

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальностей  
6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты»,  
6-05-0714-03 «Инженерно-техническое проектирование  
и производство материалов и изделий из них»  
и 6-05-0715-03 «Автомобили, тракторы, мобильные  
и технологические комплексы»  
очной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 621.9.04  
ББК 34.5  
Т38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Основы проектирования машин» «16» февраля  
2026 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук О. В. Благодарная

Рецензент ст. преподаватель О. А. Пономарева

Изложены краткие сведения и задания для курсовой работы по дисциплине  
«Теория механизмов и машин».

Учебное 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, 2026

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель и задачи курсовой работы.....	5
2 Организация курсовой работы.....	5
3 Содержание курсовой работы.....	6
4 Оформление курсовой работы.....	8
5 Методические указания к выполнению курсовой работы.....	9
Список литературы.....	14
Приложение А.....	15

## Введение

Целью изучения дисциплины является освоение будущими инженерами 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 курсовой работы

Целью курсовой работы является исследование и проектирование основных видов механизмов, объединенных в систему машины, прибора или устройства.

При решении задач, поставленных в курсовой работе, желательно использовать графические и аналитические методы, что позволяет провести их сравнительную оценку. Кроме этого, решение задач аналитическим методом предполагает применение вычислительной техники, что развивает навыки работы с последней в области проектирования механизмов. При этом студенты приобретают навыки в проведении инженерных расчетов механизмов, осваивают общую методику проектирования.

Курсовая работа по дисциплине «Теория механизмов и машин» направлена на развитие навыков самостоятельной работы, выработку творческого подхода к задачам проектирования.

Выполняя эту работу, студенты могут реально осмыслить представление физических процессов и объектов в виде математических моделей, которые с определенными ограничениями позволяют описать реальные системы.

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 курсовой работы

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 дела 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 включает в себя следующие разделы.

- 1 Кинематический анализ и синтез рычажного механизма.
- 2 Силовой анализ механизма.
- 3 Расчет и проектирование зубчатого механизма.
- 4 Расчет и проектирование кулачкового механизма.

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 по-

ложения 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; кинематическая схема зубчатого механизма; законы движения толкателя кулачкового механизма; схема кулачкового механизма.

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 плана скоростей механизма 1.5 Построение плана ускорений механизма 1.6 Определение угловых скоростей и ускорений для первого положения механизма 1.7 Определение скоростей и ускорений центров масс 1.8 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	5–7
3 Расчет и проектирование зубчатого механизма 3.1 Синтез и анализ комбинированного зубчатого механизма 3.2 Построение плана скоростей зубчатого механизма 3.3 Построение плана частот вращения зубчатого механизма	5–7
4 Расчет и проектирование кулачкового механизма 4.1 Определение масштабных коэффициентов и построение графиков 4.2 Построение профиля кулачка	3–5
Заключение	1
Список использованных источников	1

## 4 Оформление курсовой работы

Курсовая работа выполняется на двух листах формата А1 и сопровождается пояснительной запиской, выполненной на листах формата А4.

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 в редакторе *Word* шрифтом *Times New Roman*, высота 14 пт, через одинарный интервал.

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.

Рисунки, графики и таблицы сопровождаются наименованиями, отображающими их содержание (например: Рисунок 3.1 – Кинематическая схема механизма). Если на одном рисунке изображено несколько графиков различных процессов, то каждый график должен иметь отдельное обозначение, которое необходимо расшифровать в поясняющих данных к рисунку. Поясняющие дан-

ные 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 приведены краткие указания к заданиям, а также специальная литература той отрасли промышленности, в которой применяется предложенная в задании машина [1–3].

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

1 В первом разделе пояснительной записки к курсовой работе по кинематической схеме рычажного механизма (рисунок 5.1) и исходным данным на его синтез и анализ требуется выполнить структурный анализ рычажного механизма. Подсчитать число звеньев и кинематических пар механизма (таблица 5.1), установить классы пар, построить структурную схему механизма, определить степень подвижности механизма по формуле Чебышева. Разложить механизм на структурные группы (рисунок 5.2), определить класс и порядок структурных групп и механизма в целом (таблица 5.2) [1].

