

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

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

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 информационных 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 информационные технологии

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

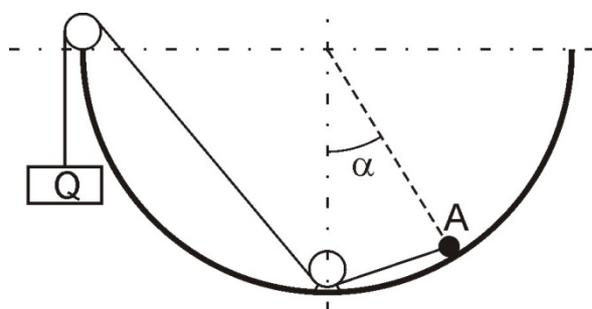
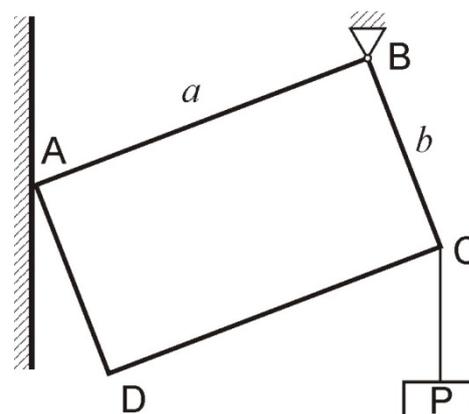
– контрольные работы.

1-й семестр

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

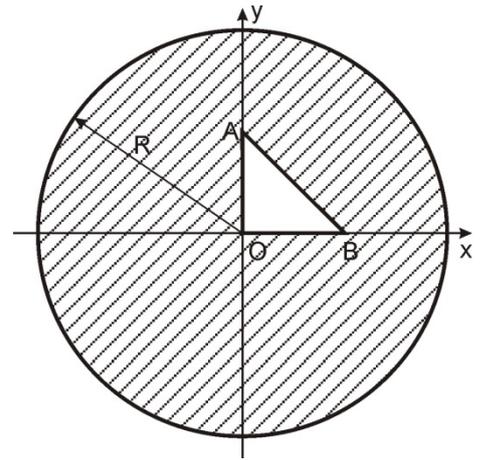
Примеры задач:

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 α 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 $OA = OB = a$.

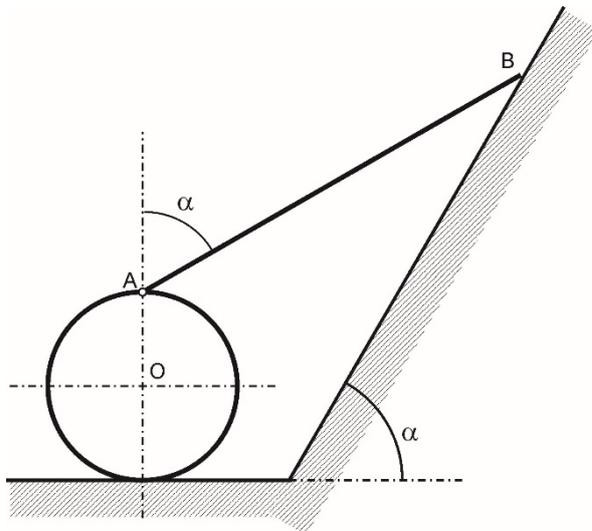


Ответы:

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:

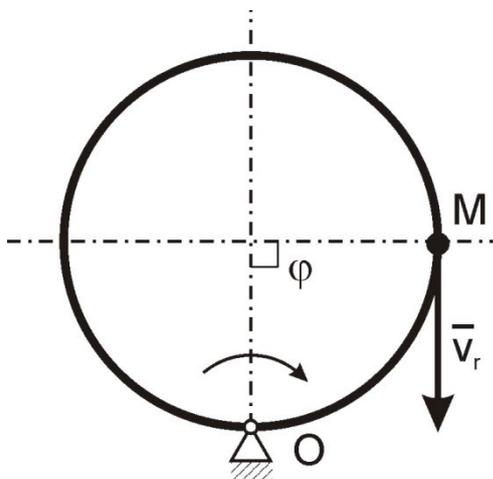


1. Конек B стержня AB скользит со скоростью $V = 1$ м/с по наклонной плоскости. Другой конек A шарнирно связан с роликом, который катится без скольжения. Определить скорость центра O ролика в положении, изображенном на рисунке, если угол $\alpha = 60^\circ$.



2. Ускорения концов A и B стержня длиной L параллельны между собой, направлены в противоположные стороны, составляют острые углы β 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 $\sqrt{82}$ м/с², определить угловую скорость диска, если его радиус равен 1 м. Направления движения точки и вращения диска указаны на рисунке.

Ответы:

1. $V_O = 0,5$ м/с.

