

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Механика композиционных материалов и конструкций»

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ,
ОФОРМЛЕНИЮ И ЗАЩИТЕ
КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Методические указания

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2017

Составители: проф. Е.В. Поезжаева, ст. преподаватель В.С. Кокшаров

УДК 621.01(072.8)

Т33

Рецензент

д-р физ.-мат. наук, профессор *А.А. Паньков*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Т33 **Теория механизмов и машин. Общие требования к выполнению, оформлению и защите курсовой работы : метод. указания / сост. В.С. Кокшаров, Е.В. Поезжаева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 36 с.**

Приведены рекомендации к выполнению, оформлению и защите курсовой работы по теории механизмов и машин. Приведены список рекомендуемой литературы, примеры выполнения чертежей.

Предназначено для студентов бакалавриата и специалитета, обучающихся по направлениям 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 17.05.02 «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов», 24.05.02 «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок».

УДК 621.01(072.8)

© ПНИПУ, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Рационально спроектированная машина должна удовлетворять социальным требованиям безопасности обслуживания и создания наилучших условий для обслуживающего персонала, а также эксплуатационным, экономическим, технологическим и производственным требованиям.

Поэтому необходимо изучить основные положения теории машин и общие методы кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов, а также приобрести навыки в применении этих методов к исследованию и проектированию кинематических схем механизмов и машин различных типов.

Курсовая работа содержит задачи по исследованию и проектированию машин, состоящих из сложных и простых в структурном отношении механизмов (шарнирно-рычажных, кулачковых, зубчатых и др.). Курсовая работа способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, а также применению этих знаний к комплексному решению конкретной инженерной задачи по исследованию и расчету механизмов и машин; оно развивает у студента творческую инициативу и самостоятельность, повышает его интерес к изучению дисциплины и прививает некоторые навыки научно-исследовательской работы.

Первая задача, требующая самостоятельного разрешения, состоит в подборе недостающих параметров по некоторым наперед заданным условиям, вытекающим из требований технологического процесса либо из других рациональных условий (повышения износоустойчивости, уменьшения размеров, времени холостого хода и т.п.). Так, например, при синтезе кинематической схемы рабочей машины или двигателя требуется по заданному коэффициенту изменения скорости хода машины или по заданному значению угловой скорости ведущего звена, а также по другим данным определить недостающие основные размеры и т.д. В состав большинства заданий входят, кроме шарнирно-рычажных механизмов, также кулачковые и трансмиссионные механизмы – приводы, предназначенные для передачи движения к исполнительным органам.

Вопросы синтеза и анализа привода связаны с вопросами геометрического синтеза зубчатого зацепления (геометрия и кинематика зубчатых передач).

Определение основных элементов зацепления приведено для нормального и для исправленного эвольвентного зацепления. Расчет исправленной передачи необходим не только для устранения подрезания и заострения зуба, но и для улучшения эксплуатационных качеств эвольвентного зацепления.

В современных машинах и приборах широкое применение получили также кулачковые механизмы. При проектировании рабочего профиля кулачка по заданной схеме кулачкового механизма исходят из технологических, динамических и других требований, предъявляемых к машине.

При проектировании кулачкового механизма, кроме задачи профилирования кулачка, обеспечивающего воспроизведение заданного закона движения, приходится определять еще и рациональные размеры механизма. Выбор этих размеров, т.е. определение области возможного расположения центра вращения кулачка, обуславливается не только конструктивными соображениями, но и предельными значениями заданного угла передачи, при которых создаются благоприятные условия работы проектируемого кулачкового механизма. Для оценки работы механизма и проверки отдельных его параметров спроектированный кулачковый механизм должен быть подвергнут анализу с целью установления динамических свойств, а также степени точности и правильности воспроизведения им заданного закона движения.

Прежде чем приступить к дальнейшей задаче – кинематическому анализу шарнирно-рычажного механизма, необходимо произвести его структурный анализ, т.е. выяснить характер кинематических пар, подсчитать число их и число подвижных звеньев и определить описываемые точками этих звеньев траектории. В результате этого анализа после отбрасывания всех цепей наслоения должен получиться механизм 1-го класса, содержащий неподвижное и начальное звено, закон движения которого задан в предположении однократной степени подвижности механизма.

Структурный анализ дает возможность определить порядок и методы кинематического исследования. Задачи кинематики комплексно связаны с задачами кинестатики. Произведенный структурный анализ позволяет решить задачу кинестатического расчета исследования, т.е. начиная расчет с последней, считая от ведущего звена, группы Ассур и кончая ведущим звеном.

Кинестатический расчет дает возможность определить реакции в кинематических парах, уравновешивающий момент или уравновешивающую силу на ведущем звене и усилия, действующие на отдельные звенья механизма. Эти усилия необходимы при расчете звеньев на прочность и определении их рациональных конструктивных форм.

Динамический анализ должен заканчиваться определением мощности двигателя, если проектируется рабочая машина. В некоторых случаях для спроектированной машины вместо момента инерции маховика целесообразно определить коэффициент неравномерности движения механизма.

В процессе выполнения курсовой работы составление объяснительной записки по каждому разделу должно предшествовать оформлению графической части работы. В начале объяснительной записки на основе исходных данных составляется план проведения анализа расчета механизмов и необходимых графических построений.

При защите курсовой работы студент должен дать исчерпывающие объяснения по всем вопросам, связанным с анализом и расчетом проектного задания. В ответах на задаваемые вопросы студент должен показать, что он овладел методами исследования механизмов и приемами графических построений.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Пояснительная записка выполняется на писчей бумаге формата А4. Записи делаются на одной или двух сторонах листа. С правой и левой сторон листа оставляются поля размером 15–25 мм.

2. Титульный лист пояснительной записки оформляется согласно приложению А. За титульным листом следует оглавление (содержание).

3. Вычислениям должны предшествовать расчетные выражения в буквенном виде с указанием значений входящих в них букв. В формулы подставляются все величины в числах с соответствующими размерностями, и после этого записывается окончательный результат.

4. Пояснительная записка должна иметь введение и оглавление с указанием страниц. В конце записки приводится список использованной литературы.

5. Таблицы, приводимые в записке, должны иметь название и номер.

6. Графическая часть работы выполняется карандашом на 5 листах ватмана с обязательным соблюдением ГОСТов и ЕСКД.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

2.1. Структурный, кинематический и силовой анализы кривошипно-ползунного механизма (выполнить на формате А2)

Провести структурный анализ механизма, представить его в пояснительной записке.

Построить схему механизма в масштабе μl и выбрать расчетное положение на рабочем ходу двигателя.

Определить скорости и ускорения характерных точек механизма, построив планы скоростей и ускорений; вычислить угловую скорость и угловое ускорение шатуна.

Провести силовой расчет механизма построением планов сил, определить реакции в кинематических парах и уравновешивающий момент на кривошипе.

Составить систему уравнений для графоаналитического и аналитического расчетов кинематики и кинетостатики механизма, изучить идентификаторы и программу расчетов на ЭВМ.

Провести кинематический, силовой расчеты и выполнить расчет маховика на ЭВМ для 12 положений.

Сравнить результаты графоаналитического и аналитического расчетов, сделать выводы.

2.2. Расчет маховика (выполнить на формате А2)

1. Построить график изменения приведенного момента движущих сил (сил сопротивления) в функции угла поворота кривошипа $M_D^H = f(\varphi)$, ($M_C^H = f(\varphi)$) по данным силового расчета механизма.

2. Методом графического интегрирования графика приведенного момента сил построить график работы движущих сил (сил сопротивления).

3. Построить график приращения кинетической энергии (избыточных работ) по углу поворота кривошипа.

4. Определить приведенные к кривошипу моменты инерции звеньев для 12 положений механизма и построить график $J_H = f(\varphi)$.

5. Построить диаграмму приращения кинетической энергии в функции приведенного момента инерции $\Delta T = f(J_H)$ (диаграмму энергомоментов). По этой диаграмме определить момент инерции маховика, который должен быть закреплен на валу кривошипа для обеспечения заданной неравномерности хода машины δ .

6. Определить основные размеры маховика и начертить его эскиз.

2.3. Проектирование зубчатой передачи (выполнить на формате А2)

1. Рассчитать и построить зацепление исправленных цилиндрических зубчатых колес z_1 и z_2 . Использовать неравносмещенное зацепление зубчатых колес.

2. Построить рабочие участки профиля, дугу зацепления и определить коэффициент перекрытия аналитически и графоаналитически. Рассчитать и построить эпюры относительных скольжений рабочих профилей зубьев.

2.4. Проектирование кулачкового механизма (выполнить на формате А2)

1. Построить в одном масштабе $\mu_S = \mu_{dS/d\varphi}$ зависимости $S = f(\varphi)$, $dS/d\varphi = f(\varphi)$ и зависимость $d^2S/d\varphi^2 = f(\varphi)$ по заданному закону движения ведомого звена.