Таблица 5.1 – Классификация кинематических пар

Подвижность $W$	Класс $S$	Название	Схема	Условное обозначение
3	3	Сферическая		
2	4	Сферическая с пальцем		
2	4	Цилиндрическая		
1	5	Вращательная		 
1	5	Поступательная		
1	5	Винтовая		



Таблица 5.2 – Звенья рычажных механизмов

Механизм V-образного двигателя		Механизм поперечно-строгального станка	
Название	Движение	Название	Движение
1 Ползун	Поступательное	1 Кривошип	Вращательное
2 Шатун	Сложное	2 Кулисный камень	Сложное
3 Кривошип	Вращательное	3 Кулиса	Вращательное
4 Шатун	Сложное	4 Шатун	Сложное
5 Ползун	Поступательное	5 Ползун	Поступательное

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

Основной задачей исследования кинематики механизмов является изучение движения звеньев механизмов вне зависимости от сил, действующих на эти звенья.

В курсовой работе по заданной структурной схеме рычажного механизма необходимо подобрать длины его звеньев так, чтобы выполнялось основное условие синтеза: механизм должен быть кривошипным, т. е. входное звено должно при работе механизма совершать полный оборот. Кроме того, необходимо учесть дополнительные условия, оговоренные в указаниях к заданию на курсовую работу.

Построить план скоростей для первого (если другое не указано в задании) положения при рабочем ходе и определить линейные скорости всех точек механизма.

Построить план ускорений для первого (если другое не указано в задании) положения и определить линейные ускорения всех точек механизма.

Планом скоростей звена называется плоский пучок векторов, идущих из полюса, которые изображают в масштабе абсолютные скорости точек звена; отрезки, соединяющие концы векторов, изображают относительные скорости точек. Совокупность планов скоростей звеньев с общим полюсом называется планом скоростей механизма. Определение плана ускорений аналогично.

Для этого же при рабочем ходе положения определить скорости и ускорения центров масс звеньев. Принять положения центра масс посередине звена. Для этого же положения механизма определить величины и направления угловых скоростей и ускорений звеньев.

**2** Во втором разделе пояснительной записки к курсовой работе выполняется силовой анализ для первого (или указанного) положения механизма.

Необходимо выполнить силовой анализ последовательным методом по структурным группам Ассур. Расчет проводится по структурной формуле, начиная со структурной группы Ассур, завершающей механизм.

В результате расчета требуется определить:

- уравновешивающую силу на ведущем звене механизма;

– силы реакций во всех кинематических парах с учетом сил инерции, сил тяжести звеньев.

Для этого же положения определить уравнивающую силу методом рычага Жуковского и сравнить результат с расчетом по методу планов сил (допустимая погрешность 10 %).

Метод рычага Жуковского представляет собой геометрическую интерпретацию принципа возможных перемещений. Он применяется для плоских механизмов и позволяет определить уравнивающую силу без предварительного определения реакций в кинематических парах.

Суть метода состоит в следующем: если в соответствующие точки плана скоростей механизма приложить все активные силы и силы инерции, повернутые на  $90^\circ$  в одну сторону, то сумма моментов этих сил относительно полюса плана скоростей, рассматриваемого как жесткий рычаг, равна нулю.

Графический материал по пунктам 1 и 2 выполнить на листе формата А1, расчеты в пояснительной записке.

**3** В третьем разделе пояснительной записки к курсовой работе необходимо определить общее передаточное отношение заданного зубчатого механизма и передаточные отношения его простой и планетарной ступеней. При определении передаточного отношения планетарных передач используется метод обращенного движения (метод остановки водила).

Задача синтеза планетарного механизма заключается в назначении чисел зубьев зубчатых колес с учетом условий обеспечения требуемого передаточного отношения, соосности, сборки и соседства, отсутствия подрезания.

