

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ 2025-26

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

10-11 класс

Профиль «Робототехника»

Ответы, Решения, ключи и методика оценивания.

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника 10 и 11 класса определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 40 баллов. Задачи для 10 и 11 классов одинаковые. Каждый ответ оценивается либо как правильный (полностью совпадает с ключом - ответом), либо как неправильный (отличается от ключа или отсутствует). Каждый правильный ответ имеет свой вес: 2 балла, 4 балла, 7 баллов.

В общей части даны следующие задачи:

Задача	Ответ - ключ	Оценка
10-01	1	2
10-02	5152	4
10-03	36	4
10-04	87	7
10-05	17	4
10-06	760	4
10-07	50	4
10-08	90	7
10-09	300	2
10-10	3366	2
10-11	1	2
10-12	16	2
10-13	525	2

В специальной части участникам предлагается 4 задачи 10-10, 10-11, 10-12, 10-13 из которых участник решает только одну по выбору. Проставление в бланке ответов за две задачи из приведенного списка наказывается аннулированием результатов за эти 4 задачи.

Участник должен внести ответы в бланк ответов и должен внести решения задач в странички, маркированные кодом работы. Каждая решенная задача должна иметь как ответ, так и решение. При наличии правильного ответа в бланке ответов, но отсутствия решения или если в страничке с решением ответ отличается от ответа в бланке ответов, оценка за задачу может быть аннулирована.

Общие задачи

Задача 10-01. Компьютерное зрение. 2 балла.

Условие:

Телефон со включенной камерой уронили с моста в воду. В момент, когда его отпускали, он вращался с постоянной угловой скоростью вокруг горизонтальной оси. Вместе с кадрами телефон записывал на карту памяти угол, получаемый с инерциального датчика. Кадры записывались с постоянной частотой 30 раз в секунду. Первое и второе показание угла отличаются на 0,15 рад. Найдите, сколько полных оборотов сделал телефон, если до погружения он пролетел 20 метров. Трением о воздух пренебречь.

Ответ: 1

Решение:

$$s = g * t^2 / 2 \Rightarrow t = 2 \text{ сек.}$$

За $1/30$ с $0,15$ рад $\Rightarrow 4,5$ рад/с, суммарно 9 радиан, т.е. 1 полный оборот

Задача 10-02. Компьютерное зрение. 4 балла.

Условие:

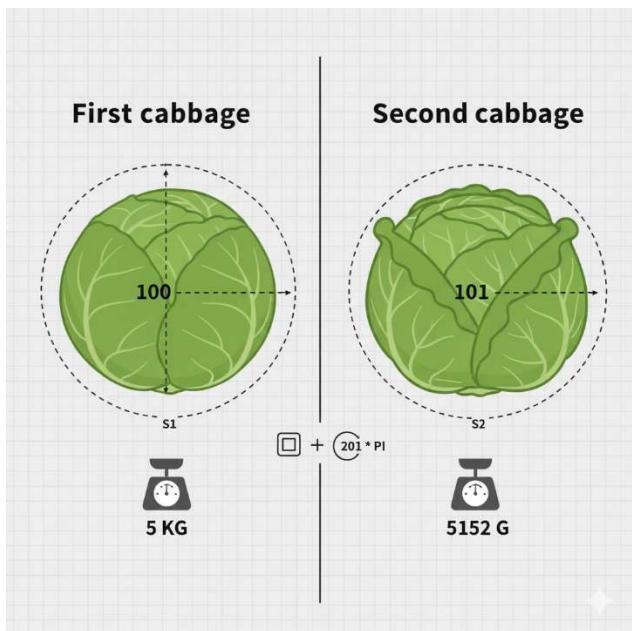
Известно, что масса кочана капусты пропорциональна кубу радиуса, а площадь сечения (и площадь на изображении, измеряемая в пикселях) пропорциональна квадрату радиуса. Пусть радиус кочана составляет 100 пикселей, а весит он 5 кг. На то же место положили другой кочан, и его площадь на $201 * 3,14159265$ больше площади первого. Найдите массу второго кочана (округлите до граммов).