2. Определить минимальный радиус кулачка по диаграмме $S = f(dS/d\varphi)$. Построить диаграмму угла передачи движения.

3. Построить центровой (теоретический) и рабочий (практический) профили кулачка, выбрав радиус ролика.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ПО РАЗДЕЛАМ

3.1. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Структурный и кинематический анализ механизма»

Сначала приводятся исходные данные по этому разделу. Пояснительная записка по разделу должна иметь следующие подразделы:

- структурный анализ;
- описание нахождения крайнего положения механизма в начале рабочего хода. Выбор расчетных положений механизма. Расчет масштаба μl (м/мм) выбрать таким образом, чтобы длина кривошипа на чертеже была бы не менее 50–40 мм.

Кинематическое исследование механизма провести методом планов скоростей и ускорений:

- определить скорости и ускорения ведущего звена; рассчитать масштабы μa и μV ; привести векторные уравнения для определения скоростей и ускорений характерных точек и звеньев механизма;
- рассчитать промежуточные скорости и ускорения звеньев, необходимые для построения планов;
- описать построение годографов скорости и ускорения центра масс шатуна, используя результаты расчетов на ЭВМ. Выбрать масштаб построения μa и μV ,
- описать построение графиков перемещения, скорости и ускорения поршня, используя результаты расчетов на ЭВМ. Графики выполнить в масштабах μa , μV , μS , $\mu \varphi$.

Определить процент ошибки значений величин, полученных методом планов и на ЭВМ по формуле, например, для скорости ползуна

$$\bar{\eta} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}} \cdot 100\%,$$

где V_{\max} – максимальное значение скорости ползуна, полученное по одному из методов; V_{\min} – минимальное значение скорости ползуна, полученное по одному из методов.

Полученные значения занести в таблицу 1.

Таблица 1

Определение погрешности расчетов при кинематическом анализе

Методы исследования	$V_{S_2}, \text{мс}^{-1}$	$a_{S_2}, \text{мс}^{-2}$	$\omega_2, \text{с}^{-1}$	$\varepsilon_2, \text{с}^{-2}$	$V_{S_3}, \text{мс}^{-1}$	$a_{S_3}, \text{мс}^{-2}$
Аналитический						
Графоаналитический						
Процент ошибки (η)						

3.2. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Силовой расчет механизма»

В пояснительной записке следует привести:

1. Исходные данные.
2. Цель силового расчета.
3. Порядок силового расчета.

4. Определение по исходным данным силы полезного сопротивления или движущей силы в зависимости от типа механизма для рассматриваемого положения.

5. Определение сил инерции и моментов от сил инерции.

6. Определение реакций в кинематических парах группы Ассур, расчет масштаба μF н/мм.

7. Расчет ведущего звена.

8. Определение уравновешивающей силы или уравновешивающего момента.

9. Определение мощности двигателя по уравновешивающей силе для рассматриваемого положения механизма, приняв при этом $\eta = 0.85 - 0.87$.

10. Распечатка силового расчета (прикладывается в записке).

11. Определение % ошибки значений величин, полученных графоаналитическим методом и на ЭВМ по формуле, приведенной в кинематическом анализе.

Таблица 2

Определение погрешности расчетов при силовом расчете

Методы исследования	Сравниваемые значения			
	$R_{01}, Н$	$R_{12}, Н$	$R_{03}, Н$	$R_{23}, Н$
Аналитический				
Графоаналитический				
Процент ошибки (η)				

3.3. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Расчет маховика»

В пояснительной записке необходимо:

1. Привести исходные данные.

2. Приложить распечатку динамического расчета на ЭВМ.

3. Описать порядок построения графиков приведенных моментов сил с указанием исходной формулы приведенного момента сил сопротивления (движущих). Привести расчеты масштабов μM_n (Нм/мм) и $\mu \varphi$ (рад/мм).

4. Описать порядок построения графика зависимости работ сил сопротивления A_C от угла φ путем графического интегрирования графика $M_n = f(\varphi)$. Привести расчет масштаба μA (Дж/мм).

5. Объяснить построение графика зависимости работы сил движущих A_d от угла φ . Описать порядок построения диаграммы приращения кинетической энергии машины $\Delta T = f(\varphi)$.

6. Описать порядок построения графика приведенных моментов инерции звеньев механизма J_n . Привести расчет масштаба μJ_n (кгм²/мм).

7. Описать порядок построения зависимости $\Delta T = f(J_n)$, где $\Delta T = A_d - A_c$ (способ Виттенбауэра).

8. Произвести расчет момента инерции маховика.

9. Выбрать конструкцию маховика и определить его размеры и массу.

10. Определить линейную скорость маховика на ободе, сравнить ее с допустимой, выбрать материал маховика.

11. Определить погрешность расчетов момента инерции маховика J_n по способу Виттенбауэра и расчетом на ЭВМ в %.

3.4. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления»

В пояснительной записке следует привести:

1. Исходные данные.

2. Расчет геометрических параметров неравносмещенного эвольвентного зубчатого зацепления:

а) выбор коэффициентов сдвига x_1 и x_2 , определение угла зацепления α_w , коэффициента отклонения межосевого расстояния u и уравнительного смещения Δu с указанием № таблиц, ссылкой на соответствующую литературу, по которой выбирались коэффициенты;

б) расчет размеров зубчатых колес, необходимых для вычерчивания рабочего зацепления, масштаб μl (м/мм) надо выбрать так, чтобы полная высота зуба на чертеже была бы 30–60 мм;

в) описать построение рабочей части профиля зубьев, дуги зацепления.

3. Расчет коэффициентов удельного скольжения и описание построения диаграммы удельного скольжения, расчет масштаба коэффициентов удельного скольжения μV (1/мм).

4. Расчет коэффициента перекрытия ε . Расчет произвести двумя методами: теоретическим и практическим, полученным после построения рабочего зацепления колес, и определить процент ошибки.

Примечание: расчеты можно проводить с помощью ЭВМ, результаты представить в виде таблицы параметров зубчатых колес с учетом масштаба построения.

3.5. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Проектирование кулачкового механизма»

В пояснительной записке следует привести:

1. Исходные данные кулачкового механизма.

2. Расчет масштабов для построения диаграмм движения ведомого звена.

3. Краткое пояснение построения закона движения ведомого звена.

4. Описание построения совмещенной диаграммы $\frac{dS}{d\varphi} = f(S)$ и определение минимального радиуса кулачка R_{\min} с учетом одностороннего и двухстороннего движения.

5. Описание профилирования кулачковой шайбы, определение радиуса кривизны ρ . Выбор масштаба μl (м/мм).

6. Вычисление значения радиуса ролика по полученным параметрам R_{\min} и ρ .

Примечание: законы движения ведомого звена могут быть получены с помощью ЭВМ, результаты которых должны быть приведены в виде таблиц.

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

4.1. Общие требования

Графическая часть курсовой работы выполняется на листах, форматы которых указаны выше.

Рабочее поле ограничивается рамкой: для подшивки – 20 мм, остальные – 5 мм. В правом нижнем углу рамки вычерчивается штамп согласно ГОСТу.

Если на одном листе указанного формата изображены два различных решения (например, кинематический и силовой расчет механизма), то в штампе указываются эти два решения.

4.2. Надписи и обозначения

Надписи, буквенные и цифровые обозначения должны быть выполнены стандартным чертежным шрифтом и располагаться, как правило, параллельно и над соответствующим изображением. При этом надписи должны иметь высоту букв и цифр не менее 5 мм. Кинематические схемы механизмов должны быть изображены условно согласно ГОСТ. Масштабы обозначаются с помощью масштабного коэффициента греческой буквой μ (мю) с соответствующим индексом обозначаемой величины и определенной размерностью. Оси графиков должны иметь соответствующие обозначения.

4.3. Требования к оформлению отдельных листов

Графическая часть курсовой работы, как правило, выполняется на пяти листах. В штампе чертежей указываются следующие наименования:

- на 1-м листе – кинематический анализ механизма (приложение В);
- на 2-м листе – силовой расчет механизма (приложение Г);
- на 3-м листе – расчет маховика (приложение Д);
- на 4-м листе – синтез зубчатого зацепления (приложение Е);

на 5-м листе – проектирование кулачкового механизма (приложение Ж).

