

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан  
Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

**Теоретическая механика**

по направлению подготовки / специальности

**16.03.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Э.Р. Шрагер

Ю.Н. Рыжих

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2024

## 1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

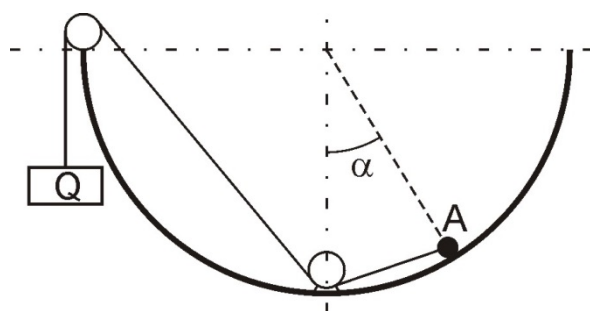
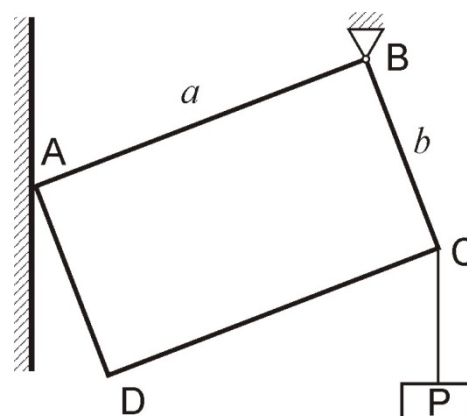
– контрольные работы.

### 1-й семестр

Контрольная работа №1 по теме «Статика» (РООПК-2.1, РООПК-2.2)

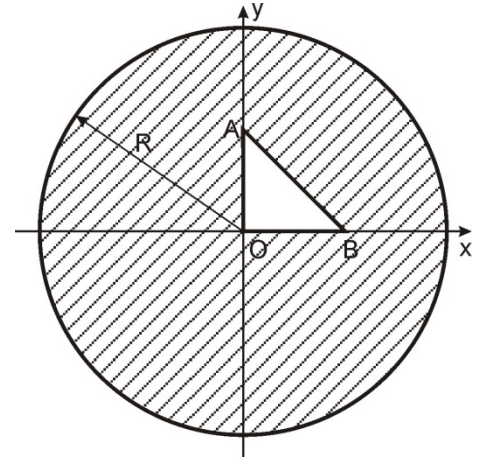
Примеры задач:

1. Прямоугольная пластина (размеры указаны на рисунке) шарнирно закреплена в вершине В, а вершиной А опирается на гладкую вертикальную стену. Пренебрегая весом пластины, определить модули реакций стены и шарнира, если к вершине подвешен груз весом Р.



2. Точка А весом Р находится в равновесии на внутренней шероховатой поверхности полусферы. Определить при данном значении угла  $\alpha$  модуль наименьшей силы Q, которую надо приложить к точке, как указано на рисунке, чтобы привести ее в движение, если коэффициент трения  $f = \text{tg}(\varphi)$ , причем  $\varphi > \alpha$ . Блоки считать идеальными.

3. В однородном диске ( $R = 2a$ ) сделан вырез в виде прямоугольного треугольника  $OAB$ . Определить координаты центра тяжести оставшейся части диска, если  $OA = OB = a$ .



Ответы:

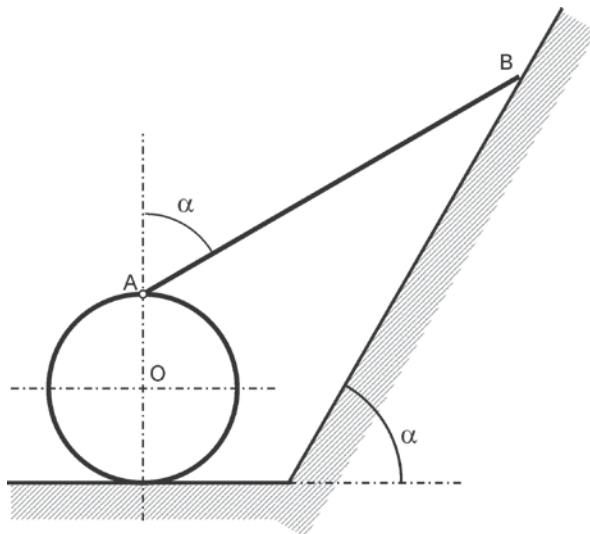
$$1. N_A = P \cdot \frac{b}{a}; N_B = P \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{a}$$