Ответ: 5152

Решение:

Площадь кочана, радиус которого на 1 пиксель больше, чем у первого, составляет

$$\pi * 101^2 = \pi * 10201, \text{ что соответствует условию. Значит, масса второго кочана составляет } 5000 * (101/100)^3 = 5151.505 \text{ граммов}$$



Задача 10-03. Механика. 4 балла.

Задача: "Робот-сортировщик на наклонной плоскости"

Условие:

Ты проектируешь робота для сортировки шаров разной массы на складе. Робот должен поднимать шары по наклонной плоскости.

У тебя есть:

- Наклонная плоскость, которую можно закреплять под разными углами.
- Электромотор с известной тягой (силой, с которой он тянет робота) = 15 Н.
- Робот-платформа массой 2 кг, который может закреплять на себе шары.
- Шары для сортировки: массой 1,5 кг.
- Коэффициент трения между платформой и плоскостью постоянен и равен $\mu = 0,2$.
- Ускорение свободного падения $g \approx 10 \text{ Н/кг}$.

Под каким максимальным углом наклона плоскости твой робот сможет подниматься без груза (сам по себе), если сила мотора 15 Н? Ответ запиши в градусах с точностью до единиц.

Ответ: 36

Решение:

Дано:

Масса робота: $m_p = 2 \text{ кг}$

Сила тяги мотора: $F_{\text{тяги}} = 15 \text{ Н}$

Коэффициент трения: $\mu = 0,2$

Ускорение свободного падения: $g \approx 10 \text{ Н/кг}$

Груза нет.

Найти: α_{\max} — максимальный угол наклона.

Разберём силы, действующие на робота:

Сила тяжести: $F_{\text{тяж}} = m_p * g = 2 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 20 \text{ Н}$

Сила реакции опоры: N

Сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu * N$

Сила тяги мотора: $F_{\text{тяги}} = 15 \text{ Н}$

Разложим силу тяжести на составляющие:

Сила, тянувшая робота вниз вдоль плоскости: $F_{\text{скат}} = F_{\text{тяж}} * \sin(\alpha) = 20 * \sin(\alpha)$

Сила, прижимающая робота к плоскости: $F_{\text{приж}} = F_{\text{тяж}} * \cos(\alpha) = 20 * \cos(\alpha)$

Сила реакции опоры равна силе прижимающей: $N = F_{\text{приж}} = 20 * \cos(\alpha)$

Следовательно, сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu * N = 0,2 * 20 * \cos(\alpha) = 4 * \cos(\alpha)$

Запишем условие для подъёма:

Чтобы робот мог хотя бы начать двигаться вверх, сила тяги должна быть не меньше суммы сил, мешающих движению (силы трения и скатывающей составляющей силы тяжести). Для предельного случая (равномерное движение на грани возможности):

$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{скат}} + F_{\text{тр}}$$

Подставим значения в уравнение:

$$15 = 20 * \sin(\alpha) + 4 * \cos(\alpha)$$

Решим это уравнение.

Допустимо использовать метод подбора с использованием табличных значений.

Проверим угол 30° ($\sin 30^\circ \approx 0,5$; $\cos 30^\circ \approx 0,87$):

$20 * 0,5 + 4 * 0,87 = 10 + 3,48 = 13,48 \text{ Н} < 15 \text{ Н}$. Мотор справляется с запасом, значит, угол может быть больше.

Проверим угол 45° ($\sin 45^\circ \approx 0,71$; $\cos 45^\circ \approx 0,71$):

$20 * 0,71 + 4 * 0,71 = 14,2 + 2,84 = 17,04 \text{ Н} > 15 \text{ Н}$. Слишком круто, мотор не тянет.

Проверим угол 40° ($\sin 40^\circ \approx 0,64$; $\cos 40^\circ \approx 0,77$):

$20 * 0,64 + 4 * 0,77 = 12,8 + 3,08 = 15,88 \text{ Н} > 15 \text{ Н}$. Всё ещё не тянет.

