



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Механика и инженерная графика»

**А. З. Брумин, Д. Н. Котов**

# **Теория механизмов и машин**

**Методические указания для выполнения  
расчетно-графической работы**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК 621.01  
ББК 34.41  
Б-89

**Брумин, А. З.**

**Б-89** Теория механизмов и машин : методические указания для выполнения расчетно-графической работы / А. З. Брумин, Д. Н. Котов. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 72 с.

В учебном издании приведены основные понятия и определения по структурному анализу механизмов, представлена последовательность решения графическим методом кинематического и кинетостатического анализа рычажных механизмов, геометрического и кинематического расчета зубчатого зацепления. Представлены задания на расчетно-графическую работу, включающие схемы и исходные данные для проектирования рычажного механизма.

Методические указания предназначены для студентов инженерного факультета, обучающихся по направлению подготовки: «Агроинженерия», профили подготовки: «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в агропромышленном комплексе» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профиль подготовки: «Автомобили и автомобильное хозяйство».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

© Брумин А. З., Котов Д. Н., 2014

## Оглавление

Предисловие.....	4
1. Задания к расчетно-графической работе.....	5
1.1. Общие указания к решению задач.....	5
1.2. Оформление расчетно-графической работы.....	7
1.3. Критерии оценки.....	9
2. Основы структурного анализа рычажных механизмов.....	16
3. Кинематический анализ методом построения планов.....	22
3.1. План положений механизма.....	23
3.2. Определение скоростей и ускорений точек и звеньев механизма.....	24
4. Кинетостатический анализ рычажных механизмов графо-аналитическим методом.....	30
5. Геометрический и кинематический расчет зубчатого зацепления.....	33
5.1. Общие сведения.....	33
5.2. Геометрический расчет зубчатого зацепления.....	34
5.3. Качественные показатели зацепления.....	38
5.4. Кинематический расчет зубчатого механизма.....	41
6. Пример выполнения расчетно-графической работы.....	43
6.1. Пример задания на РГР.....	43
6.2. Структурный и кинематический анализ рычажного механизма.....	44
6.3. Кинетостатический анализ рычажного механизма.....	52
6.4. Геометрический и кинематический расчет зубчатого механизма.....	57
Рекомендуемая литература.....	66
Приложения.....	67

## Предисловие

В рабочей программе дисциплины «Теория механизмов и машин», разработанной на кафедре «Механика и инженерная графика», предусмотрено выполнение расчетно-графической работы. Расчетно-графическая работа выполняется студентами в часы самостоятельной работы по изучению данной учебной дисциплины.

Цель выполнения расчетно-графического работы состоит в приобретении студентами знаний и умений использования теоретических знаний для решения практических задач по исследованию и проектированию механизмов, применяемых в механизации производственных процессов сельскохозяйственных работ.

В процессе выполнения данной расчетно-графической работы у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

- способность разрабатывать и использовать графическую техническую документацию;
- готовность к участию в проектировании новой техники и технологии;
- готовность к выполнению элементов расчетно-проектировочной работы по созданию и модернизации систем и средств эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

В методических указаниях приведены сведения по теоретическим вопросам основ структурного, кинематического и динамического анализа рычажных механизмов, требования по оформлению расчетно-графической работы и пример ее выполнения.

Задания на выполнение расчетно-графической работы содержат структурные схемы рычажных и зубчатых механизмов и таблицы числовых значений параметров.

Номер задания и варианта назначается студентам преподавателем в начале изучения дисциплины. Студенты, не выполнившие расчетно-графическую работу, к сдаче зачета не допускаются.

# 1. Задания к расчетно-графической работе

## 1.1. Общие указания к решению задач

Предлагается 4 темы заданий, содержащих по 10 вариантов числовых значений параметров рычажных кривошипно-ползунных механизмов разного типа сборки и многоступенчатых зубчатых механизмов. Номер темы и варианта задания выдается студентам преподавателем-руководителем расчетно-графической работы (РГР) на начальных занятиях изучения курса «Теория механизмов и машин». Расчетно-графическая работа включает решение трех задач в указанной ниже последовательности их выполнения.

### 1.1.1. Структурное и кинематическое исследование рычажного механизма

Данная задача выполняется в следующем порядке:

1. Структурное исследование рычажного механизма. Определить число звеньев, число и класс кинематических пар, степень подвижности механизма, класс и вид структурных групп, записать формулу строения механизма;

2. Определение положений механизма. Начертить тонкими линиями (в масштабе длин звеньев  $\mu_l = 0,005 \text{ м/мм}$ ) схему механизма в 12 равноотстоящих положениях входного (начального) звена. Такое построение называется *планом положений механизма*. В положении  $\varphi_1$ , указанном в задании для РГР, начертить схему механизма толстыми сплошными линиями.

3. Определение скоростей. В положении  $\varphi_1$  начертить план скоростей в приемлемом масштабе  $\mu_v$ . Определить линейные скорости точек А,  $S_2$  и В, угловые скорости кривошипа 1  $\omega_1$  и шатуна 2  $\omega_2$ .

4. Определение ускорений. В положении  $\varphi_1$  начертить план ускорений в приемлемом масштабе  $\mu_a$ . Определить линейные абсолютные ускорения точек А,  $S_2$  и В, угловое ускорение шатуна 2  $\varepsilon_2$ .