$$2. Q = P \cdot \frac{\operatorname{tg}(\varphi) \cdot \cos(\alpha) - \sin(\alpha)}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \operatorname{tg}(\varphi) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$3. x_c = y_c = -\frac{\frac{1}{3}a}{8\pi - 1}$$

Контрольная работа №2 по теме «Кинематика» (РООПК-2.1, РООПК-2.2)

Примеры задач:

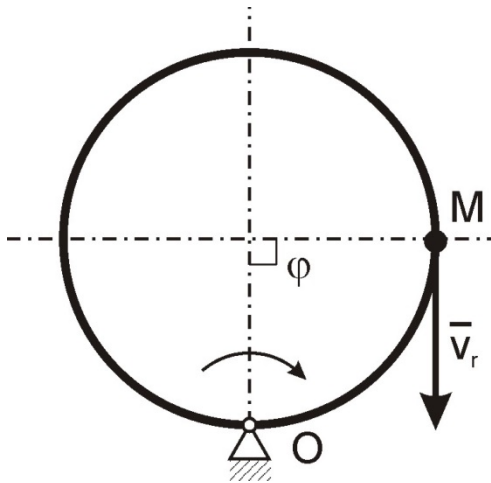


1. Конек В стержня  $AB$  скользит со скоростью  $V = 1$  м/с по наклонной плоскости. Другой конек А шарнирно связан с роликом, который катится без скольжения. Определить скорость центра  $O$  ролика в положении, изображенном на рисунке, если угол  $\alpha = 60^\circ$ .



2. Ускорения концов А и В стержня длиной  $L$  параллельны между собой, направлены в противоположные стороны, составляют острые углы  $\beta$  со стержнем и имеют модули  $W_a$  и

Wb. Определить угловую скорость и угловое ускорение стержня, а также его мгновенный центр ускорений.



3. Диск вращается в своей плоскости вокруг точки O с некоторой постоянной угловой скоростью, а точка M равномерно движется по окружности диска, обходя его два раза за время одного оборота. Зная, что абсолютное ускорение точки M в момент, когда  $\varphi = 90^\circ$ , равно  $\sqrt{82} \text{ м/с}^2$ , определить угловую скорость диска, если его радиус равен 1 м. Направления движения точки и вращения диска указаны на рисунке.

Ответы:

1.  $v_O = 0,5 \text{ м/с}$ .

2.  $AK = \frac{w_A \cdot L}{w_A + w_B}$ ;  $\omega^2 = \cos(\beta) \cdot \frac{w_A + w_B}{L}$ ;  $\varepsilon = \sin(\beta) \cdot \frac{w_A + w_B}{L}$

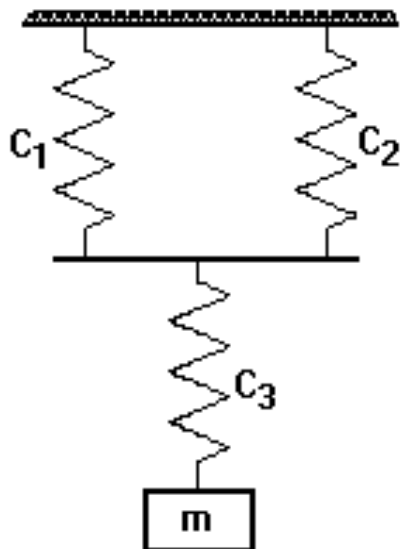
3.  $\omega = 1 \text{ рад/с}$

### 2-й семестр

Контрольная работа №1 по теме «Динамика» (РООПК-2.1, РООПК-2.2)

