

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кошкин Андрей Юльевич

Должность: ректор

Дата подписания: 28.10.2023 12:54:59

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448412683491634910c0f1d3e1e0

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО ПРИМОРСКАЯ ГСХА

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра проектирования и механизации технологических процессов

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

« 30 » января 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ С.А. Шишлов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**35.03.06. Агроинженерия**

(код и наименование направления подготовки)

**Технические системы в агробизнесе**

(код и наименование профиля подготовки)

**Квалификация (степень) бакалавр**

Уссурийск 2020 г.

# 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

## Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

### «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

#### а. модели контролируемых компетенций:

Компетенция, формируемая в результате изучения дисциплины (модуля):

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения цели	Наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции			
ОПК-1	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК- 1.1	Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения задач в профессиональной деятельности

#### б. – сведения об иных дисциплинах (модулях), участвующих в формировании данных компетенций:

В формировании компетенции ОПК-1, участвуют дисциплины (модули): математика; физика; гидравлика; материаловедение и технология конструкционных материалов; метрология, стандартизация и сертификация; теоретическая механика; теория машин и механизмов; сопротивление материалов; электропривод и электрооборудование; надежность технических систем.

#### с. требование к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

##### знать:

- основные законы математических и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1.1);

##### уметь:

- применять основные законы математических и естественных наук для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1.1).

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 1 – Оценка контролируемой компетенции

№ п/п	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства**
1	Статика	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
2	Кинематика точки	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
3	Кинематика твердого тела	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
4	Динамика точки	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
5	Динамика механической системы	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
6	Элементы аналитической механики	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)
7	Теория удара	ОПК-1.1	Тесты (письменно), расчетно-графическая работа (письменно), коллоквиум (письменно), собеседование (устно)

\* Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины.

Таблица 2 - Примерный перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимся.	Вопросы по темам/разделам дисциплины.
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий.
3	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы.
4	Собеседование	Средство контроля, организованное как	Вопросы по темам/

	специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанные на выяснения объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т. п.	разделам дисциплины.
--	--	----------------------

Таблица 3 – Планируемые уровни сформированности компетенций

Индекс компетенции	Критерии оценки	Результаты освоения
ОПК-1	Неудовлетворительно - Не зачтено	Не способен осуществлять поиск и синтез информации для решения поставленных задач на основе знаний основных законов математики и естественных наук, не способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.
	Удовлетворительно - Зачтено	Допускает ошибки при осуществлении поиска и синтеза информации для решения поставленных задач на основе знаний основных законов математики и естественных наук, а так же при участии в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.
	Хорошо – Зачтено	В большинстве случаев способен осуществлять поиск и синтез информации для решения поставленных задач на основе знаний основных законов математики и естественных наук, а так же участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.
	Отлично -Зачтено	Способен осуществлять поиск и синтез информации для решения поставленных задач на основе знаний основных законов математики и естественных наук, участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.

### **3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

**Промежуточная аттестация качества** подготовки студентов по дисциплине (модулю) «Теоретическая механика» проводится в соответствии с локальными нормативными актами Академии и является обязательной, предназначена для определения степени достижения учебных целей по дисциплине и проводится в форме экзамена в 2-м семестре и в форме экзамена во 2-ом семестре.

Обучающиеся готовятся к экзамену самостоятельно, перед экзаменом проводится консультация. Подготовка заключается в изучении программного материала дисциплины с использованием личных записей, сделанных в рабочих тетрадях, и рекомендованной в процессе изучения дисциплины литературы. При необходимости обучающиеся обращаются за консультацией к преподавателю, ведущему данную дисциплину.

Форма проведения промежуточной аттестации для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбирается с учетом

индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При необходимости обучающимся инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене.

Методика оценивания знаний, умений и навыков

Итоговая оценка считается по формуле:

$$\frac{n + n + \dots}{q},$$

где  $n$  - количество баллов, набранных студентом по компетенции

(максимальное количество баллов – 5);

$q$  - количество компетенций.

Показатели «знать», «уметь» при промежуточной аттестации в форме экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», что соответствует уровням сформированности компетенций «высокий», «базовый», «пороговый», «низкий».

«Отлично» – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логично его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» – обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

Текущая аттестация обучающихся по дисциплине (модулю) «Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины» проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов освоения дисциплины (модуля) в соответствии компетенциями и с дифференциацией по показателям «знать» и «уметь».

**4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 4.1 Тестовые задания для оценки заявленных компетенций (ОПК-1.1)

по показателю «Знать»

**Тип заданий: выбор одного правильного варианта из предложенных вариантов ответов.**

Вариант задания 1.

**Если сила приложена в одной точке, то она называется:**

1. сосредоточенной
2. распределенной
3. объемной
4. плоской

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 2.

