



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Механика и инженерная графика»

**В. А. Киров, Ю. З. Кирова**

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

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

для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению 110800 «Агроинженерия»

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2013

УДК 531 (07)  
ББК 22.21 Р  
К-74

**Киров, В. А.**

**К-74** Теоретическая механика : методические указания для выполнения расчетно-графической работы / В. А. Киров, Ю. З. Кирова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2013. – 72 с.

Данное издание содержит указания и контрольные задания для выполнения расчетно-графической работы по теоретической механике.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА, 2013  
© Киров В.А., Кирова Ю.З., 2013

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе теоретической механики студенты изучают три ее раздела: статику, кинематику и динамику.

Для успешного овладения курсом студент должен иметь соответствующую математическую подготовку. Во всех разделах дисциплины, начиная со статики, широко используется векторная алгебра. Необходимо уметь вычислять проекции векторов на координатные оси, находить геометрически (построением векторного треугольника или многоугольника) и аналитически (по проекциям на координатные оси) сумму векторов, вычислять скалярное и векторное произведения двух векторов и знать свойства этих произведений, а в кинематике и динамике – дифференцировать векторы.

Для изучения кинематики надо свободно дифференцировать функции одного переменного, строить графики этих функций.

Для изучения динамики надо уметь находить интегралы (неопределенные и определенные) от простейших функций, вычислять частные производные и полный дифференциал функций нескольких переменных, а также уметь интегрировать дифференциальные уравнения.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования выпускник должен обладать профессиональными компетенциями:

- способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа;

- способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и тепломассообмена; знанием устройства и правил эксплуатации гидравлических машин и теплотехнического оборудования;

- готовностью к участию в проектировании новой техники и технологии.

Цель издания – помочь студентам в формировании у них системы компетенций для развития логического мышления в области механического движения.

# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1. СТАТИКА

Основные понятия статики. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Система сходящихся сил. Проекция силы на ось и на плоскость. Условие равновесия системы сходящихся сил в аналитической и геометрической форме. Момент силы относительно центра и оси. Система параллельных сил. Теория пар сил. Система произвольных сил. Теорема Вариньона. Условия равновесия системы параллельных и произвольно расположенных сил. Равновесие системы тел. Центр тяжести. Трение скольжения. Трение качения.

## 2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Общие сведения. Способы задания движения точки. Определение скорости и ускорения точки при различных способах задания ее движения.

Поступательное и вращательное движение твердого тела. Сложное движение точки. Теоремы о сложении скоростей и ускорений. Ускорение Кориолиса. Плоскопараллельное движение твердого тела. Мгновенный центр скоростей. Способы нахождения мгновенного центра скоростей. Определение скоростей и ускорений точек плоской фигуры.

## 3. ДИНАМИКА

Основные законы динамики. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Две задачи динамики.

Центр масс системы. Теорема о движении центра масс системы. Количество движения материальной точки, твердого тела и механической системы. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения материальной точки и механической системы. Моменты инерции твердого тела. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Кинетический момент механической системы относительно центра и оси.

Теорема об изменении момента количества движения материальной точки относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента механической системы относительно центра и оси. Дифференциальное уравнение вращающегося твердого тела. Работа силы и момента. Кинетическая энергия материальной точки, твердого тела при различных видах его движения и механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки и механической системы.

Силы инерции. Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.

Возможные перемещения. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики. Обобщенные скорости и обобщенные силы. Уравнение Лагранжа II рода.

## **УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Расчетно-графическая работа выполняется на отдельных листах формата А4. Пример оформления титульного листа представлен в приложении 1.

К каждой задаче дается 10 рисунков и таблица, содержащая дополнительные к тексту задачи условия. Нумерация рисунков двойная, при этом номером рисунка является цифра, стоящая после точки. Например, рис. С1.4 – это рисунок 4 к задаче С1 и т.д.

Студент во всех задачах выбирает номер условия в таблице по последней цифре своего варианта, а номер рисунка – по предпоследней; например, если вариант оканчивается числом 46, то необходимо взять условия 6 из таблицы и рисунок 4.

Рисунок должен быть аккуратным и наглядным, а его размеры должны позволять показать все необходимые векторы – силы, скорости, ускорения и др. Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями, следует подробно излагать весь ход расчетов, обязательно указывая единицы измерения получаемых величин.

Зачет по расчетно-графической работе ставится тогда, когда работа соответствует предъявляемым требованиям, студент владеет изложенным в работе материалом и свободно отвечает на поставленные вопросы.

## ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

### СТАТИКА

Статика – это раздел механики, который изучает законы равновесия материальных тел. Силой называется мера механического взаимодействия материальных тел. Сила характеризуется точкой, в которой она приложена, направлением и величиной. Системой сил называют группу нескольких сил, приложенных к телу в тех или иных точках. Силы системы выражают различные воздействия на данное тело со стороны других материальных объектов. Систему сил обозначают таким образом:  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ .

Алгебраическим моментом силы относительно точки называют алгебраическую величину произведения модуля (величины) силы на плечо этой силы относительно этой точки, взятое со знаком «+» или «-».