4.4. Требования к чертежам по разделу «Кинематическое исследование механизма»

На левой половине формата А2 вычертить и сделать надписи:

1. Схема механизма (вычерчивается 12 положений механизма).
2. Исследуемое положение (на рабочей части хода кривошипа) выделить контурной линией.
3. План скоростей исследуемого положения.
4. План ускорений исследуемого положения.
5. Годограф скоростей центра масс шатуна строится по результатам расчета на ЭВМ.
6. Годограф ускорений центра масс шатуна строится по результатам расчета на ЭВМ.
7. График перемещения поршня строится по результатам расчета на ЭВМ.
8. График скорости поршня строится по результатам расчета на ЭВМ.
9. График ускорения поршня строится по результатам расчета на ЭВМ.
10. Графики угловой скорости и углового ускорения строятся по результатам расчета на ЭВМ.

Указать масштабы:

- длины – μl (м/мм);
- перемещения – μS (м/мм);
- линейной скорости – μV (мс⁻¹/мм);
- линейного ускорения – μa (мс⁻²/мм);
- угла поворота – $\mu \varphi$ (рад/мм);
- угловой скорости – $\mu \omega$ (с⁻¹/мм);
- углового ускорения – $\mu \varepsilon$ (с⁻²/мм).

4.5. Требования к чертежам по разделу «Силовой расчет механизма»

На левой половине 2-го листа формата А2 необходимо:

1. Вычертить в масштабе μl (м/мм) схему механизма в выбранном положении, показать на ней точки приложения и направления всех внешних сил, сил инерции и моментов сил инерции согласно планам скоростей и ускорений для данного положения механизма.
2. Изобразить в этом же масштабе структурную группу с указанием точек приложения и направления всех действующих сил, отброшенные звенья заменить реакциями (усилиями, действующими со стороны одного звена на другое).

3. План сил рассматриваемой группы изобразить рядом со структурной группой, построив его в масштабе μF (н/мм) и сделать на плане обозначения каждой силы. Если сила очень мала (обращается в точку), то ставится на плане только ее обозначение.

4. Вычертить в масштабе ведущее звено. Показать все силы, действующие на ведущее звено. Рядом изобразить план сил ведущего звена.

5. Построить три графика суммарных сил (на выбор), полученных по результатам расчета на ЭВМ. Построение графиков выполнить в масштабах μF (н/мм) и $\mu\varphi$ (рад/мм).

4.6. Требования к чертежам по разделу «Расчет маховика»

На листе 3 формата А2 вычертить и подписать:

1. Графики приведенных моментов сил с указанием масштабов μM (Нм/мм) и $\mu\varphi$ (рад/мм). Графики строятся по результатам динамического расчета.

2. График работ сил движущих $A_d = f(\varphi)$ и сил сопротивления $A_c = f(\varphi)$ строим методом графического интегрирования графика приведенных моментов сил с указанием масштаб μA (Дж/мм).

3. График приращения кинетической энергии машины $\Delta T = f(\varphi)$ с указанием масштаба μT (Дж/мм).

4. График приведенного момента инерции звеньев машины $J_n = f(\varphi)$ с указанием соответствующего масштаба μJ_n (кгм²/мм).

5. Построить диаграмму энергомасс $\Delta T = f(J_n)$ с указанием масштабов $\mu\Delta T$ (Дж/мм) и μJ_n (кгм²/мм).

Выполнить эскиз маховика с указанием его размеров.

4.7. Требования к чертежам по разделу «Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления»

На листе формата А2 следует:

1. Вычертить неравносмещённое эвольвентное зубчатое зацепление.

При этом масштаб μl (м/мм) выбрать таким образом, чтобы полная высота зуба была бы в пределах 50–60 мм.

2. Построить графики удельного скольжения пары сопряженных профилей зубьев с указанием масштаба $\mu\nu$ (1/мм).

5. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Защита является завершающим этапом курсовой работы и состоит из доклада студента и ответов на вопросы преподавателя, принимающего работу. Доклад и ответы должны быть краткими и четкими. Время, отведенное на защиту работы, составляет 3-5 мин.

В ходе выполнения курсовой работы студент должен приобрести следующие компетенции:

Уметь:

- проводить оценку функциональных возможностей различных типов механизмов и областей их возможного использования в технике;
- составлять кинематические и динамические расчетные схемы механизмов;
- использовать необходимый математический аппарат при исследовании механизмов и разрабатывать алгоритмы;
- использовать общие методы проектирования и исследования механизмов для создания конкретных машин различного назначения;
- использовать как аналитические, так и графо-аналитические методы решения конкретных задач на разных этапах анализа и синтеза механизмов, машин и систем машин;
- представлять технические решения анализа и синтеза с использованием математического моделирования машин и механизмов.

Владеть:

- навыками оптимизации параметров механизма и использовании соответствующей измерительной аппаратуры;
- навыками расчета параметров механических систем с использованием прикладных программ;
- навыками синтеза оптимальных схем механизмов и машин.

Для успешной защиты курсовой работы студент должен уметь кратко объяснить суть проделанной работы, хорошо ориентироваться в пояснительной записке, уметь объяснить и пояснить назначение формул, чертежей, приведенных в пояснительной записке. Правильно и кратко отвечать на вопросы преподавателя. Студент должен четко представлять назначение каждой линии и надписи на своем чертеже, уметь объяснить порядок построения и произведенных расчетов.

При оценке курсовой работы кроме качества защиты и знаний студента по теории механизмов и машин учитываются следующие показатели:

- Выполнение установленного графика работы и защиты проекта.
- Оформление пояснительной записки (тщательность, аккуратность, наличие расчетных схем и расчетов, обоснований, соблюдение требований ГОСТов).
- Оформление чертежей (тщательность, аккуратность, четкость выполнения, соблюдение требований ЕСКД).

Ниже приводятся основные вопросы, которые обычно задаются на защите курсовой работы. Вопросы сгруппированы в соответствии с основными разделами курсовой работы.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

6.1. Вопросы по структурному анализу

1. Что называется звеном, стойкой, кинематической парой, кинематической цепью, входным (ведущем) и выходным (ведомым) звеньями?

2. Признаки и классификация кинематических пар?

3. Что называется механизмом, машиной?

4. Что называется степенью подвижности механизма? Как она определяется для плоского и пространственного механизмов?

5. Написать структурную формулу кинематической цепи общего вида (формулу Сомова-Малышева) и формулу общего вида для плоских механизмов (формула Чебышева).

6. Что называется пассивными связями и лишними степенями свободы? Привести примеры.

7. Как производится замена высшей пары звеном с низшими парами? Привести примеры.

8. Что называется структурной группой? Привести примеры простейших структурных групп.

9. Значение структурных групп для кинематического и силового расчетов механизма?

6.2. Вопросы по кинематическому анализу

1. Какие основные задачи решаются при кинематическом анализе механизма?

2. Какие применяются методы кинематического анализа механизма?

3. Как построить механизм в крайних положениях ведомого звена?

4. Как определить начало рабочего хода механизма?

5. Как построить траекторию движения заданной точки механизма?

6. Как построить кинематические диаграммы пути, перемещения, скорости и ускорения заданного звена механизма?

7. Как определяются масштабы графиков при графическом дифференцировании и интегрировании?

8. В чем заключается исследование механизма методом планов скоростей и ускорений? Как построить план скоростей (ускорений) в масштабе кривошипа?

9. Как по скоростям (ускорениям) двух точек звена определить скорость (ускорение) любой третьей точки того же звена?

10. Как, пользуясь планами скоростей и ускорений, определить величину и направление угловой скорости и углового ускорения звена?

11. Как направлено нормальное, касательное ускорение точки при вращательном движении звена?

12. Как определить величину и направление кориолисова ускорения?

13. Как определяется абсолютная, относительная и переносная скорости или ускорения?

6.3. Вопросы по силовому расчету

1. Какие силы действуют на звенья механизма?
2. Какие задачи решаются в силовом расчете механизма?
3. Как определить силу инерции и момент сил инерции звена?
4. С какой целью силу инерции и момент сил инерции приводят к одной силе?
5. Почему силовой расчет ведется по структурным группам? Порядок силового расчета?
6. С какой целью определяют реакции в кинематических парах?
7. В чем особенность силового расчета ведущего звена?
8. Что называется уравновешивающей силой и уравновешивающим моментом? Их физический смысл? Когда при расчете ведущего звена прикладывают уравновешивающую силу и когда уравновешивающий момент?
9. Как определить подводимую мощность по уравновешивающей силе или по уравновешивающему моменту?
10. Как определить реакцию во внутренней кинематической паре?
11. Сущность метода Н.Е. Жуковского в определении приведенной или уравновешивающей силы?

6.4. Вопросы по динамическому расчету (расчет маховика)

1. Что называется установившемся движением машины?
2. Как записать уравнение движения машины в форме кинетической энергии для трех периодов движения машины: разгона, установившегося движения и выбега?
3. Как записать дифференциальное уравнение движения машины?
4. Что называется приведенной силой и приведенным моментом? Как они определяются?
5. Что называется приведенной массой и приведенным моментом инерции механизма? Как они определяются?
6. Как определить кинетическую энергию шарнирно-рычажного механизма?
7. Что называется неравномерностью хода движения механизма? Как определяется коэффициент неравномерности хода машины?
8. С какой целью и куда устанавливается маховик?
9. Как определить величину момента инерции маховика?
10. Как определить основные размеры маховика и его материал?
11. Что такое истинный закон движения машины? Как изменяется истинный закон движения машины при работе ее с маховиком и без маховика?