**Реакция шарнирно-неподвижной опоры без трения проходит:**

1. по касательной к шарниру
2. через цент шарнира
3. вне шарнира
4. через хорду шарнира

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 3.

**Для равновесия системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраические суммы проекции всех сил на каждую из трех координатных осей равнялись:**

1. нулю
2. друг другу
3. геометрической сумме
4. алгебраической сумме

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 4.

**Расстояние между линиями действия сил пары называется её:**

1. длиной
2. шириной
3. плечом
4. локтем

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 5.

**Момент пары определяется \_\_\_\_\_ модуля одной из сил, образующих пару и плеча пары:**

1. делением
2. произведением
3. разностью
4. суммой

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 6.

**Соппротивление возможному или действительному перемещению в плоскости соприкосновения тел называется:**

1. трением
2. смещением
3. противодействием
4. противостоянием

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 7.

**Центр тяжести треугольника лежит в точке пересечения его:**

1. сторон
2. перпендикуляров
3. биссектрис
4. медиан

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 8.

**Максимальная сила трения скольжения \_\_\_\_\_ силе нормального давления тела на опорную поверхность:**

1. пропорциональна
2. равна
3. не пропорциональна
4. обратно пропорциональна

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 9.

**При каком способе задания движения точки задается траектория движения:**

1. векторном
2. координатном
3. плоском
4. естественном

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 10.

**Характеристикой быстроты и направления движения точки является:**

1. ускорение
2. перемещение
3. скорость
4. вращение

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 11.

**Быстрота измерения скорости характеризуется:**

1. скоростью
2. перемещением
3. вращением
4. ускорением

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 12.

**Движение, при котором все точки, лежащие на некоторой прямой, называемой осью вращения, все время остаются неподвижными, называется:**

1. вращательным
2. поступательным
3. сложным
4. прямолинейным

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 13.

**Движение, при котором точка движется относительно системы отчета, перемещающейся по отношению к некоторой другой системе отчета, принятой за неподвижную, называется:**

1. вращательным
2. поступательным
3. сложным
4. прямолинейным

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 14.

**Движение точки по отношению к подвижной системе координат называется:**

1. вращательным
2. абсолютным
3. переносным
4. относительным



Правильный ответ: 4.

Вариант задания 15.

**Движение точки, обусловленное движением подвижной системы координат называется:**

1. вращательным
2. переносным
3. сложным
4. абсолютным

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 16.

**Удвоенное векторное произведение угловой скорости подвижной системы координат на вектор относительной скорости – это есть:**

1. ускорение Кориолиса
2. переносное ускорение
3. относительное ускорение
4. окружная скорость

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 17.

**Материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока действие других тел не изменит это состояние – это:**

1. основной закон динамики (2-й закон Ньютона)
2. закон инерции (1-й закон Ньютона)
3. закон равенства действия и противодействия (3-й закон Ньютона)
4. закон независимости сил

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 18.

**Примерами \_\_\_\_\_ сил могут служить сила тяжести, сила давления воды, давления ветра, сыпучих грузов и т.д.:**

1. распределенных
2. сосредоточенных
3. активных
4. внутренних

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 19.

**При совпадении частот вынужденных и свободных колебаний возникает явление:**

1. дисбаланса

2. ползучести
3. резонанса
4. релаксации

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 20.

**В каждый момент движения сумма активных сил, реакций связей и сил инерции равна нулю – это принцип:**

1. Даламбера
2. Пуассона
3. Ньютона
4. Гука

Правильный ответ: 1.

#### **4.2 Тестовые задания для оценки заявленных компетенций (ОПК-1.1) по показателю «Уметь»**

**Тип заданий: выбор одного правильного варианта из предложенных вариантов ответов.**

Вариант задания 1.

**Вектор силы  $F = 2$  Н составляет с осью  $X$  угол  $0$  градусов, тогда проекция силы на эту ось будет равна:**

1. 0
2. 2 Н
3. 20 Н
4. 2 кг

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 2.

**Вектор силы  $F = 2$  Н составляет с осью  $X$  угол  $180$  градусов, тогда проекция силы на эту ось будет равна:**

1. 0
2. 2 Н
3. 20 Н
4. - 2 Н

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 3.

**Вектор силы  $F = 2$  Н составляет с осью  $X$  угол  $90$  градусов, тогда проекция силы на эту ось будет равна:**

1. 0
2. 2 Н

3. 20 Н
4. - 2 Н

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 5.

**Чему будет равна проекция силы  $F = 60$  Н на ось, если угол между вектором силы и осью составляет 60 градусов:**

1. 360 Н
2. 30 Н
3. 60 Н
4. 0

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 6.