При этом плечом  $h$  силы  $\vec{F}$  называется кратчайшее расстояние между этой точкой и линией действия силы, то есть длина отрезка перпендикуляра, опущенного из точки  $O$  на линию действия силы  $\vec{F}$ .

Плоской системой сил называется такая система сил, приложенных к твердому телу, линии действия которых лежат в одной плоскости и не пересекаются в одной точке.

Для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух взаимно перпендикулярных координатных осей и сумма их моментов относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, были равны нулю.

Эти условия в аналитической форме выглядят так:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0; \quad \sum_{u=1}^m F_{iy} = 0; \quad \sum_{u=1}^m M_0(F_i) = 0.$$

Моментом силы относительно оси называют алгебраический момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью.

Общие правила определения момента силы относительно оси такие же, как и для определения момента силы относительно точки. То есть: момент силы относительно оси считается

положительным, если проекция силы на плоскость, перпендикулярную оси, стремится вращать тело вокруг положительного направления оси против часовой стрелки, и отрицательным, если она стремится вращать тело по часовой стрелке.

Для равновесия произвольной системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо, чтобы суммы проекций всех сил на оси координат равнялись нулю, и суммы моментов всех сил относительно осей координат также равнялись нулю:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n F_{ix} = 0 & \quad \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0 & \quad \sum_{i=1}^n F_{iz} = 0, \\ \sum_{i=1}^n M_x(\mathbf{F}_i) = 0 & \quad \sum_{i=1}^n M_y(\mathbf{F}_i) = 0 & \quad \sum_{i=1}^n M_z(\mathbf{F}_i) = 0. \end{aligned}$$

### Задача С1

#### Условия равновесия произвольной плоской системы сил

Жесткая рама закреплена в точке А шарнирно, а в точке В прикреплена или к невесомому стержню с шарнирами или к шарнирной опоре на катках (рис. С1.0–С1.9).

В точке С к раме привязан трос, перекинутый через блок и несущий на конце груз весом  $P = 15$  кН. На раму действуют пара сил с моментом  $M = 40$  кНм и две силы, величины направления и точки приложения которых, указаны в таблице 1. В последнем столбце таблицы 1 указан участок, на котором действует равномерно распределенная нагрузка интенсивности  $q$ . Направление действия распределенной нагрузки на горизонтальном участке – вниз, на вертикальном – влево. Определить реакции связей в точках А и В, вызываемые действующими нагрузками. При окончательных расчетах принять  $a = 0,5$  м.

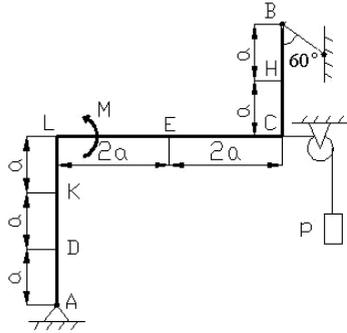


Рис. C1.0

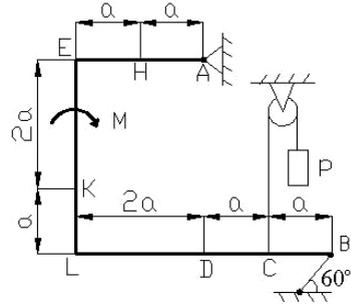


Рис. C1.1

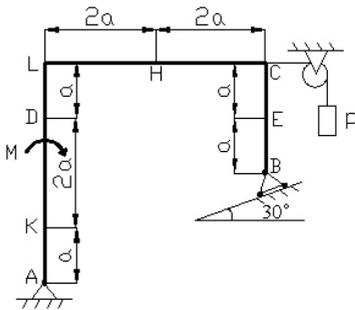


Рис. C1.2

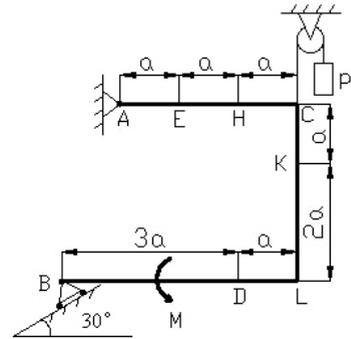


Рис. C1.3

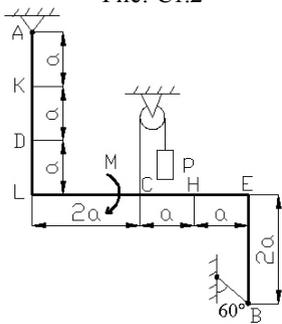


Рис. C1.4

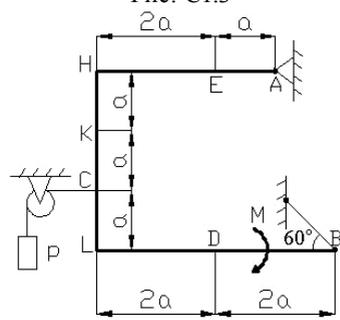


Рис. C1.5