6.5. Вопросы по проектированию эвольвентного зубчатого зацепления

1. Что называется передаточным отношением?
2. Как определить передаточное отношение зубчатой передачи при заданных параметрах колес?
3. Какие виды передач существуют в передачах с подвижными осями? Как определить передаточное отношение в передачах с подвижными осями?
4. Какие виды передач существуют в передачах с неподвижными осями? Как определяется передаточное отношение таких передач?
5. Что называется смешанной передачей и как определяется передаточное отношение таких передач?
6. Что называется эвольвентой? Какими свойствами обладает эвольвента? Как построить эвольвенту?
7. Что называется шагом и модулем зацепления?
8. Что называется теоретической и практической линиями зацепления и дугой зацепления? Что называется углом зацепления?
9. Как рассчитать параметры и построить картину зацепления зубчатой передачи с эвольвентными профилями?
10. Какие показатели характеризуют качество зубчатого зацепления?
11. Что называется коэффициентом перекрытия и как он влияет на работу зубчатой передачи? В каких пределах он может изменяться?
12. Что называется коэффициентом удельного скольжения? Как его подсчитать? Что характеризует коэффициент удельного скольжения?
13. Каковы основные методы нарезания зубчатых колес?
14. Что называется нормальной зубчатой передачей и как подсчитать основные геометрические параметры такой передачи?
15. При каких геометрических условиях возникает явление подрезания зубьев? Какие есть методы исправления зубчатых колес?
16. Что называется положительным и отрицательным сдвигом рейки? Как определить минимальный сдвиг рейки, исключая явление подрезания?
17. Как изменяются основные параметры зуба при исправлении колес?
18. Дать определение основным параметрам зубчатого зацепления.

6.6. Вопросы по проектированию кулачкового механизма

1. Что называется кулачком?
2. Преимущества и недостатки кулачковых механизмов?
3. Как подразделяются кулачковые механизмы? Привести классификацию кулачковых механизмов.
4. Методы кинематического исследования кулачковых механизмов.
5. Что называется жестким и мягким ударом, каковы причины их возникновения?
6. Суть явления заклинивания в кулачковых механизмах с толкателем и коромыслом. Как проводится динамический синтез кулачкового механизма? Что называется углом передачи и углом давления?

7. Как определяется минимальный радиус кулачка в механизмах с толкателем, с коромыслом и с плоским толкателем?
8. Какова сущность метода обращенного движения и как он используется при профилировании кулачковой шайбы?
9. Как построить теоретический профиль кулачка в механизмах с толкателем, коромыслом и с плоским толкателем?
10. Как и из каких условий выбирается радиус ролика кулачкового механизма? Как построить практический профиль кулачка?
11. Фазовые и профильные углы, в чем их различие? Когда они совпадают? Как определить фазовые и профильные углы кулачка?

ЛИТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 639 с.
2. Берестов Л.В. Методические указания по уравниванию механизмов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2000. – 25 с.
3. Поезжаева Е.В. Лабораторный практикум по теории механизмов и робототехники: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 120 с.
4. Поезжаева Е.В. Проектирование эвольвентных зубчатых передач: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 80 с.
5. Поезжаева Е.В. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике систем машин. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 448 с.
6. Поезжаева Е.В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 кн. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009.
7. Поезжаева Е.В. Синтез кулачковых механизмов: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 108 с.
8. Поезжаева Е.В. Теория механизмов и механика машин: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 122 с.
9. Попов С.А., Тимофеев Г.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин: учеб. пособие для втузов / под ред. В.К. Фролова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 411 с.
10. Фролов В.К. Механика промышленных роботов: в 3 кн. – М.: Высш. шк., 1998. – Кн. 1. – 140 с.
11. Фролов В.К. Теория механизмов и машин. – М.: Изд-во МВТУ им. Э.А. Баумана, 2005. – 662 с.
12. Поезжаева Е.В. Практикум по теории механизмов и механике систем машин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 358 с.
13. Поезжаева Е.В. Теория механизмов и механика систем машин. – Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 399 с.
14. Поезжаева Е.В. Теория механизмов и механика систем машин в задачах и решениях. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 538 с.
15. Поезжаева Е.В. Планетарные передачи в автомобилестроении. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 223 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Титульный лист

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Механика композиционных материалов и конструкций»

**КУРСОВАЯ РАБОТА ПО
ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

Тема:

Задание:

Вариант:

Выполнил: студент группы

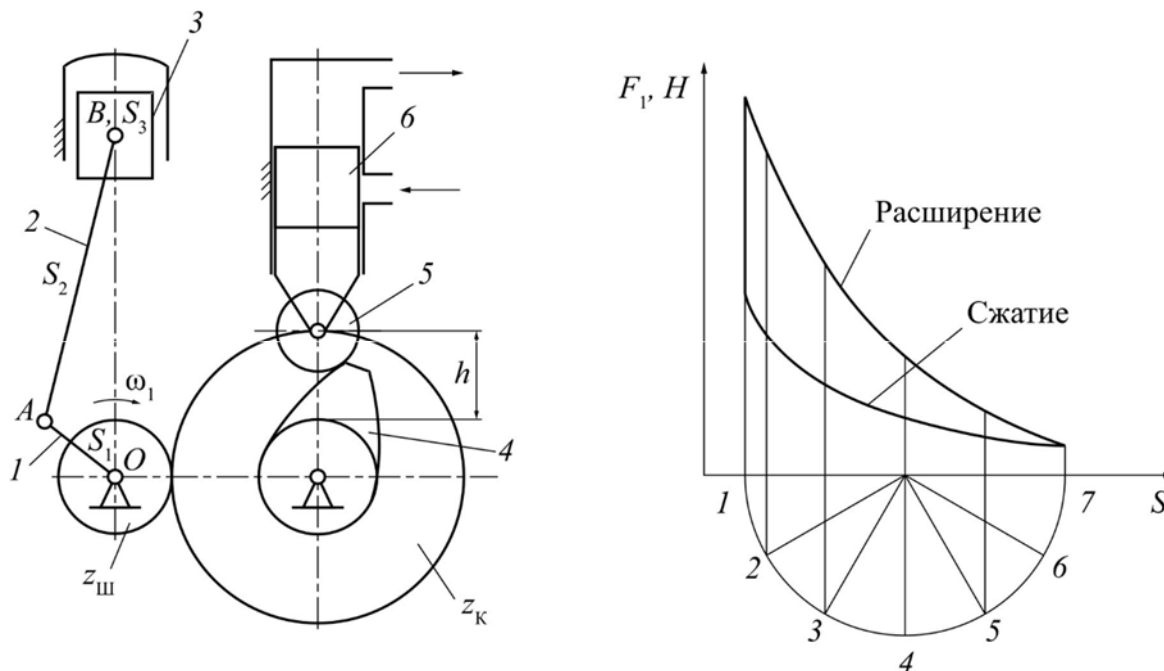
Проверил:

Пермь 2017

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Задание для курсовой работы

ЗАДАНИЕ № 1Д

Тема проекта: Двухтактный одноцилиндровый двигатель.



Кинематическая схема: двухтактный двигатель содержит кривошипно-ползунный механизм, состоящий из звеньев 1, 2, 3, и кулачковый привод гидроклина, состоящий из звеньев 4, 5, 6. Кулачок получает вращение через зубчатые колеса $z_{ш}$ и $z_{к}$.