**Если линия действия приложенной к твердому телу силы  $F = 5$  Н проходит на расстоянии 2 м от точки О, то алгебраический момент силы  $F$  относительно точки О будет равен:**

1. 0
2. 2 Н
3. 20 Н
4. 10Н

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 7.

**Как изменится момент силы, если плечо силы увеличить в 2 раза:**

1. не изменится
2. уменьшится в 2 раза
3. увеличится в 2 раза
4. увеличится в 4 раза

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 8.

**Чему будет равен момент силы  $F = 6$  кН относительно центра О, если линия действия силы  $F$  проходит через центр О:**

1. 0
2. 6 кНм
3. 60 кНм
4. 1 кНм

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 9.

Две силы  $F_1 = 30\text{Н}$  и  $F_2 = 40\text{Н}$  приложены к телу в одной точке и направлены под углом  $90$  градусов друг к другу, чему равна их равнодействующая:

1.  $150\text{ Н}$
2.  $50\text{ Н}$
3.  $70\text{ Н}$
4.  $10\text{ Н}$

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 10.

Определить значение равнодействующей трех сил  $F_1 = F_2 = F_3 = 10\text{ Н}$ , вектора которых направлены из центра под углом  $120$  градусов друг к другу:

1.  $10\text{ Н}$
2.  $30\text{ Н}$
3.  $0\text{ Н}$
4.  $20\text{ Н}$

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 11.

Если движение точки в плоскости  $Oxy$  задано уравнениями  $x = 2t$ ,  $y = 12t^2$   $F_1 = F_2 = F_3 = 10\text{ Н}$ , то положение точки на плоскости в момент времени  $t = 1\text{ с}$ , будет определяться координатами:

1.  $x = 1$ ;  $y = 1$
2.  $x = 2$ ;  $y = 12$
3.  $x = 2$ ;  $y = 4$
4.  $x = 0$ ;  $y = 2$

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 12.

Если точка движется со скоростью  $v = 2\text{ м/с}$  по криволинейной траектории с радиусом  $R = 0,5\text{ м}$ , то ее нормальное ускорение будет равно:

1.  $10\text{ м/с}^2$
2.  $1\text{ м/с}^2$
3.  $8\text{ м/с}^2$
4.  $4\text{ м/с}^2$

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 13.

Если точка движется по окружности с радиусом  $R = 2\text{ м}$ , со скоростью  $v = 4\text{ м/с}$ , то ее угловая скорость будет равна:

1.  $2 \text{ с}^{-1}$
2.  $0,5 \text{ с}^{-1}$
3.  $8 \text{ с}^{-1}$
4.  $10 \text{ с}^{-1}$

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 14.

**Частота вращения вала, при его угловой скорости  $\omega = 30\pi$ , будет равна:**

1.  $30 \text{ мин}^{-1}$
2.  $90 \text{ мин}^{-1}$
3.  $300 \text{ мин}^{-1}$
4.  $900 \text{ мин}^{-1}$

Правильный ответ: 4.

Вариант задания 15.

**Определить работу силы тяжести падающего тела массой 10 кг, с высоты 5 м (ускорение свободного падения принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ ):**

1. 50 Дж
2. 500 Дж
3. -500 Дж
4. 2 Дж

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 16.

**Если в рабочей камере цилиндра ДВС создается давление  $p = 2 \text{ МПа}$ , то сосредоточенная рабочая сила, действующая на поршень, при его диаметре  $d = 75 \text{ мм}$ , будет равна (значение округлить до целого числа):**

1. 8831 Н
2. 150 Н
3. 300 Н
4.  $10 \text{ с}^{-1}$

Правильный ответ: 1.

Вариант задания 17.

**Тело массой  $m = 5 \text{ кг}$ , двигающееся со скоростью  $v = 2 \text{ м/с}$ , обладает кинетической энергией равной:**

1. 2 Дж
2. 10 Дж

3. 5 Дж
4. 20 Дж

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 18.

**Точка от пункта А движется прямолинейно по закону  $S = 2t^2 + 4$ , где  $S$  в метрах,  $t$  в секундах, определить пройденный точкой путь при  $t = 1$  с:**

1. 2 м
2. 10 м
3. 6 м
4. 1 м

Правильный ответ: 3.

Вариант задания 19.

**Определить скорость точки движущейся по прямолинейной траектории по закону  $S = 4t^2 + 2$ , где  $S$  в метрах,  $t$  в секундах, при  $t = 1$  с:**

1. 4 м/с
2. 8 м/с
3. 1 м/с
4. 2 м/с

Правильный ответ: 2.

Вариант задания 20.