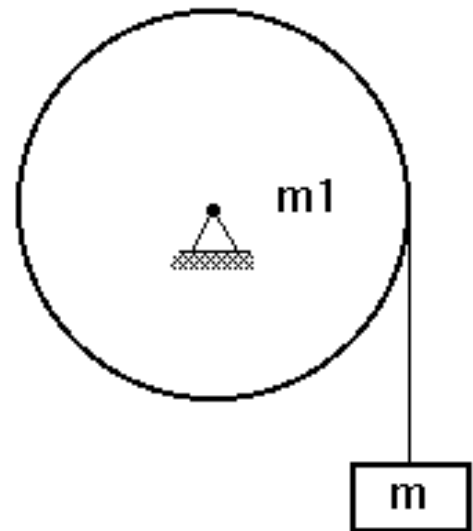
Примеры задач:

1. Аэростат массой  $m$  (с балластом) опускается вертикально с постоянным ускорением  $w$ . Определить массу балласта, который следует сбросить за борт, чтобы аэростат получил такое же по модулю ускорение, но направленное вверх. Сопротивлением пренебречь.



2. Определить круговую частоту свободных вертикальных колебаний груза массой  $m=2 \text{ кг}$ , если коэффициенты жесткости пружин  $C_1 = C_2 = C_3 = 300 \text{ Н/м}$ .

3. На однородный цилиндр, способный свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, намотан трос, на свободном конце которого подвешен груз массой  $m$ . Определить давление на ось цилиндра, если груз опускается с ускорением  $w$ , масса цилиндра равна  $m_1$ .



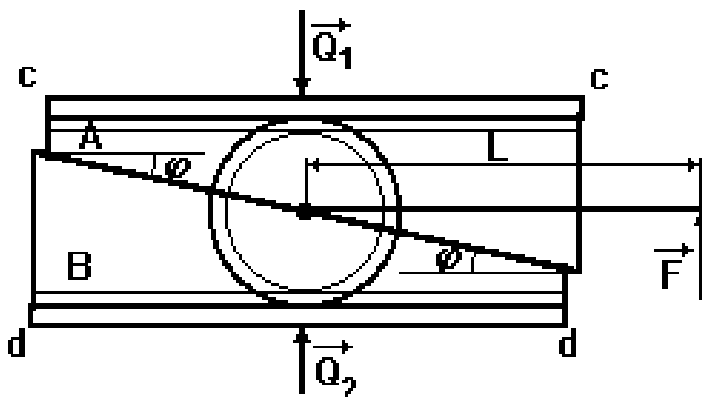
Ответы:

$$1. m_B = \frac{2mw}{w+g} .$$

$$2. \omega = 10 \text{ рад/с}$$

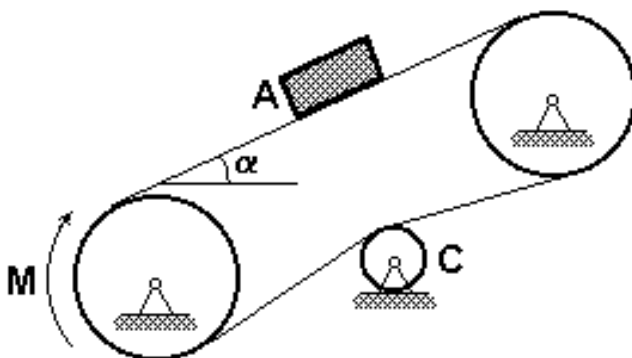
$$3. N = (m + m_1)g - mw$$

Контрольная работа №2 по теме «Аналитическая механика» (РООПК-2.1, РООПК-2.2)  
Примеры задач:



клинья не нарушается.