Развернутая индикаторная диаграмма

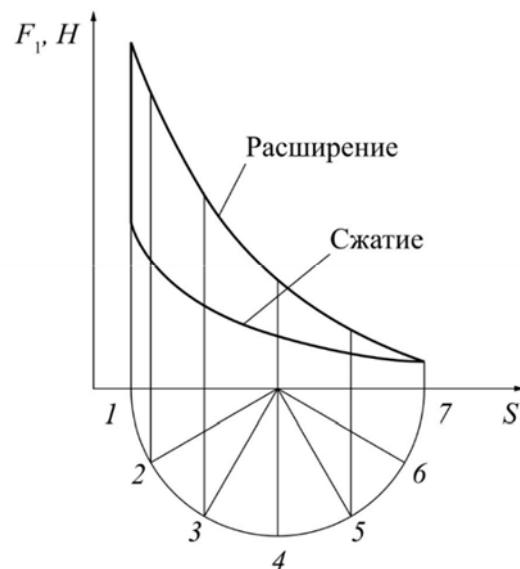
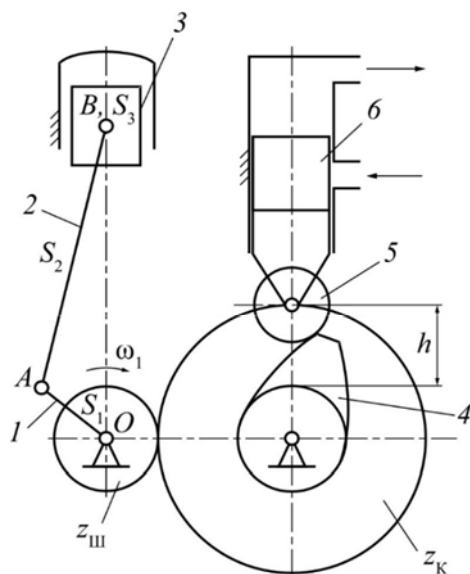
№ положения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_i \cdot 10^2, \text{Н}$	44	40	27	12	8	4	2	3	6	9	16	25	60

Исходные данные к заданию № 1Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота вращения, с^{-1}	ω_1	250	300	350	400	650	450	500	550	600	650	400	450
Длина кривошипа, м	$l_1 \cdot 10^{-1}$	1,5	1,6	1,8	2	2,4	2,6	2,8	3	2,2	2,5	2	2,2
Длина шатуна, м	$l_2 \cdot 10^{-1}$	7,5	7,6	7,8	8	8,2	8,4	8,6	8,8	9	8	8	7
Коорд. ЦМ кривошипа, м	$l_3 \cdot 10^{-1}$	0,7	0,8	1	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,2	1,4	1	1,2
Коорд. ЦМ шатуна, м	$l_4 \cdot 10^{-1}$	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4	4,2	1,4	4	4	3,8

Исходные данные к заданию № 1Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масса кривошипа, кг	$m_1 \cdot 10^{-1}$	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	6	5	7
Масса шатуна, кг	$m_2 \cdot 10^{-1}$	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,3	8,4	8,6	8,8	8,5	7	8
Масса поршня, кг	$m_3 \cdot 10^{-1}$	15	15	14	16	16,5	17	17,5	18	18,5	18,8	18	14
Момент инерции кривошипа, кгм ²	$J_0 \cdot 10^{-5}$	7,5	7,4	7,6	7,8	8	8,2	8,4	8,6	8,8	8,5	8	8,2
Момент инерции шатуна, кгм ²	$J_{S2} \cdot 10^{-4}$	1,2	1	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,4	1,6
Неравномерность хода	$\delta \cdot 10^{-1}$	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3
Зубчатая передача	$z_{ш}$	14	13	12	15	16	12	13	14	15	16	15	16
	$z_{к}$	25	20	28	30	18	20	24	22	19	24	20	22
	m , мм	4	5	6	7	8	7	6	5	10	8	5	8
Кулачковый механизм	h , мм	10	9	8	11	12	8	9	10	11	12	8	10
	φ_y^0	60	80	100	60	80	100	60	120	80	100	80	60
	$\varphi_{ДС}^0$	10	20	10	20	10	20	20	20	30	10	30	10
	φ_c	80	100	60	120	100	80	120	60	80	80	80	100
Закон движения	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	sin	пар аб	cos	

ЗАДАНИЕ № 2Д

Тема проекта: Двухтактный одноцилиндровый двигатель.



Кинематическая схема: двухтактный двигатель содержит кривошипно-ползунный механизм, состоящий из звеньев 1, 2, 3, и кулачковый привод гидроклина, состоящий из звеньев 4, 5, 6. Кулачок получает вращение через зубчатые колеса $z_{ш}$ и $z_{к}$.

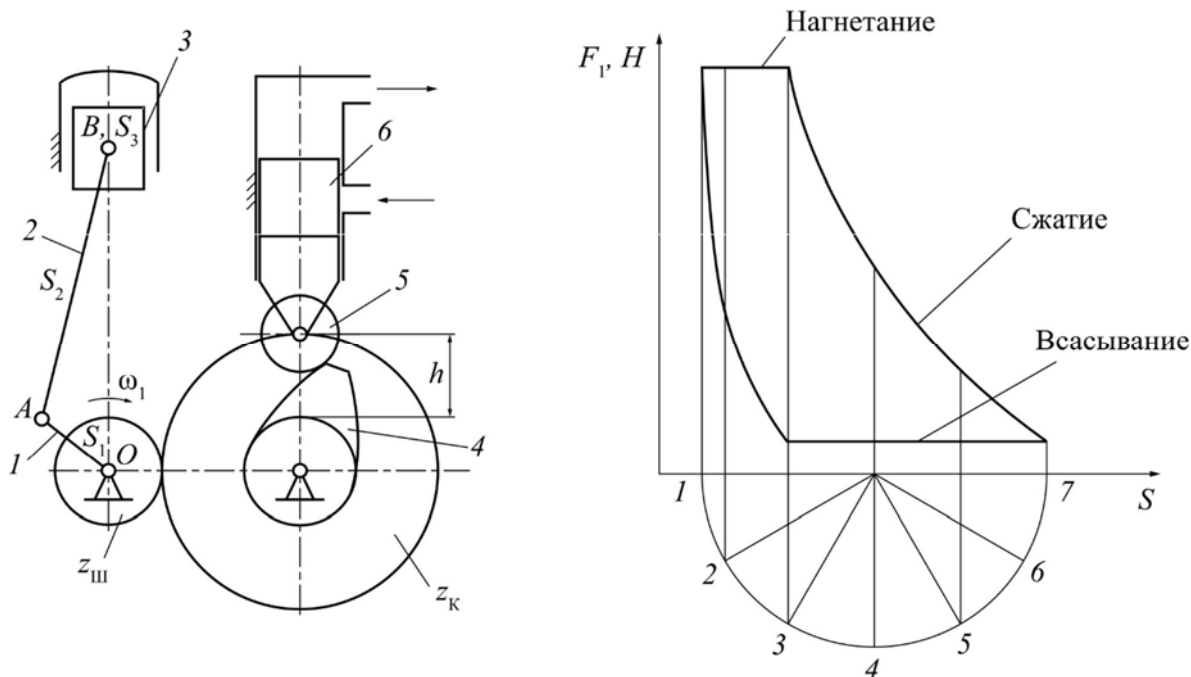
Развернутая индикаторная диаграмма

№ положения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_i \cdot 10^2, Н$	60	48	30	13	7	4	2	3	5	9	15	25	60

Исходные данные к заданию № 2Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота вращения, c^{-1}	ω_1	250	550	600	650	750	700	300	350	400	500	450	600
Длина кривошипа, м	$l_1 \cdot 10^{-2}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	20	18
Длина шатуна, м	$l_2 \cdot 10^{-2}$	55	57	59	60	62	64	66	68	70	72	60	58
Коорд. ЦМ кривошипа, м	$l_3 \cdot 10^{-2}$	7,0	8,0	9,0	10	9,0	10	11	12	13	14	10	9,0
Коорд. ЦМ шатуна, м	$l_4 \cdot 10^{-2}$	20	22	25	28	24	29	30	32	35	30	30	25
Масса кривошипа, кг	$m_1 \cdot 10^{-2}$	34	35	36	38	40	50	45	56	58	60	40	50
Масса шатуна, кг	$m_2 \cdot 10^{-2}$	48	50	52	55	60	63	66	68	70	72	60	50
Масса поршня, кг	$m_3 \cdot 10^{-2}$	6,0	7,0	8,0	8,2	8,5	8,7	8,9	9,0	8,0	6,0	8,0	9,0
Момент инерции кривошипа, $кгм^2$	$J_0 \cdot 10^{-5}$	0,7	0,8	0,9	0,9 5	1,0	1,2	1,1 5	1,2 5	1,3	1,3 5	1,2	0,9
Момент инерции шатуна, $кгм^2$	$J_{S2} \cdot 10^{-4}$	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	2,3	2,5
Неравномерность хода	$\delta \cdot 10^{-2}$	4,0	3,0	5,0	4,0	3,0	5,0	4,0	5,0	3,0	4,0	4,0	3,0
Зубчатая передача	$z_{ш}$	12	13	14	15	12	13	14	15	14	15	14	15
	$z_{к}$	16	20	22	18	20	22	20	24	20	26	20	20
	$m, мм$	6,0	5,0	7,0	8,0	9,0	10	9,0	8,0	6,0	5,0	5,0	8,0
Кулачковый механизм	$h, мм$	8,0	9,0	10	11	12	8,0	9,0	10	11	12	8,0	10
	φ_y^0	120	100	80	60	60	80	100	120	80	100	80	100
	$\varphi_{ДС}^0$	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	10	20
	φ_c	80	60	80	100	120	80	60	100	120	60	60	80
Закон движения	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	sin	пар аб	cos	

ЗАДАНИЕ № 3Д

Тема проекта: Воздушный одноступенчатый компрессор.