**Ускорение движущейся точки по прямолинейному участку по закону  $S = 2t^2 + 4$ , где  $S$  в метрах,  $t$  в секундах, при  $t = 1$  с, будет равно:**

1. 4 м/с<sup>2</sup>
2. 6 м/с<sup>2</sup>
3. 8 м/с<sup>2</sup>
4. 1 м/с<sup>2</sup>

Правильный ответ: 1.

### **Система оценки тестирования**

Оценка тестирования производится по 5-бальной шкале:

при тестировании получено более 90 % правильных ответов – оценка «отлично»;

получено менее 90, более 80 % правильных ответов – оценка «хорошо»;

получено менее 80, более 65 % правильных ответов – оценка «удовлетворительно»;

получено менее 65 % правильных ответов – оценка «не удовлетворительно».

### 4.3 Фонды текущей и итоговой оценки усвоения дисциплины

#### Коллоквиум № 1

**Тема: Статика. Основные понятия и определения. Условия равновесия.**

1. Понятие силы. Какие системы сил вы знаете?
2. Что называется равнодействующей силой? Способы определения равнодействующей силы.
3. Назовите условия равновесия сходящейся системы сил.
4. Дать определение теоремы о трех силах и обосновать ее содержание на схеме.
5. Составить уравнения равновесия для предложенной преподавателем системы сходящихся сил.
6. Понятие момента силы относительно центра. Момент пары сил и его определение.
7. Три формы условий равновесия произвольной плоской системы сил.
6. Дать формулировку теоремы о моменте равнодействующей и объяснить ее применение при решении задач на схеме.
7. Дать формулировку «Основной теоремы статики» и объяснить ее сущность на схеме.
8. Представить условия равновесия произвольной пространственной системы сил.
9. Что называется моментом силы относительно оси и как он определяется?
10. По предложенной преподавателем схеме составить уравнения равновесия произвольной пространственной системы сил.
11. Что называется центром тяжести тел? Способы определения центра тяжести. Представить формулы для определения центра тяжести.

#### Коллоквиум № 2

**Тема: Кинематика точки и твердого тела.**

1. Что называется кинематикой? Основные понятия кинематики точки.
2. Какие способы задания движения точки вы знаете?
3. Как определяется скорость точки при заданных способах движения?
4. Как определяется ускорение точки при заданных способах движения?
5. Дать понятие сложного движения точки.
6. Определение кинематических характеристик при сложном движении точки.
7. Как определяется модуль и направление кориолисова ускорения?
8. Что понимается под вращательным движением твердого тела?
9. Определение кинематических характеристик вращающегося тела.
10. Понятие плоскопараллельного движения твердого тела.
11. Определение кинематических характеристик плоского тела аналитическим методом.

#### Коллоквиум № 3

**Тема: Динамика точки и механической системы. Элементы аналитической механики, теория удара.**

1. Понятие динамики точки.
2. Дать формулировку основного закона динамики.
3. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на координатные оси.

4. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в проекциях на оси естественного трехгранника.
5. Понятия механической системы.
6. Как определяются моменты инерции относительно оси, центра? Центробежный момент инерции.
7. Что называется количеством движения?
8. Импульс и работа силы, мощность.
9. Общие теоремы динамики.
10. Принцип Даламбера и его применение при решении задач. Принцип возможных перемещений.
11. Понятие удара. Ударные силы и ударный импульс.

## Расчетно-графическая работа

**Пример выполнения:**

### Задача № 1

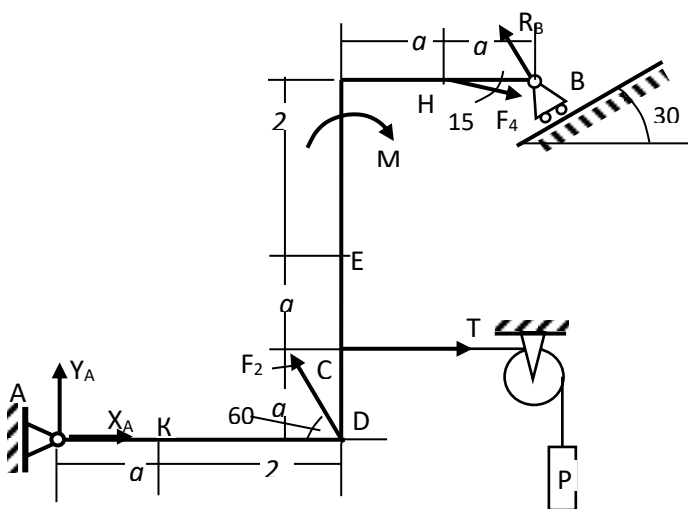
**Тема: Произвольная плоская система сил.**

#### ЗАДАНИЕ

Дано:  $P=25$  кН,  $M=100$  кНм,  $F_2 = 20$  кН,  $F_4 = 40$  кН,  $a=0,5$  м.