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

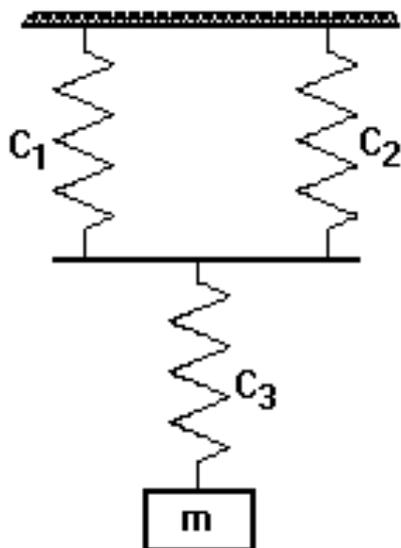
3. $\omega = 1$ рад/с

2-й семестр

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

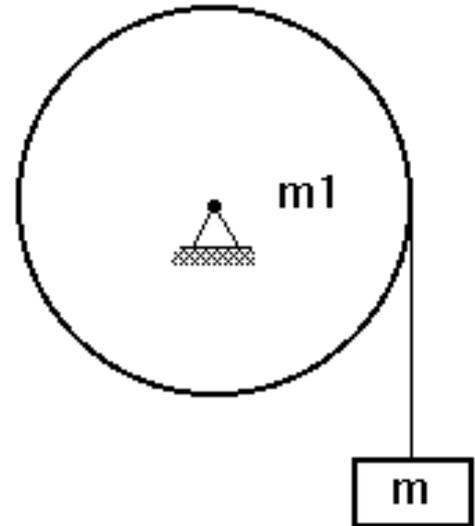
Примеры задач:

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 кг, если коэффициенты жесткости пружин $C_1 = C_2 = C_3 = 300$ 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 .



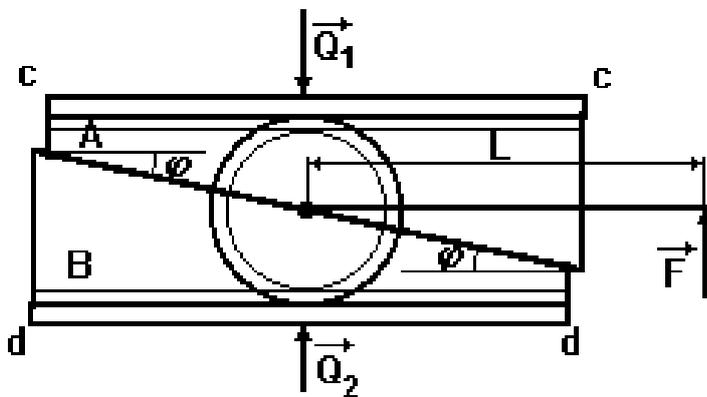
Ответы:

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

$$2. \omega = 10 \text{ рад/с}$$

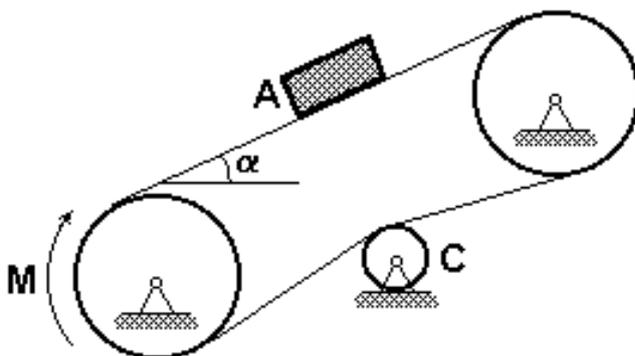
$$3. N = (m + m_1)g - mw$$

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



клиньями 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 ϕ . Угол поворота шестеренки считать настолько малым, что сцепление между шестеренкой и



горизонту равен α . 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



если к доске приложена сила G .

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 ,

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 освобождаемости 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 $\alpha=45^\circ$.

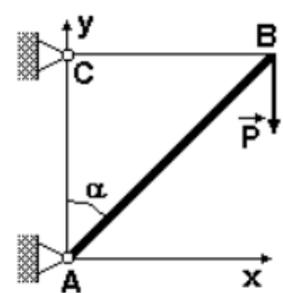
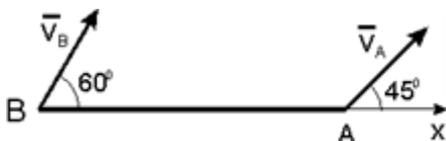


Рис. 3.3

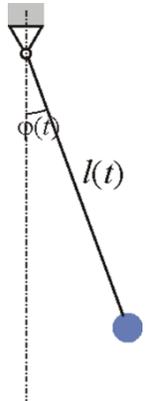


2. Стержень АВ длины 0,5 м движется в плоскости рисунка. Скорость \vec{v}_A ($v_A=2$ м/с) образует угол 45° с осью x, совмещенной со стержнем. Скорость точки В

образует угол 60° 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 α 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.