Кинематическая схема: воздушный компрессор содержит кривошипно-ползунный механизм 1, 2, 3 и кулачковый привод выпускного клапана, состоящий из звеньев 4, 5, 6. Кулачок получает вращение через зубчатые колеса $z_{ш}$ и $z_{к}$.

Развернутая индикаторная диаграмма

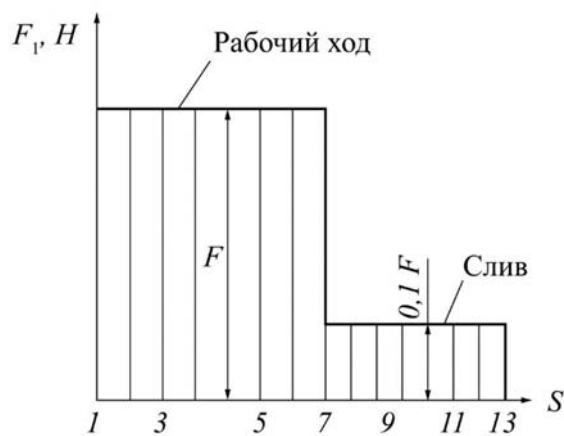
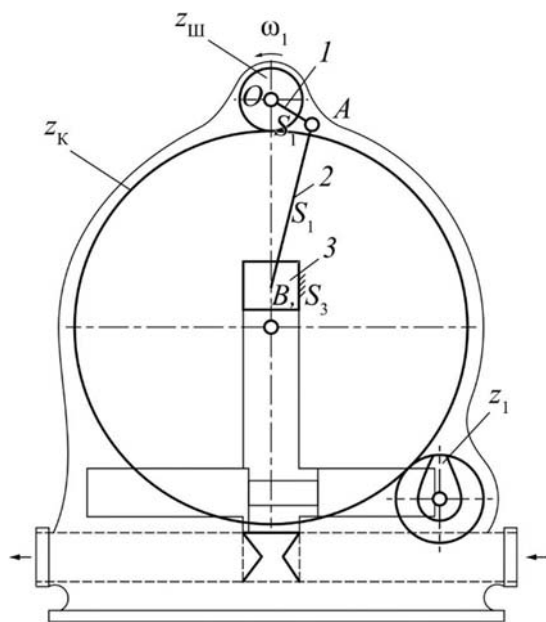
№ положения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_i \cdot 10^2, \text{H}$	1,0	0,63	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,8	0,9	1,0

Исходные данные к заданию № 3Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота вращения, с^{-1}	ω_1	50	60	70	80	50	60	70	80	90	60	70	80
Длина кривошипа, м	$l_1 \cdot 10^{-2}$	10	12	14	15	12	14	15	12	14	15	16	12
Длина шатуна, м	$l_2 \cdot 10^{-1}$	5	6	7	8	5	6	7	6	7	8	6	5
Коорд. ЦМ кривошипа, м	$l_3 \cdot 10^{-2}$	5,0	6,0	7,0	7,0	6,0	7,0	8,0	5,0	7,0	8,0	8,0	6,0
Корд. ЦМ шатуна, м	$l_4 \cdot 10^{-1}$	2	3	4	3	2	3	4	3	4	4	3	2
Масса кривошипа, кг	$m_1 \cdot 10^{-1}$	1,2	1,4	1,6	1,8	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,2
Масса шатуна, кг	$m_2 \cdot 10^{-1}$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,5	2,6	2,7	2,3	2,5	2,6	2,8	2,4
Масса поршня, кг	$m_3 \cdot 10^{-1}$	3,5	3,6	3,7	3,8	3,4	3,5	3,6	3,2	3,4	3,5	3,8	3,5

Исходные данные к заданию № 3Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Момент инерции кривошипа, кгм ²	$J_0 \cdot 10^{-3}$	8,0	8,5	9,0	9,5	8,2	9,0	9,5	8,3	8,5	9,0	9,5	8,0
Момент инерции шатуна, кгм ²	$J_{S2} \cdot 10^{-2}$	2,0	2,5	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	2,2	2,5	3,0	3,5	2,0
Неравномерность хода	$\delta \cdot 10^{-2}$	4,0	3,0	2,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
Зубчатая передача	$z_{ш}$	11	12	13	14	15	14	13	12	12	13	14	15
	$z_{к}$	17	18	19	20	21	20	20	19	18	18	20	20
	m , мм	6,0	7,0	8,0	9,0	10	9,0	8,0	7,0	6,0	9,0	8,0	7,0
Кулачковый механизм	h , мм	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	10	10	10
	e , мм	6,0	7,0	8,0	9,0	10	9,0	8,0	7,0	6,0	6,0	7,0	8,0
	φ_y^0	60	80	100	120	120	100	80	60	100	80	120	80
	$\varphi_{ДС}^0$	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
	φ_c	120	100	80	60	80	100	120	100	80	60	100	120
Закон движения		пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	sin	пар аб	cos

ЗАДАНИЕ № 4Д

Тема проекта: Гидромотор.



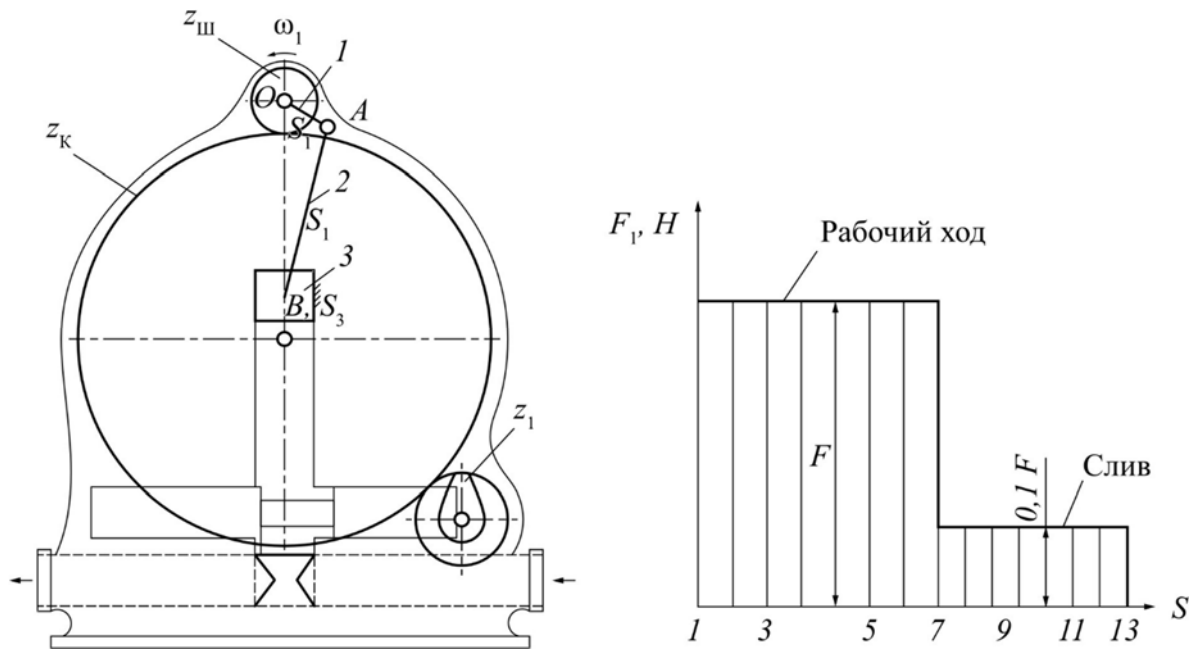
Кинематическая схема: гидромотор состоит из кривошипно-ползунного механизма 1, 2, 3. Распределительный золотник выполнен в

виде толкателя кулачкового механизма. Кулачок получает вращение от главного вала I через зубчатую передачу $z_{ш}, z_{к}, z_1$.