Найти: Реакции связей в т. А и В

РЕШЕНИЕ: Рассмотрим равновесие жесткой рамы. На раму действуют силы: силы  $\vec{F}_2$  и  $\vec{F}_4$ , пара сил с моментом  $M$ , натяжение троса  $\vec{T}$  ( $T = P$ ) и реакции связей  $\vec{X}_A$ ,  $\vec{Y}_A$ ,  $\vec{R}_B$ .



Неизвестны реакции связей  $\vec{X}_A$ ,  $\vec{Y}_A$ ,  $\vec{R}_B$ .

Для полученной плоской системы сил составим три уравнения равновесия:  
уравнение моментов относительно т. А

$$\Sigma m_A = 0, -M - 4aF_4 \cos 15^\circ - 4aF_4 \sin 15^\circ - 3aF_2 \sin 60^\circ - aT + 5aR_B \cos 30^\circ + 4aR_B \sin 30^\circ = 0,$$

отсюда

$$R_B = \frac{\frac{M}{a} + 4F_4(\cos 15^\circ + \sin 15^\circ) + 3F_2 \sin 60^\circ + T}{5 \cos 30^\circ + 4 \sin 30^\circ} =$$

$$= \frac{\frac{100}{0,5} + 4 \cdot 40(0,966 + 0,259) + 3 \cdot 20 \cdot 0,866 + 25}{5 \cdot 0,866 + 4 \cdot 0,5} = 74,7 \text{ (кН)};$$



уравнения проекций на оси координат

$$\Sigma F_x = 0, \quad X_A - F_2 \cos 60^\circ + F_4 \cos 15^\circ + T - R_B \sin 30^\circ = 0, \text{ отсюда}$$

$X_A = R_B \sin 30^\circ + F_2 \cos 60^\circ - F_4 \cos 15^\circ - T = 74,7 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,5 - 40 \cdot 0,966 - 25 = -16,3$  (кН) –  
действительное направление реакции противоположно изображенному на рисунке;

$$\Sigma F_y = 0, \quad Y_A + F_2 \sin 60^\circ - F_4 \sin 15^\circ + R_B \cos 30^\circ = 0, \text{ отсюда}$$

$Y_A = -F_2 \sin 60^\circ + F_4 \sin 15^\circ - R_B \cos 30^\circ = -20 \cdot 0,866 + 40 \cdot 0,259 - 74,7 \cdot 0,866 = -71,7$  (кН) –  
действительное направление реакции противоположно изображенному на рисунке.

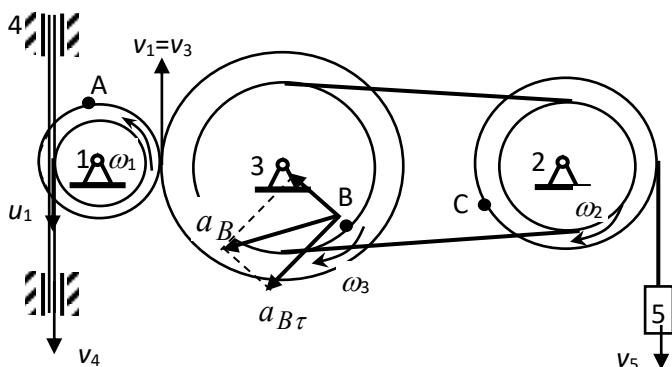
## Задача № 2

**Тема: Вращение тела вокруг неподвижной оси.**

### ЗАДАНИЕ

Дано:  $r_1 = 2$  см,  $R_1 = 4$  см,  $r_2 = 6$  см,  $R_2 = 8$  см,  $r_3 = 12$  см,  $R_3 = 16$  см,  $v_4 = 3t^2 - 8$ ,  $t_1 = 2$  с.

Найти: скорости  $v_A$ ,  $\omega_3$ , ускорения  $\varepsilon_3$ ,  $a_B$ ,  $a_5$ .



**РЕШЕНИЕ:**

Скорости точек, лежащих на ободах колес радиуса  $R_i$ , обозначим через  $v_i$ , а точек, лежащих на ободах колес радиуса  $r_i$ , через  $u_i$ .

**Угловые скорости всех колес.**

Т.к.  $v_4 = u_1 = \omega_1 r_1$ , то 
$$\omega_1 = \frac{1}{r_1} (3t^2 - 8)$$

Колеса 1 и 3 находятся в зацеплении, следовательно,  $v_3 = v_1$ , то есть  $\omega_3 R_3 = \omega_1 R_1$  и

$$\omega_3 = \frac{R_1}{r_1 R_3} (3t^2 - 8)$$

отсюда

Т.к. колеса 3 и 2 связаны ременной передачей, то  $u_3 = u_2$   
или  $\omega_3 r_3 = \omega_2 r_2$  и  $\omega_2 = \frac{R_1 r_3}{r_1 R_3 r_2} (3t^2 - 8)$ . При  $t_1 = 2$  с  $\omega_3 = \frac{4}{2 \cdot 16} (3 \cdot 4 - 8) = 0,5$  (1/с).