Условие соосности обеспечивает совпадение осей вращения центральных зубчатых колес и водила, иначе механизм заклинит.

Условие соседства сателлитов выражается в том, что соседние сателлиты не должны касаться друг друга окружностями вершин.

Условие сборки заключается в том, что при сборке после установки первого сателлита может оказаться, что остальные сателлиты установить нельзя. Это происходит потому, что поставленный первым сателлит полностью определяет взаимное положение центральных колес.

Условие отсутствия подрезания колес с внешними зубьями обеспечивается, если для всех колес с внешними зубьями число зубьев не меньше 17.

Требуется 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.

**4** 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 три кинематических графика. На формате наносятся оси всех графиков и в произвольном масштабе заданный график вычерчивается в своих осях. Заданные графики, очерченные такими кривыми, как синусоида, косинусоида, эллипс, парабола должны быть построены известными из геометрического черчения графическими методами.

Определить масштабные коэффициенты по осям координат всех кинематических графиков. Пользуясь методом обращенного движения, выстроить профиль кулачка.

Метод обращенного движения заключается в том, что мысленно всему механизму сообщают вращение вокруг центра вращения кулачка с угловой скоростью  $(-\omega_1)$  равной, но противоположно направленной угловой скорости кулачка. Тогда кулачок становится как бы неподвижным, т. к.  $\omega_1 + (-\omega_1) = 0$ , а стойка с выходным звеном будут вращаться вокруг центра вращения кулачка  $O_1$  в противоположную сторону (рисунок 5.3).

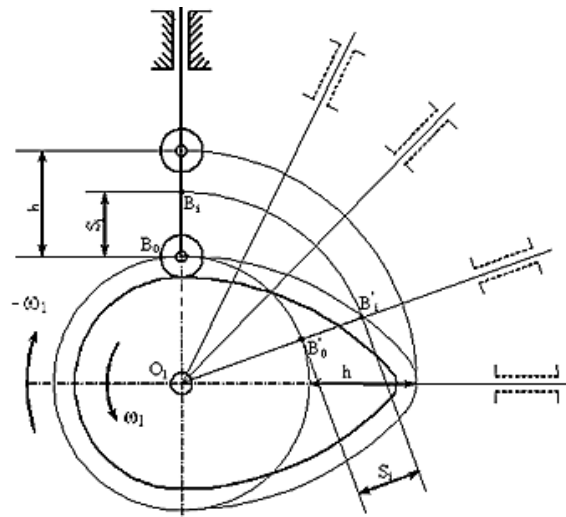


Рисунок 5.3 – Схема перемещения толкателя кулачкового механизма с роликовым толкателем

Построить кинематическую схему кулачкового механизма. Определить максимальную линейную скорость и ускорение толкателя / конца колебателя.

Графический материал по пунктам 3 и 4 выполнить на листе формата А1, расчеты в пояснительной записке. Пример оформления графической части на рисунках А.1 и А.2.

Исходные данные для расчетов выдаются преподавателем.

- 1 Размеры звеньев выбрать так, чтобы механизмы были кривошипными.
- 2 При расчетах принять, что все звенья – однородные стержни.
- 3 Вес звеньев задать пропорционально длинам.
- 4 Размеры звеньев указать в метрах, силы – в ньютонах.
- 5 Выбрать направление вращения звена 1 так, чтобы прямой ход механизма был больше обратного.

## Список литературы

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

2 **Борисенко, Л. А.** Теория механизмов, машин и манипуляторов: учебник / Л. А. Борисенко. – Мн. : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2018. – 283 с.

3 **Кореняко, А. С.** Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учеб. пособие / А. С. Кореняко; под ред. А. С. Кореняко. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Альянс, 2018. – 332 с.

