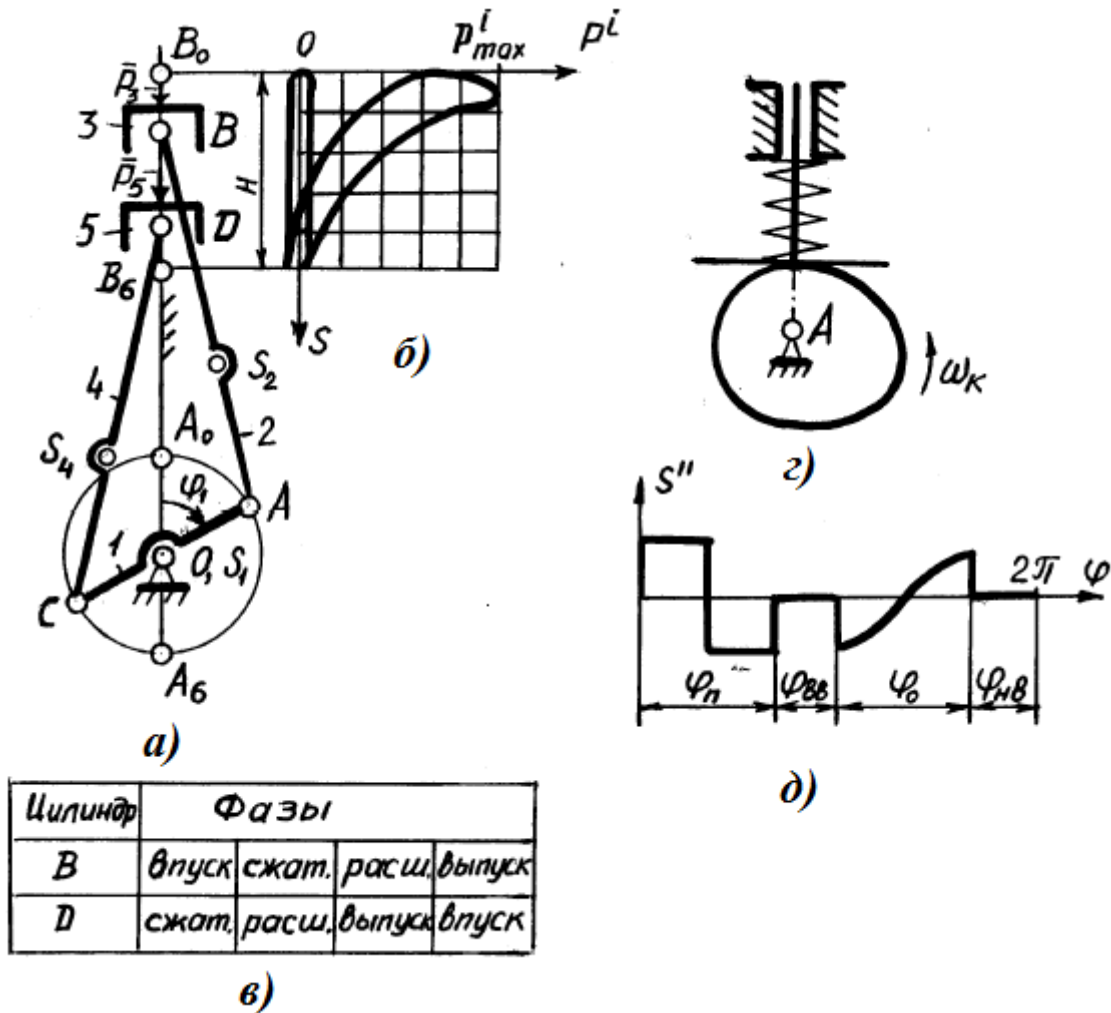


Рисунок 10 - Механизмы трактора:

- а) схема рычажного механизма двигателя внутреннего сгорания;
- б) индикаторная диаграмма двигателя;
- в) циклограмма двигателя;
- г) структурная схема кулачкового механизма;
- д) вид диаграммы аналога ускорений толкателя кулачкового механизма

Таблица 10 - Исходные данные для исследования механизмов трактора по теме 10

Параметры механизмов	Варианты числовых значений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Параметры рычажного механизма									
$l_{OA} = l_{OC}$, мм	60	65	70	75	80	62	68	72	78	82
$l_{AB} = l_{CD}$, мм	240	260	280	300	320	270	290	310	320	330
$l_{AS2} = l_{CS4}$, мм	80	85	90	95	100	85	90	95	100	105
φ_1 , гр.	30	45	60	120	135	150	210	240	300	330
ω_0 , рад/с	140	135	130	125	120	134	132	130	128	126
ω_1 , рад/с	$\omega_1 = \omega_0 + 0,5N$									
m_1 , кг	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	5,2	5,7	6,2	6,8	7,2
$m_2 = m_4$, кг	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	3,4	3,8	4,2	4,8	5,2
$m_3 = m_5$, кг	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	3,2	3,9	4,1	4,6	5,2
$d_3 = d_5$, мм	80	85	90	95	100	82	88	92	98	102
J_{S2} , кг·м ²	$J_{S2} = 0,17 \cdot m_2 \cdot l_{AB}^2$									
J_{S4} , кг·м ²	$J_{S4} = 0,17 \cdot m_4 \cdot l_{CD}^2$									
P^i_{max} , кН	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,25	2,35	2,45	2,55	2,65
	Параметры кулачкового механизма									
h_0 , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
h , мм	$h = h_0 + 0,5N$									
φ_{II} , гр.	84	96	108	120	132	84	96	108	120	132
φ_{BB} , гр.	72	60	72	60	72	60	72	60	72	60
φ_O , гр.	84	96	108	120	132	96	108	120	132	84
	Параметры зубчатой пары колёс внешнего зацепления									
z_1	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13
z_2	32	32	2	32	32	31	34	34	33	33
m , мм	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8