1. Для распора параллельных плоскостей с-с и d-d используются встречные клинья А и В, которые приводятся в движение шестеренкой радиусом  $r$ . Определить модули сил  $Q_1$  и  $Q_2$ , с которыми производится распор, если со звездочкой скреплена рукоятка длиной  $L$ , к концу которой приложена вертикальная сила  $F$ , а угол скоса клиньев равен  $\varphi$ . Угол поворота шестеренки считать настолько малым, что сцепление между шестеренкой и



горизонту равен  $\alpha$ . Трением в осях пренебречь.

2. На транспортере находится груз А массой  $m$ . К ведущему шкиву приложен вращающий момент  $M$ . Ведомый и ведущий шкивы имеют одинаковые массы, распределенные по ободу, и радиусы, равные  $R$ . Лента транспортера считается однородной, имеет массу  $m_1$  и натягивается роликом С, масса которого пренебрежимо мала. Определить модуль ускорения груза А, если масса каждого шкива равна  $m_2$ , а угол наклона ленты к



3. На гладкой горизонтальной плоскости находится доска массой  $m_1$ , а на доске - тонкостенный цилиндр массой  $m_2$ . Предполагая, что скольжение между цилиндром и доской отсутствует, определить модули абсолютных ускорений доски  $w_1$  и оси цилиндра  $w_2$ ,

если к доске приложена сила  $G$ .

Ответы:

$$1. Q = \frac{FL}{2r \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}.$$

$$2. w = \frac{\frac{M}{R} - mg \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot m_2 + m_1 + m}$$

$$3. w_1 = \frac{2G}{2m_1 + m_2}; w_2 = \frac{G}{2m_1 + m_2}$$

Результаты контрольных работ определяются оценками «зачтено», «не зачтено»:

Оценка	Критерии соответствия
Зачтено	Правильно решено не менее двух задач
Не зачтено	Правильно решено менее двух задач

### 3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

**Зачет в третьем семестре** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (проверяющих заявленные индикаторы достижения компетенций, указанные в п.1.). Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

#### СТАТИКА

- 1) Аксиомы статики и их следствия.
- 2) Теорема о трех непараллельных силах. Активные силы и реакции связей.
- 3) Основные задачи статики.
- 4) Система сходящихся сил.
- 5) Приведение системы сходящихся сил к равнодействующей.
- 6) Условия равновесия системы сходящихся сил.
- 7) Сложение двух параллельных сил (силы по модулю не равны).
- 8) Сложение двух параллельных сил (пара сил).
- 9) Момент силы относительно точки и относительно оси.
- 10) Момент пары сил.
- 11) Теоремы о парах.
- 12) Лемма о параллельном переносе силы.
- 13) Основная теорема статики.
- 14) Условия равновесия пространственной системы сил. Равновесие пространственной системы параллельных сил.
- 15) Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие плоской системы параллельных сил.
- 16) Приведение плоской системы сил к простейшему виду.
- 17) Теорема Вариньона в плоском случае.

- 18) Условия равновесия плоской системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 19) Равновесие тела при наличии трения скольжения.
- 20) Равновесие тела при наличии трения качения.
- 21) Статические инварианты. Динамический винт.
- 22) Частные случаи приведения пространственной системы сил. Теорема Вариньона.
- 23) Уравнения равновесия пространственной системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 24) Центр параллельных сил и центр тяжести.
- 25) Методы нахождения центра тяжести. Центр тяжести простейших фигур.