Исходные данные к заданию № 4Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота вращения, c^{-1}	ω_1	75	73	70	68	65	63	60	58	55	53	50	48
Длина кривошипа, м	$l_1 \cdot 10^{-1}$	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4
Длина шатуна, м	$l_2 \cdot 10^{-1}$	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	1,8	2	2,2	2,4	2
Коорд. ЦМ кривошипа, м	$l_3 \cdot 10^{-1}$	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Коорд. ЦМ шатуна, м	$l_4 \cdot 10^{-1}$	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	0,9	1	1,1	1,2	1
Масса кривошипа, кг	m_1	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2	2,1	2,2
Масса шатуна, кг	$m_2 \cdot 10^{-1}$	8	9	10	11	12	14	14	12	11	10	9	8
Масса поршня, кг	m_3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,7
Момент инерции кривошипа, кгм ²	$J_0 \cdot 10^{-2}$	2	3	4	5	6	5	4	3	2	3	4	5
Момент инерции шатуна, кгм ²	$J_{S2} \cdot 10^{-3}$	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5	4	6
Неравномерность хода	$\delta \cdot 10^{-1}$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
Усилие нагнетания, Н	$F \cdot 10^3$	7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12
Зубчатая передача	$z_{ш}$	11	12	13	14	15	14	15	14	13	12	13	14
	$z_{к}$	24	13	27	29	32	30	32	25	27	25	28	30
	m , мм	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Кулачковый механизм	h , мм	8	9	10	12	14	15	14	12	10	8	10	12
	φ_y^0	60	80	100	60	80	100	80	60	100	80	60	100
	$\varphi_{ДС}^0$	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	
	φ_c	100	120	80	100	60	80	100	120	60	80	100	60
Закон движения		пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	sin	пар аб	cos

ЗАДАНИЕ № 5Д

Тема проекта: Гидроцилиндр.

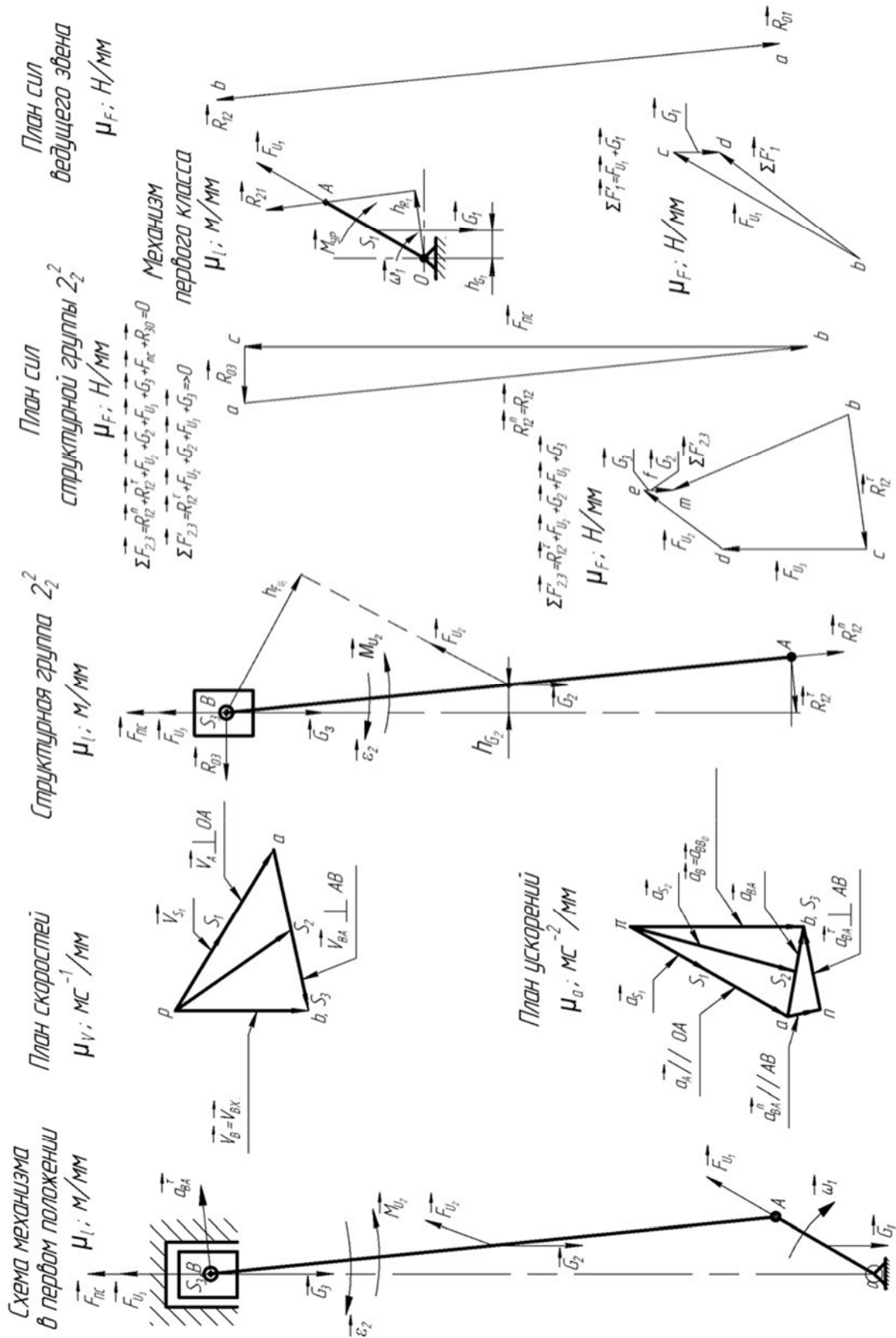


Кинематическая схема: гидромотор состоит из кривошипно-ползунного механизма 1, 2, 3. Распределительный золотник выполнен в виде толкателя кулачкового механизма. Кулачок получает вращение от главного вала 1 через зубчатую передачу $z_{ш}$, $z_{к}$, z_1 .

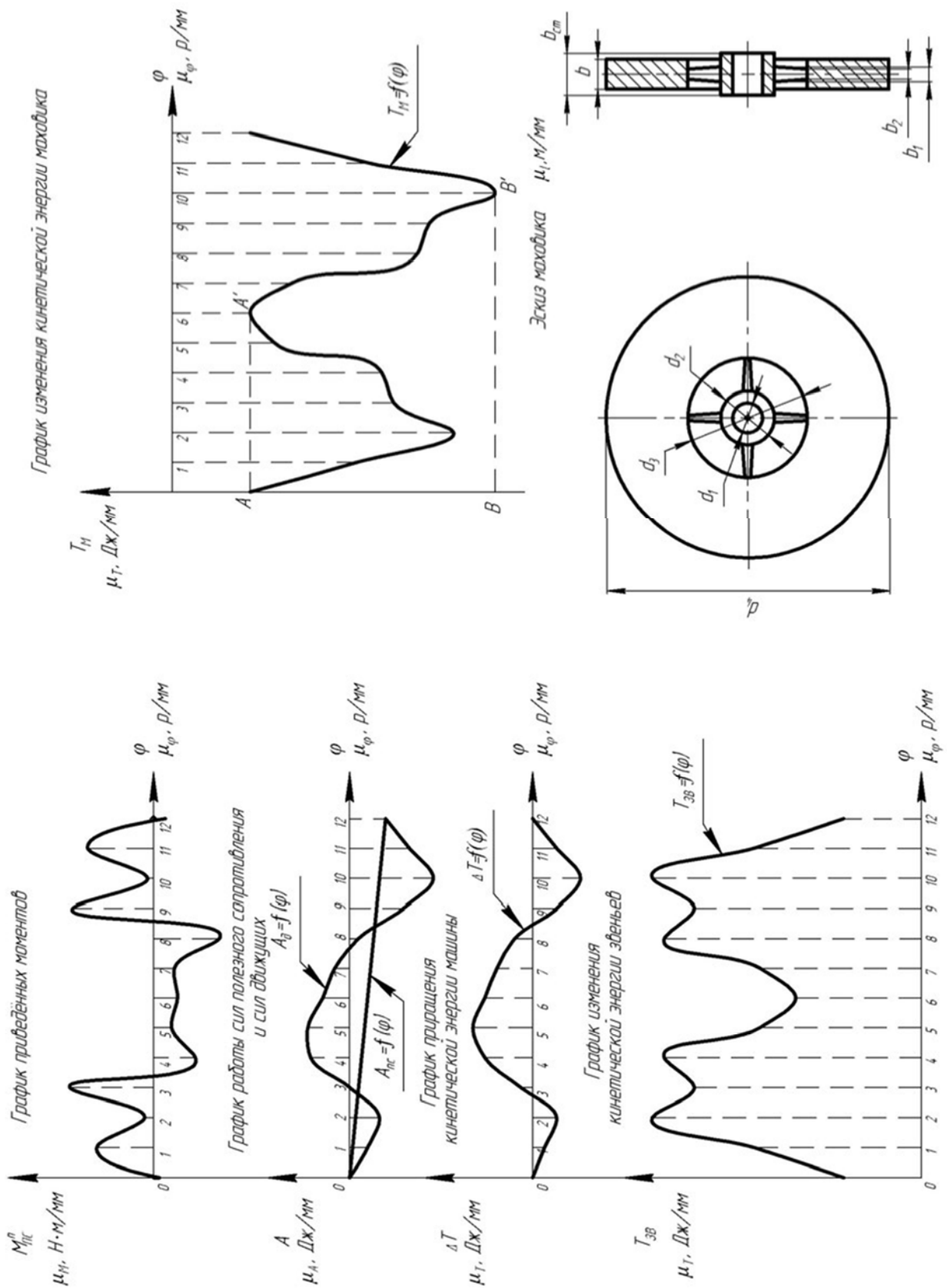
Исходные данные к заданию № 5Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Частота вращения, c^{-1}	ω_1	80	90	100	110	120	110	100	80	90	100	110	120
Длина кривошипа, м	$l_1 \cdot 10^{-2}$	2	3	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3	2,5	2,2	2,5
Длина шатуна, м	$l_2 \cdot 10^{-1}$	1	1,2	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3
Коорд. ЦМ кривош., м	$l_3 \cdot 10^{-2}$	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,0	1,0	1,0
Коорд. ЦМ шатуна, м	$l_4 \cdot 10^{-2}$	5	6	7	8	7	6	7	5	6	5	6	7
Масса кривошипа, кг	$m_1 \cdot 10^{-1}$	2	2,5	3	3,5	4	4	3,5	3	2,5	2	3	4
Масса шатуна, кг	m_2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,6	0,8
Масса поршня, кг	m_3	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	0,6	0,8	0,9
Момент инерции кривошипа, $кгм^2$	$J_0 \cdot 10^{-5}$	4,0	4,5	5	6	6,5	5,5	3	5,5	5	4	6	6,5