# Приложение А (обязательное)

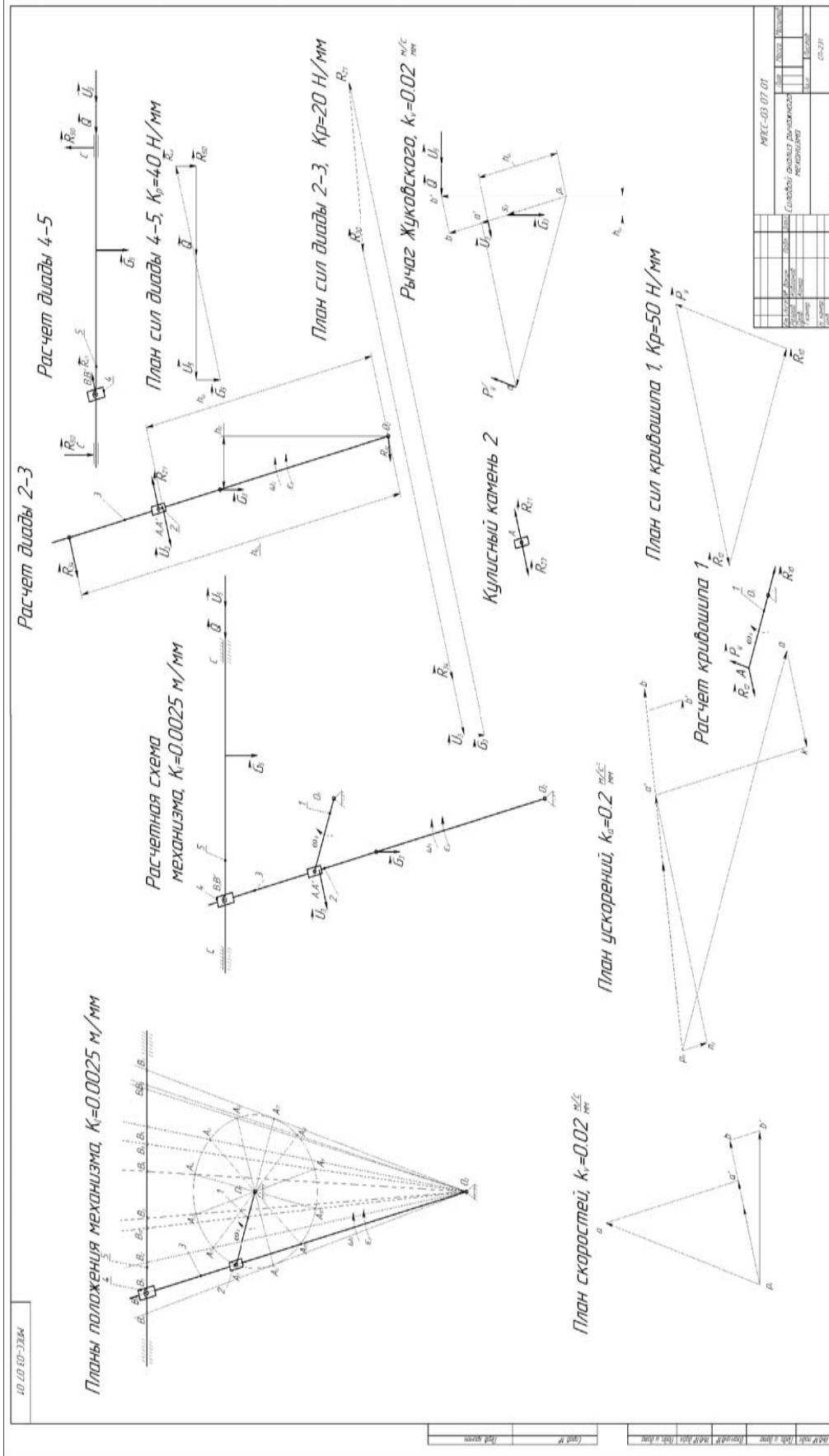


Рисунок А.1 – Пример оформления графической части по пунктам 1 и 2