Проверим угол 36° ($\sin 36^\circ \approx 0,587$; $\cos 36^\circ \approx 0,809$):

$20 * 0,587 + 4 * 0,809 = 11,74 + 3,236 = 14,976 \text{ Н} \approx 15 \text{ Н}$ (погрешность округления).

Задача **10-04.** **Механика.** **7** **баллов.**

Задача: "Двухколесный балансирующий робот"

Условие:

Ты проектируешь систему стабилизации для двухколесного робота, который должен самостоятельно поддерживать вертикальное положение (как Segway).

Исходные данные:

- Общая масса робота: $m = 4 \text{ кг}$
- Высота центра масс (ЦМ) робота над осью колес: $h = 0,3 \text{ м.}$
- Считать всю массу робота сосредоточенной в центре масс.
- Считать $g \approx 10 \text{ Н/кг}$

Рассчитай момент силы тяжести, стремящийся опрокинуть робота, при отклонении от вертикали на угол $\theta = 5^\circ$.

Каким будет линейное ускорение центра масс робота, которое должны обеспечить колёса, чтобы создать момент, компенсирующий опрокидывание при таком угле? Ответ нужно записать в м/с^2 , затем умножить на 100 и округлить.

Ответ: 87

Решение:

Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$h = 0,3 \text{ м}$$

$$\theta = 5^\circ$$

$$g \approx 10 \text{ Н/кг}$$

1. Момент силы тяжести, опрокидающий робота:

Момент создаётся силой тяжести, приложенной в ЦМ.

Плечо силы тяжести относительно оси колёс: $l = h * \sin(\theta) = 0,3 \text{ м} * \sin(5^\circ) \approx 0,3 \text{ м} * 0,0872 \approx 0,02616 \text{ м.}$

$$M_{\text{тяж}} = m * g * l = 4 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} * 0,02616 \text{ м} \approx 1,046 \text{ Н*м.}$$

2. Линейное ускорение центра масс для компенсации:

Чтобы противодействовать опрокидыванию, колёса должны создать момент, равный $M_{\text{тяж}}$, но направленный в противоположную сторону.

Этот момент создаётся силой инерции. При ускорении основания робота с ускорением a , на его ЦМ действует сила инерции $F_{ин} = m * a$ (направленная противоположно ускорению). Эта сила, приложенная в ЦМ, создаёт стабилизирующий момент относительно точки опоры.

Условие компенсации: $M_{ин} = F_{ин} * h * \cos(\theta) = m * a * h * \cos(\theta) = M_{тяж}$.

Отсюда: $a = M_{тяж} / (m * h * \cos(\theta)) = 1,046 \text{ Н*м} / (4 \text{ кг} * 0,3 \text{ м} * 0.996194) \approx 1,046 / 1.195432 \approx 0.8749969 \approx 0,87 \text{ м/с}^2$.

Задача 10-05. Алгоритмы. 4 балла.

Условие:

Для того, чтобы выбрать, какой из n роботов-пылесосов поедет пылесосить склад, используется следующий алгоритм. Фиксируется одно число от $3n$ до $4n$ включительно, и затем каждый робот (0-й, 1-й и так далее) делит это число на $n + i$ с остатком, где i - его номер. Убираясь едет тот робот, у которого остаток оказался максимальным. Для какого числа от $3n$ до $4n$ самый маленький остаток из тех, которые получатся у роботов, будет максимальным, если $n=5$? Формально, нужно найти такое число, что минимальный из всех остатков, получаемых всеми роботами, максимальен среди всех чисел от $3n$ до $4n$.

Ответ: 17

Решение:

При $n=5$ числа от $3n$ до $4n$ включительно - это числа от 15 до 20. Найдем минимальный остаток при делении каждого из них на $5+0, 5+1, 5+2, 5+3, 5+4$ и так далее.

15: минимальный остаток 0 при делении на 5

16: минимальный остаток 0 при делении на 8

17: минимальный остаток 1 при делении на 8

18: минимальный остаток 0 при делении на 9

19: минимальный остаток 1 при делении на 5

20: минимальный остаток 0 при делении на 5

Задача 10-06. Алгоритмы. 4 балла.