## КИНЕМАТИКА

- 1) Способы задания движения. Координатный способ. Естественный способ. Векторный способ.
- 2) Вектор скорости точки. Скорость точки при координатном способе задания движения. Скорость точки в полярной системе координат.
- 3) Вектор скорости точки. Скорость точки при естественном способе задания движения.
- 4) Вектор ускорения точки. Ускорение точки при координатном способе задания движения.
- 5) Вектор ускорения точки. Ускорение точки при естественном способе задания движения. Естественный трехгранник.
- 6) Криволинейные координаты. Коэффициенты Лямэ.
- 7) Скорость точки в криволинейных координатах. Ускорение точки в криволинейных координатах.
- 8) Задание движения твердого тела.
- 9) Поступательное движение твердого тела.
- 10) Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси (угловые характеристики движения, вектор скорости и ускорения).
- 11) Плоское движение твердого тела. Задание движения.
- 12) Скорости точек при плоском движении. Мгновенный центр скоростей. Центроиды.
- 13) Ускорение точек при плоском движении. Мгновенный центр ускорений.
- 14) Движение твердого тела с одной неподвижной точкой. Задание движения. Углы Эйлера.
- 15) Распределение скоростей точек твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость.
- 16) Ускорение точек тела, имеющего одну неподвижную точку.
- 17) Движение свободного твердого тела (скорость и ускорение точек тела).
- 18) Сложное движение точки. Относительное, переносное и абсолютное движение точки.
- 19) Теорема о сложении скоростей (абсолютная и относительная производные вектора).
- 20) Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса).
- 21) Сложение поступательных движений твердого тела. Сложение вращений твердого тела вокруг пересекающихся осей.
- 22) Пара вращений твёрдого тела.
- 23) Сложение вращений вокруг параллельных осей.
- 24) Сложение поступательных и вращательных движений. Три случая.

25) Общий случай сложения движений твёрдого тела. Кинематические инварианты.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено»,

Зачтено	Выставляется студенту, владеющему базовыми знаниями в области изучаемой дисциплины
Незачтено	Выставляется студенту в случае отсутствия знаний по вопросам билета теоретического зачета.

*Допуск к зачету дается по результатам текущего контроля успеваемости на практических занятиях. Необходимо 100% посещаемость и выполнение двух контрольных работ (проверяющих сформированность РООПК-2.1, РООПК-2.2). Отработка пропусков – решение домашних задач, заданных на пропущенном практическом занятии.*

**Экзамен в четвертом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (проверяющих сформированность РООПК-2.1, РООПК-2.2). Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

#### ДИНАМИКА

- 1) Основное уравнение динамики точки. Основные законы динамики (законы Ньютона).
- 2) Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
- 3) Первая и вторая задачи динамики (общее решение второй задачи).
- 4) Прямолинейное движение материальной точки. Сила есть функция только времени.
- 5) Прямолинейное движение материальной точки. Сила зависит только от положения точки.
- 6) Прямолинейное движение материальной точки. Сила является функцией только скорости.
- 7) Теорема об изменении количества движения материальной точки.
- 8) Теорема об изменении момента количества движения материальной точки. Теорема площадей.
- 9) Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии.
- 10) Определение несвободного движения. Связи. Принцип освобожденности от связей. Уравнения связей, классификация связей.
- 11) Движение точки по гладкой неподвижной поверхности.
- 12) Движение точки по гладкой неподвижной кривой.
- 13) Естественные уравнения движения.
- 14) Метод кинетостатики для точки (принцип Даламбера). Явление невесомости.
- 15) Динамика относительного движения точки. Переносная и кориолисова силы инерции. Условия относительного покоя.
- 16) Материальная система. Центр масс. Внешние и внутренние силы. Свойства внутренних сил.
- 17) Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
- 18) Теорема об изменении количества движения материальной системы.
- 19) Теорема об изменении момента количества движения материальной системы.
- 20) Теорема об изменении кинетической энергии материальной системы.



- 21) Закон сохранения полной механической энергии материальной системы.
- 22) Динамика тела переменной массы. Понятие тела переменной массы. Уравнение движения точки переменной массы. Количество движения переменной массы.
- 23) Теорема об изменении количества движения тела переменной массы.
- 24) Уравнение Мещерского.
- 25) Задача Циолковского.
- 26) Формула Циолковского для многоступенчатой ракеты.

#### АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

- 1) Аналитическая статика. Связи. Виртуальные перемещения голономных связей.
- 2) Идеальные связи. Принцип виртуальных перемещений.
- 3) Обобщенные координаты и обобщенные силы. Условия равновесия в обобщенных координатах.
- 4) Аналитическая динамика. (Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода.)