**Скорость  $v_A$ .**

$$v_A = v_1 = \omega_1 R_1 = \frac{R_1}{r_1} (3t^2 - 8)$$

. При  $t_1 = 2$  с  $v_A = \frac{4}{2} (12 - 8) = 8$  (см/с).

**Угловое ускорение  $\varepsilon_3$ .**  $\varepsilon_3 = \dot{\omega}_3$ , следовательно  $\varepsilon_3 = \frac{R_1}{r_1 R_3} 6t = \frac{4}{2 \cdot 16} 12 = 1,5$  (1/с<sup>2</sup>).

**Ускорение  $a_B$ .** Для т.В  $\vec{a}_B = \vec{a}_{B\tau} + \vec{a}_{Bn}$ , где  $a_{B\tau} = r_3 \varepsilon_3$ ,  $a_{Bn} = r_3 \omega_3^2$ . Угловое ускорение  $\varepsilon_3 = 1,5$  ( $1/c^2$ ). Таким образом при  $t_1 = 2$  с

касательная составляющая  $a_{B\tau} = 12 \cdot 1,5 = 18$  ( $см/с^2$ ),

нормальная составляющая  $a_{Bn} = r_3 \left[ \frac{R_1}{r_1 R_3} (3t^2 - 8) \right]^2 = 12 \left[ \frac{4}{2 \cdot 16} (12 - 8) \right]^2 = 3$  ( $см/с^2$ ),

полное ускорение  $a_B = \sqrt{a_{B\tau}^2 + a_{Bn}^2} = \sqrt{18^2 + 3^2} = 18,25$  ( $см/с^2$ ).

**Ускорение  $a_5$ .** Т.к. груз 5 совершает поступательное движение, то

$a_5 = \dot{v}_5 = \dot{v}_2 = \dot{\omega}_2 R_2 = \frac{R_1 R_2 r_3}{r_1 R_3 r_2} 6t$ . Тогда  $a_5 = \frac{4 \cdot 8 \cdot 12}{2 \cdot 16 \cdot 6} \cdot 12 = 24$  ( $см/с^2$ ).

$\omega_3$	$v_A$	$\varepsilon_3$	$a_B$	$a_5$
1/с	см/с	1/с <sup>2</sup>	см/с <sup>2</sup>	
0,5	8	1,5	18,25	24

### Задача № 3

**Тема: Принцип кинестатики (Даламбера).**

#### ЗАДАНИЕ

**Дано:**  $\omega = 10$  с<sup>-1</sup>,  $m = 10$  кг,  $m_3 = 3$  кг,  $AB = BD = DE = EK = a = 0,6$  м,  $b = 0,1$  м,  $\ell = 4b = 0,4$  м,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $\varphi = 30^\circ$ .

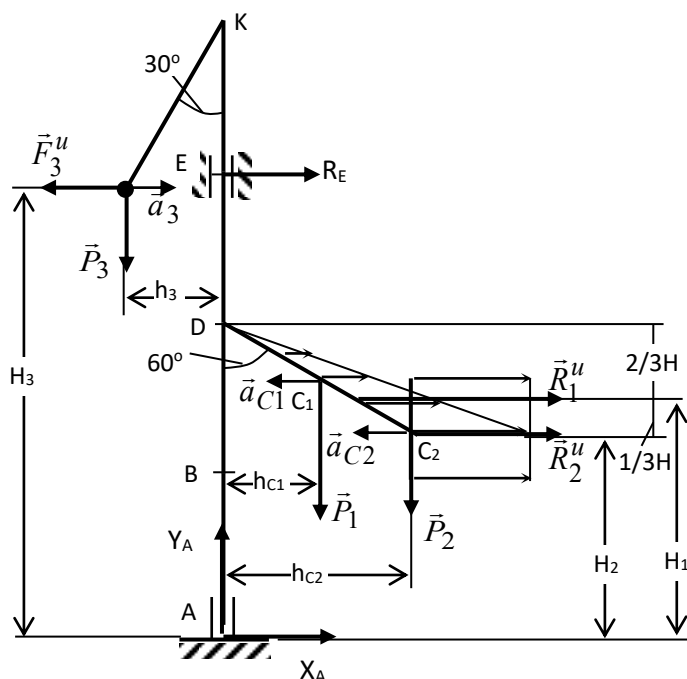
**Найти:** реакции подпятника А и подшипника Е, пренебрегая весом вала.