Исходные данные к заданию № 5Д													
Параметры и идентификаторы		Варианты											
Кривошипно-ползунный механизм		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Момент инерции шатуна, кгм ²	$J_{S2} \cdot 10^{-4}$	12	13	14	15	16	15	14	13	14	12	15	16
Неравномерность хода	$\delta \cdot 10^{-2}$	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3
Усилие нагнетания, Н	$F \cdot 10^3$	25	30	35	40	50	40	35	30	25	30	35	40
Зубчатая передача	$z_{ш}$	12	13	14	15	14	13	12	13	14	15	12	13
	$z_{к}$	18	19	20	21	22	20	22	20	18	19	20	21
	m , мм	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Кулачковый механизм	h , мм	5	6	7	8	9	10	9	8	7	6	5	8
	φ_y^0	60	80	100	120	120	100	80	60	80	100	120	100
	$\varphi_{ДС}^0$	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
	φ_c	80	100	60	60	80	100	60	80	100	120	100	80
Закон движения		пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos	пар аб	sin	cos

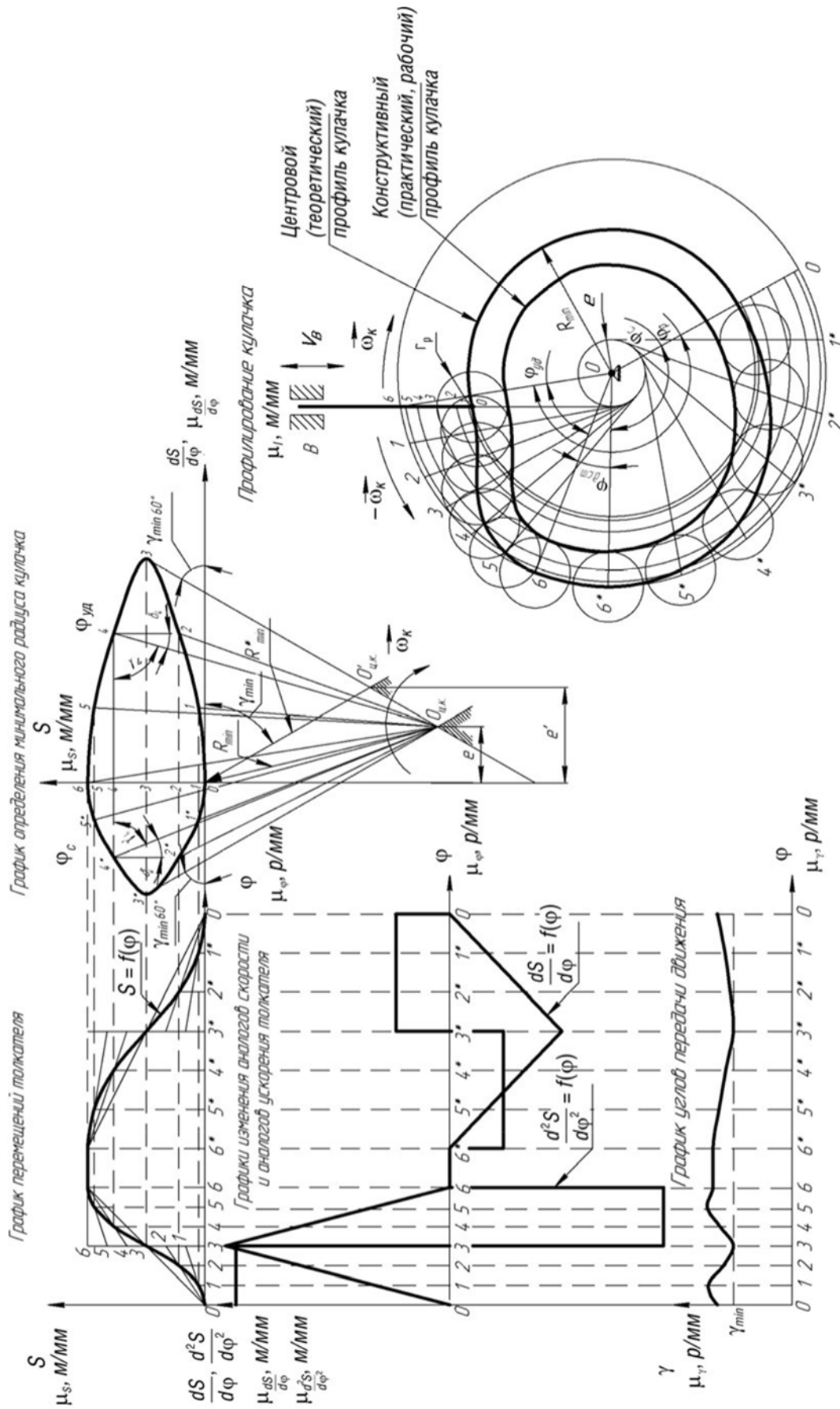
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Силовой расчет механизма



ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Расчет маховика по методу Мерцалова



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Синтез кулачкового механизма



ПРИЛОЖЕНИЕ И. График выполнения курсовой работы

№ п.п.	Наименование этапа	Недели													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Структурный анализ механизма														
2	Кинематический анализ механизма														
3	Силовой расчет механизма														
4	Расчет маховика														
5	Проектирование кулачкового механизма														
6	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите														
7	Защита проекта														

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ	5
2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	5
2.1. Структурный, кинематический и силовой анализы кривошипно- ползунного механизма (выполнить на формате А2)	5
2.2. Расчет маховика (выполнить на формате А2)	6
2.3. Проектирование зубчатой передачи (выполнить на формате А2)	6
2.4. Проектирование кулачкового механизма (выполнить на формате А2) ..	6
3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ПО РАЗДЕЛАМ	6
3.1. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Структурный и кинематический анализ механизма»	6
3.2. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Силовой расчет механизма»	7
3.3. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Расчет маховика»	8
3.4. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления»	9
3.5. Требования к составлению пояснительной записки по разделу «Проектирование кулачкового механизма»	9
4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ	10
4.1. Общие требования	10
4.2. Надписи и обозначения	10
4.3. Требования к оформлению отдельных листов	10
4.4. Требования к чертежам по разделу «Кинематическое исследование механизма»	11
4.5. Требования к чертежам по разделу «Силовой расчет механизма»	11
4.6. Требования к чертежам по разделу «Расчет маховика»	12
4.7. Требования к чертежам по разделу «Проектирование эвольвентного зубчатого зацепления»	12
5. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	12
6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	14
6.1. Вопросы по структурному анализу	14
6.2. Вопросы по кинематическому анализу	14
6.3. Вопросы по силовому расчету	15
6.4. Вопросы по динамическому расчету (расчет маховика)	15

6.5. Вопросы по проектированию эвольвентного зубчатого зацепления	16
6.6. Вопросы по проектированию кулачкового механизма.....	16
ЛИТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Титульный лист	19
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Задание для курсовой работы.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Кинематическое исследование рычажного механизма ...	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Силовой расчет механизма	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Расчет маховика по методу Мерцалова.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Синтез зубчатой передачи	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Синтез кулачкового механизма.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ И. График выполнения курсовой работы	33

Учебное издание

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.
ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ,
ОФОРМЛЕНИЮ И ЗАЩИТЕ
КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Методические указания

Составители: Кокшаров В.С., Поезжаева Е.В.

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 03.11.2017. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 2,25. Тираж 50 экз. Заказ № 258а/2017.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательстве Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614000, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33