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Допуск к экзамену дается по результатам текущего контроля успеваемости на практических занятиях. Необходимо 100% посещаемость и выполнение двух контрольных работ (проверяющих сформированность РООПК-2.1, РООПК-2.2). Отработка пропусков – решение домашних задач, заданных на пропущенном практическом занятии.

- «отлично» ставится при полном развернутом ответе на теоретические вопросы и при ответе на все дополнительные вопросы преподавателя
- «хорошо» ставится при полном ответе на оба теоретических вопроса и частичных правильных ответах на дополнительные вопросы преподавателя
- «удовлетворительно» ставится при частичном ответе на оба теоретических вопроса и частичном ответе на дополнительные вопросы преподавателя
- «неудовлетворительно» ставится при отсутствии правильных ответов на теоретические вопросы.

#### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Задачи (РООПК-2.1, РООПК-2.2)

1. Кран для подъема тяжестей состоит из балки АВ, нижний конец которой соединен со стеной шарниром А, а верхний удерживается горизонтальным тросом ВС (рис. 3.3). Определить натяжение Т троса ВС и давление на опору А, если известно, что вес груза на кране  $P=2$  кН, вес балки АВ  $Q=1$  кН и приложен в середине балки, а угол  $\alpha=45^\circ$ .

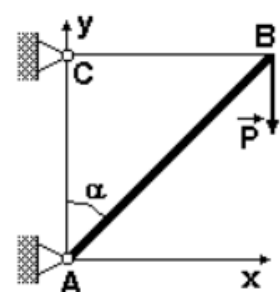
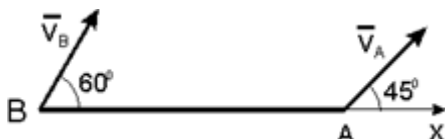


Рис. 3.3

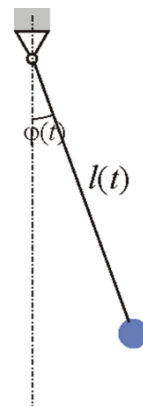


2. Стержень АВ длины 0,5 м движется в плоскости рисунка. Скорость  $\vec{v}_A$  ( $v_A=2$  м/с) образует угол  $45^\circ$  с осью x, совмещенной со стержнем. Скорость точки В

образует угол  $60^\circ$  с осью  $x$  (рис. 5.3). Найти модуль скорости точки  $B$  и угловую скорость стержня

3. Тело веса  $P$ , брошенное с начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту, движется под влиянием силы тяжести и сопротивления  $R$  воздуха. Считая сопротивление пропорциональным первой степени скорости  $R = kPv$ , найти уравнения движения тела. Начало координат поместить в точку вылета тела, ось  $Ox$  направить по горизонтали в сторону полета тела, ось  $Oy$  – вертикально вверх.

4. Составить уравнение движения маятника, состоящего из материальной точки массы  $m$ , подвешенной на нити, длина которой изменяется по произвольно заданному закону  $l = l(t)$



Ответы:

1.  $Y_A = 3 \text{ кН}$ ,  $T = 2,5 \text{ кН}$ ,  $X_A = 2,5 \text{ кН}$ .

2.  $\omega_{AB} = 2,06 \text{ рад/с}$ ,  $v_B = 2,82 \text{ м/с}$ .

3.  $x = \frac{v_0 \cdot \cos \alpha}{kg} (1 - e^{-kgt})$ ;  $y = \frac{1 + kv_0 \cdot \sin \alpha}{k^2 g} (1 - e^{-kgt}) - \frac{t}{k}$

4.  $\ddot{\varphi} + 2 \frac{\dot{l}}{l} \cdot \dot{\varphi} + \frac{g}{l} \cdot \sin(\varphi) = 0$

### Информация о разработчиках

Глазунов Анатолий Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, физико-технический факультет, кафедра прикладной аэромеханики, профессор.

Еремин Иван Владимирович, кандидат физико-математических наук, зам. директора по НИР НИИ ПММ ТГУ, зав. лаб. 101 НИИ ПММ ТГУ.

Мерзляков Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, физико-технический факультет, кафедра прикладной аэромеханики, доцент.