**Решение:**

Массы и веса частей 1 и 2 ломаного стержня пропорциональны длинам этих частей и соответственно равны  $m_1 = 0,6m$ ,  $m_2 = 0,4m$ ;  $P_1 = 0,6mg = 0,6 \cdot 10 \cdot 10 = 60$  (Н),

$P_2 = 0,4mg = 40$  (Н),

$P_3 = m_3g = 30$  (Н).



Для определения искомых реакций рассмотрим движение системы и применим принцип Даламбера. Выберем вращающиеся вместе с валом координатные оси  $Ax$  так, чтобы стержни лежали в плоскости  $xу$ . На систему действуют активные силы – силы тяжести  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$  и реакции связей  $\vec{X}_A, \vec{Y}_A$  (подпятник) и  $\vec{R}_E$  (цилиндрический подшипник). Присоединим к ним силы инерции элементов ломаного стержня и груза 3, считая его материальной точкой.

Вал вращается равномерно и элементы стержня имеют только нормальные ускорения, направленные к оси вращения.

Численно  $a_{nk} = \omega^2 h_k$  ( $h_k$  – расстояния элементов стержня от оси вращения). Силы  $\vec{F}_k^u$  направлены от оси вращения, а численно  $F_k^u = \Delta m_k a_{nk} = \Delta m_k \omega^2 h_k$ , ( $\Delta m_k$  – масса элемента). Каждую из полученных систем параллельных сил инерции заменим ее равнодействующей, равной главному вектору этих сил. Т.к. модуль главного вектора сил инерции любого тела имеет значение  $R^u = m a_c$ , где  $m$  – масса тела,  $a_c$  – ускорение его центра масс, то для частей ломаного стержня соответственно получим  $R_1^u = m_1 a_{c1}, R_2^u = m_2 a_{c2}$ .

Для точечной массы 3  $F_3^u = m_3 a_3$ .

Ускорения центров масс частей 1 и 2 стержня и груза 3 равны:

$$a_{c1} = \omega^2 h_{c1}, \quad a_{c2} = \omega^2 h_{c2}, \quad a_3 = \omega^2 h_3.$$

Из рисунка  $h_{c1} = 3b \sin 60^\circ = 3 \cdot 0,1 \cdot 0,866 = 0,26$  (м),

$$h_{c2} = 6b \sin 60^\circ = 6 \cdot 0,1 \cdot 0,866 = 0,52$$
 (м),

$$h_3 = \ell \sin 30^\circ = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2$$
 (м),

Тогда числовые значения сил инерции равны:

$$R_1^u = 0,6m\omega^2 h_{c1} = 0,6 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 0,26 = 156$$
 (Н),

$$R_2^u = 0,4m\omega^2 h_{c2} = 0,4 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 0,52 = 208$$
 (Н),

$$F_3^u = m_3 \omega^2 h_3 = 3 \cdot 10^2 \cdot 0,2 = 60$$
 (Н),

Линии действия равнодействующих  $R_1^u, R_2^u$  пройдут через центры тяжести соответствующих эпюр сил инерции (на рисунке  $H$  – высота треугольной эпюры,  $H = 6b \cos 60^\circ = 6 \cdot 0,1 \cdot 0,5 = 0,3$  м).

Согласно принципу Даламбера, приложенные внешние силы (активные и реакции связей) и силы инерции образуют уравновешенную систему сил. Уравнения равновесия этой системы сил:

$$\Sigma F_{kx} = 0; \quad X_A + R_E + R_1^u + R_2^u - F_3^u = 0;$$

$$\Sigma F_{ky} = 0; \quad Y_A - P_1 - P_2 - P_3 = 0;$$

$$\Sigma m_A(\vec{F}_k) = 0; \quad -R_E \cdot 3a - P_1 h_{c1} - P_2 h_{c2} + P_3 h_3 - R_1^u H_1 - R_2^u H_2 + F_3^u H_3 = 0. \text{ где}$$

$$H_1 = 2a - \frac{2}{3}H = 2 \cdot 0,6 - \frac{2}{3} \cdot 0,3 = 1,0$$
 (м),

$$H_2 = 2a - H = 1,2 - 0,3 = 0,9$$
 (м),

$$H_3 = 4a - \ell \cos 30^\circ = 2,4 - 0,4 \cdot 0,866 = 2,05$$
 (м),

Решая записанную систему уравнений равновесия, получим

$$R_E = \frac{1}{3a}(P_3 h_3 - P_1 h_{C1} - P_2 h_{C2} - R_1^u H_1 - R_2^u H_2 + F_3^u H_3) =$$