Условие:

Кухонный робот наносит майонез на салат. Салат считаем плоскостью, майонез наносится отрезками. Робот наносит майонез в виде n прямоугольников по следующему алгоритму.

На первом шаге он рисует горизонтальный прямоугольник высотой 2 см и шириной $2n$ см. На следующем шаге он рисует прямоугольник на 2 сантиметра выше и на 2 сантиметра уже, а центр прямоугольника остается там же. Это продолжается до достижения ширины 2 см.

Найдите, сколько пересечений линий из майонеза будет на салате, если $n = 20$. Пересечение - точка, на которой находится майонез от двух разных прямоугольников.

Ответ: 760

Решение:

Каждый прямоугольник пересекается с каждым другим в 4 точках. Число различных пар прямоугольников составляет $n(n-1)/2$, и таким образом число точек пересечения равно

$$n(n-1)/2 * 4 = n(n-1) * 2.$$

Для $n = 20$ это $2 * 20 * 19 = 760$

Задача 10-07. Теория управления. 4 балла.

Условие:

Атмосферный зонд вертикально забросили в стратосферу, он оказался там с нулевой скоростью. Сила сопротивления горизонтальному движению в таких условиях составляет $F_{тр} = k v^2$, где v - скорость движения зонда, $k = 0,1$.

Алгоритм работы зонда предполагает, что он начнет производить измерения при достижении половины максимальной возможной скорости. Найдите, какова будет скорость зонда в момент начала измерений, если сила, разгоняющая зонд, составляет $F = 1000$ Н. Ответ записать в м/с.

Ответ: 50

Решение:

Скорость установившегося движения находится из равенства

$$F = F_{тр}$$

$$F = k * v^2$$

$$v = \sqrt{F / k}$$

$$v = \sqrt{1000 / 0,1} = \sqrt{10000} = 100 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{зонда}} = v / 2 = 100 / 2 = 50$$

Задача 10-08. Теория управления. 7 баллов.

Условие:

Мобильные роботы при вычислении управляющего воздействия должны балансировать качество найденного управления и энергопотребление бортового оборудования. У некоторого мобильного робота на борту есть не один, а несколько вычислительных модулей, которые можно включать и отключать. Число включенных модулей обозначим как m (положительное целое число). Энергопотребление (мощность) одного модуля равно P ватт.

Степень неоптимальности найденного решения уменьшается с ростом количества вычислителей: $N = 1 + C / m$, где C - некоторая константа. Метрика для конечного пользователя имеет вид $M = -m * P + 1 / N$. Она уменьшается по мере роста энергопотребления и по мере роста степени неоптимальности. Найдите количество включенных вычислителей, при которых достигается максимальное значение конечной метрики, если $P = 0,001$, $C = 10$

Ответ: 90

Решение:

$$M = -mP + m / (m + C)$$

Будем максимизировать эту функцию. Найдем производную и приравняем ее 0:

$$dM / dm = -P + C / (m + C)^2 = 0$$

$$C / (m + C)^2 = P$$

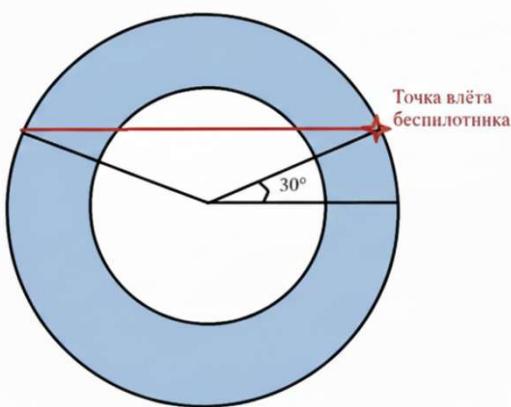
$$C / P = (m + C)^2$$

$$m = \sqrt{C / P} - C$$

Задача 10-09. Навигация. 2 балла.