Графические построения планов механизма, скоростей

и ускорений выполнить на листе формата А4 карандашом или на компьютере в графическом редакторе «КОМПАС». Масштабы планов следует выбирать так, чтобы на этом листе осталось место для графических построений задачи кинетостатического расчета механизма.

### 1.1.2. Кинетостатическое исследование рычажного механизма

Данная задача РГР выполняется в следующем порядке:

1. Определить силы тяжести, силу инерции и момент сил инерции шатуна 2 и ползуна 3;
2. Пользуясь формулой строения механизма, составленной при решении первой задачи РГР, начертить в масштабе  $\mu_l$  расчетную схему структурной группы Ассура;
3. Составить уравнения кинетостатики структурной группы механизма и определить методом построения планов сил реакции  $R_{12}$  и  $R_{43}$  во вращательной кинематической паре А и в поступательной паре С;
4. Начертить в масштабе  $\mu_l$  расчетную схему входного (начального) звена рычажного механизма, показать действие сил без соблюдения масштаба сил;
5. Составить уравнения кинетостатики входного звена и определить методом построения плана сил реакцию  $R_{41}$  во вращательной кинематической паре  $O_1$ , а также уравновешивающую силу  $F_{уп}$ , приложенную в точке А под углом  $90^\circ$  к кривошипу 1.

Масштабы графических построений расчетных схем и планов сил выбрать так, чтобы эти чертежи уместились на свободном месте листа формата А4, где размещены чертежи первой задачи.

### 1.1.3. Геометрический и кинематический расчет зубчатого механизма

Данная задача выполняется в следующей последовательности:

1. Ознакомиться с исходными данными зубчатого механизма и выяснить наличие коэффициентов смещения режущего инструмента, при нарезании зубьев изображенных на схеме

зубчатых колес; выяснить: есть ли необходимость выбора какой-либо величины этого коэффициента по условию устранения подреза ножек зубьев данных колес;

2. Определить геометрические размеры пары нулевых зубчатых колес внешнего зацепления, у которых коэффициенты смещения равны нулю;

3. Определить коэффициенты показателей качества зацепления указанной пары зубчатых колес внешнего зацепления: коэффициенты заострения вершин зубьев, коэффициенты перекрытия, коэффициенты скольжения, коэффициенты давления;

4. Определить передаточное отношение  $u_{14}$  и частоту вращения  $n_4$  выходного звена 4, если частота вращения входного звена 1 равна  $n_1$  данной в первой строке таблиц 1-4 исходных данных. Начертить на листе А4 в масштабе уменьшения или увеличения фрагмент одного из зубчатых колес, размеры которого определены в ходе геометрического расчета.

## 1.2. Оформление расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки формата А4 на 10-12 страницах и графической части на 2 листах формата А4.

Расчетно-пояснительная записка составляется по требованиям государственного стандарта на оформление текстовой части проектной документации. Текст пишется на одной стороне листа чернилами одного цвета или печатается с расстоянием между строками 10 мм и с полями слева 30 мм, вверху и внизу 15 мм, справа 10 мм. Сокращение слов и их замена знаками не допускается за исключением установленных ГОСТ 2.216–68. Заголовки разделов и подразделов выделяются написанными более крупным шрифтом, а от основного текста разделяются пробелами. Разделы нумеруются арабскими цифрами, отделенными от названия точками. Номер подраздела отделяется от его названия и номера раздела точками. Введение и заключение не нумеруются.

Расчетные формулы записывают в буквенных обозначениях с экспликацией, в которой приводят наименование каждой величины, входящей в формулу, и единицу СИ. Номер формулы

А

состоит из номера раздела и порядкового номера, разделенных точкой. Он записывается на правом краю страницы и заключается в скобки (см. любую формулу настоящего пособия). Затем в формулу подставляют числовые значения и приводят результаты вычислений с указанием единицы СИ. Буквенные обозначения единиц СИ, входящих в произведение, следует отделять точками на середине строки, например: Н·м. При применении косой черты обозначения единиц СИ числитель и знаменатель следует помещать в строку, а произведение в знаменателе заключать в скобки: мм/(м·с<sup>-2</sup>).

Для повторяющихся вычислений записывается расчетная формула, расчет в одной позиции, а результаты расчетов в других позициях механизмов представляются в табличной форме. Каждая таблица должна иметь заголовок, отражающий содержание таблицы, а также заголовки боковых и граф, содержащих единицу измерения величин. Номер таблицы записывают справа и выше её заголовка. Он состоит из номера раздела, точки и порядкового номера таблицы в данном разделе

Основной текст записки должен быть кратким, четким, но достаточным для точного и конкретного отражения содержания расчетов, графических построений и выводов. В записке должны быть ссылки на используемые литературные источники, список которых приводят в конце брошюры. Порядок подшивки брошюры таков: титульный лист (прил. 1), задание на расчетно-графическую работу (прил. 2), реферат (прил. 3), оглавление (прил. 4), введение, основной текст записки, заключение, список использованной литературы и источников.

Титульный лист заполняется чертежным шрифтом карандашом (тушью) или печатается.

Страницы нумеруют арабскими цифрами, начиная с титульного листа до последнего листа записки. На титульном листе номер не ставят.

Графические построения выполняются на отдельном листе чертежной бумаги формата А4 с соблюдением стандартов графической части проектной документации.

Диаграммы, изображающие функциональные зависимости двух или более переменных величин в системе координат, выполняются согласно ГОСТ Р 50-77-88. Координатные оси