$$\frac{1}{3 \cdot 0,6}(30 \cdot 0,2 - 60 \cdot 0,26 - 40 \cdot 0,52 - 156 \cdot 1,0 - 208 \cdot 0,9 + 60 \cdot 2,05) = -151 \text{ (Н)};$$

$$X_A = F_3^u - (R_E + R_1^u + R_2^u) = 60 - (-151 + 156 + 208) = -153 \text{ (Н)};$$

$$Y_A = P_1 + P_2 + P_3 = 60 + 40 + 30 = 130 \text{ (Н)}.$$

### Вопросы к экзамену

- 1 Аксиомы статики.
- 2 Аналитическое определение равнодействующей системы сходящихся сил.
- 3 Винтовое движение, определение кинематических характеристик.
- 4 Внешние и внутренние силы, механическая система.
- 5 Вращательное движение тел вокруг неподвижной оси, определение угловой скорости и углового ускорения.
- 6 Вычисление моментов инерции некоторых однородных тел.
- 7 Геометрическое определение равнодействующих сходящихся сил.
- 8 Главный вектор, главный момент системы сил.
- 9 Главный момент количества движения системы.
- 10 Движение точки. Способы задания движения.
- 11 Динамика. Основные понятия.
- 12 Дифференциальные уравнения движения системы.
- 13 Закон равномерного вращения тела.
- 14 Закон равнопеременного вращения тела.
- 15 Закон сохранения главного момента количества движения системы.
- 16 Закон сохранения движения центра масс.
- 17 Закон сохранения количества движения системы.
- 18 Закон трения скольжения.
- 19 Количество движения системы.
- 20 Количество движения точки. Импульс силы.
- 21 Координаты центров тяжести однородных тел.
- 22 Кориолисово ускорение, определение его модуля и направления.
- 23 Масса системы, центр масс.
- 24 Мгновенный центр скоростей, его определение в частных случаях.
- 25 Момент инерции точки относительно оси, радиус инерции.

- 26 Момент силы относительно оси.
- 27 Момент силы относительно центра.
- 28 Мощность.
- 29 Определение кинематических характеристик при сложном движении.
- 30 Определение окружной скорости и ускорения точек вращающегося тела.
- 31 Определение окружной скорости и ускорения точек вращающегося тела.
- 32 Определение скоростей и ускорений точек плоской фигуры геометрическим методом.
- 33 Определение скоростей точек плоской фигуры при помощи мгновенного центра скоростей.
- 34 Определение скоростей точек плоской фигуры при плоскопараллельном движении.
- 35 Основные виды сил в динамике.
- 36 Основные понятия статики.
- 37 Пара сил. Момент пары.
- 38 Плоскопараллельное движение твердого тела.
- 39 Поступательное движение тела, определение кинематических характеристик данного движения.
- 40 Приведение плоской системы сил к простейшему виду.
- 41 Приведение пространственной системы сил к простейшему виду.
- 42 Приведение сил к данному центру.
- 43 Работа силы и ее определение.
- 44 Работа силы на определенном перемещении.
- 45 Равновесие плоской системы сил.
- 46 Равновесие при наличии трения.
- 47 Равновесие произвольной пространственной системы сил.
- 48 Распределение силы.
- 49 Связи и реакции. Аксиомы связей.
- 50 Системы уравнений движения материальной точки для решения задач динамики.
- 51 Скорость точки, ее определение при естественном и координатном способах задания движения.
- 52 Сложение вращений вокруг параллельных осей.
- 53 Сложение вращений вокруг пересекающихся осей.
- 54 Сложное движение твердого тела. Сложение поступательных движений.
- 55 Сложное движение точки.
- 56 Сложное движение точки.

- 57 Случай параллельных сил.
- 58 Способы определения координат центров тяжести тел.
- 59 Статически определимые, статически неопределимые системы сил.
- 60 Теорема о движении центра масс.
- 61 Теорема о моменте равнодействующей.
- 62 Теорема о параллельном переносе сил.
- 63 Теорема об изменении главного момента количества движения.
- 64 Теорема об изменении кинетической энергии.
- 65 Теорема об изменении количества движения точки.
- 66 Теорема об изменении момента количества движения системы.
- 67 Теорема об изменении момента количества движения точки.
- 68 Теорема об изменении момента количества движения точки.
- 69 Трение качения.
- 70 Ускорение в частных случаях задания движения.
- 71 Ускорение точки, его определение при естественном и координатном задании движения.
- 72 Ускорения в частных случаях задания движения.
- 73 Условия равновесия системы сходящихся сил.
- 74 Центр тяжести. Определение его координат.
- 75 Центробежные моменты инерции, главные оси инерции тела.
- 76 Центры тяжести некоторых однородных тел.
- 77 Что называется кинематикой, основные понятия.
- 78 Элементарная работа силы.