Условие:

Беспилотник влетает в зону работы радара (см. картинку) и движется по хорде, обозначенной красным цветом. Радиус обнаружения у радара $2\sqrt{3}$ км, а слепая зона радиусом 1,75 км (внутренний круг). Скорость вращения радара 30 градусов/с, вращение происходит по часовой стрелке. При входе беспилотника в зону, направление радара было 30 градусов. Найдите минимальную скорость, с которой должен лететь беспилотник в м/с, чтобы остаться незамеченным. Шириной луча радара пренебречь.



Ответ: 300

Решение:

В случае если беспилотник должен преодолеть зону с минимальной скоростью, то он должен “встретиться” с лучом радара в слепой зоне. Обратите внимание, что радиус слепой зоны чуть больше расстояния от центра окружности до хорды, т.е. нескольких решений быть не может. Соответственно, оказаться в точке выхода радар и беспилотник должны одновременно. Т.е. радар сделает оборот в $600 (\varphi)$ градусов, за это время беспилотник должен преодолеть 6000 метров.

$$\varphi = \omega * t$$

$$V = L/t$$

Специализированные задачи

(решите только одну из предложенных ниже задач)

Задача 10-10. Гуманоидная робототехника. 2 балла.

Гуманоидный робот шагает длиной шага 100 мм и на каждом шагу совершает поворот вправо на 0,05 радиана. На каком расстоянии в мм окажется робот от начальной точки, сделав 40 шагов?

Результат округлите до целых величин и внесите в поле ответа только цифры.

Ответ: 3366

Решение:

Совершая одинаковый поворот на каждом шагу одинаковой длины робот движется по окружности.

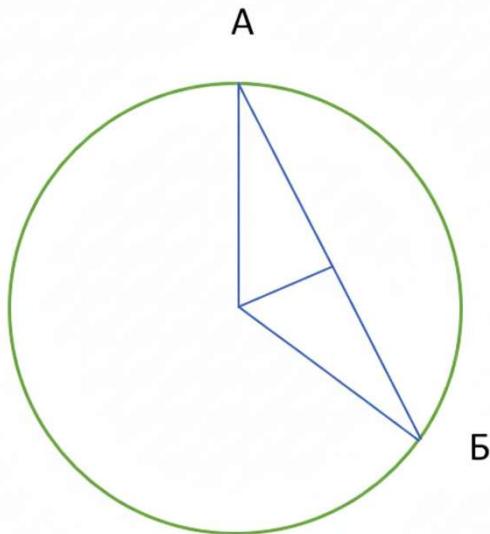
$$\text{Радиус окружности } R = 100 / \sin(0,05) = 100 / 0,05 = 2000$$

После 40 шагов робот повернёт на 2 радиана.

Расстояние между началом и концом движения – это хорда окружности.

По теореме косинусов длина хорды окружности равна

$$2000 \cdot 2 - 2 \cos(2) = 3366$$



Задача 10-11. Летательная робототехника. 2 балла.

Аэродинамический фокус — это точка приложения приращения подъёмной силы. Рассмотрим беспилотник самолётного типа с крылом площадью $0,8 \text{ м}^2$ (S_{kp}) и горизонтальным оперением площадью $0,1 \text{ м}^2$ (S_{go}). Аэродинамический фокус крыла находится на расстоянии $0,91 \text{ м}$ (X_{kp}) от носа, фокус горизонтального оперения $1,9 \text{ м}$ (X_{go}). Зависимость подъёмной силы крыла от угла атаки $C_{ukp} = 0,1 * \alpha$, а у оперения $C_{ugo} = 0,08 * \alpha$. Угол атаки — это угол, под которым поток набегает на крыло. Найти координату фокуса системы “крыло + горизонтальное оперение”, округлив до целого и записав в метрах.



Ответ: 1

Решение:

Необходимо найти такую точку, в которой при небольшом приращении подъёмной силы, как следствие угла атаки не будет возникать момент. Запишем соответствующее уравнение равенства моментов при приращении подъёмной силы

$$Skp * 0,1 * (x - x_{kp}) * \Delta\alpha = Sgo * 0,08 * (x_{go} - x) * \Delta\alpha$$

Сокращаем подобные и раскрываем скобки

$$Skp * 0,1 * x - Skp * 0,1 * x_{kp} = Sgo * 0,08 * x_{go} - Sgo * 0,08 * x$$

$$x = (Skp * 0,1 * x_{kp} + Sgo * 0,08 * x_{go}) / (Skp * 0,1 + Sgo * 0,08)$$

$$x = 1$$

Задача 10-12. Манипуляторы. 2 балла.

Задача: "Трехзвеный манипулятор"

Условие:

Вы проектируете стационарный робот-манипулятор для переноса хрупких деталей. Манипулятор состоит из трёх жёстких звеньев и имеет три степени свободы (повороты в сервоприводах 1, 2 и 3).

Звено 1: Длина $L_1 = 20$ см, масса $m_1 = 200$ г. Его центр масс находится посередине.

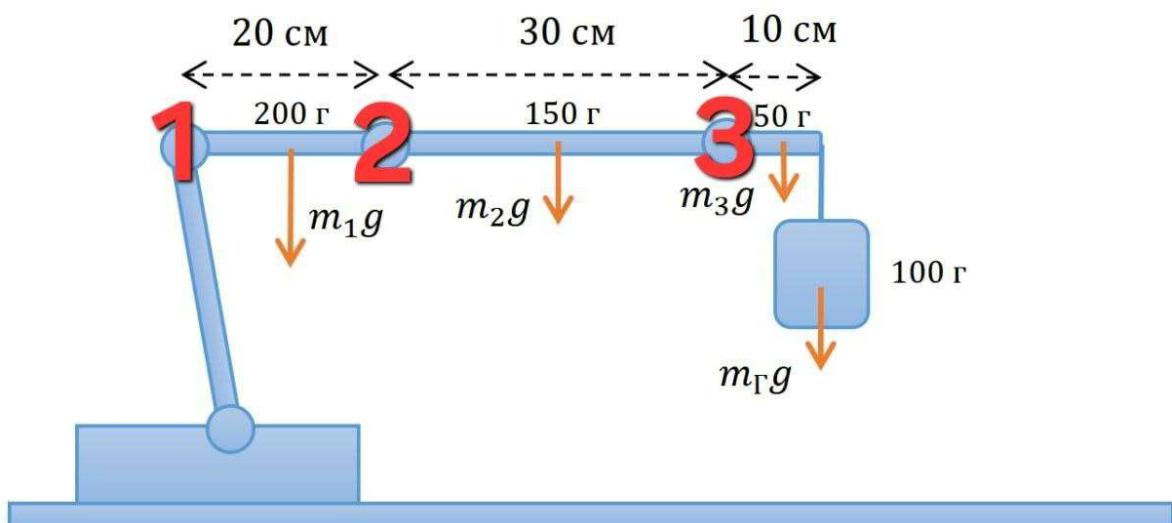
Звено 2: Длина $L_2 = 30$ см, масса $m_2 = 150$ г. Его центр масс находится посередине.

Звено 3: Длина $L_3 = 10$ см, масса $m_3 = 50$ г. Его центр масс находится посередине.

Груз: Масса $m_g = 100$ г захватывается в конце звена 3.

Все сервоприводы считаются невесомыми. В начальный момент манипулятор полностью выпрямлен и расположен горизонтально.

Рассчитайте крутящий момент, который должен обеспечивать сервопривод 1, чтобы удерживать систему в горизонтальном положении. Ответ запиши в кг·см с точностью до целых.



Ответ: 16

Решение:

Расчет момента для сервопривода 1

Сервопривод 1 должен компенсировать моменты сил тяжести всех звеньев и груза относительно точки своего крепления (оси вращения).

Момент силы тяжести вычисляется по формуле: $M = F * l$, где l — плечо силы (расстояние от оси вращения до линии действия силы).

Все силы тяжести направлены вертикально вниз. Так как манипулятор горизонтален, плечо для каждой силы равно расстоянию по горизонтали от привода 1 до центра масс соответствующего элемента.

Звено 1:

$$\text{Сила: } F_1 = m_1 * g = 0,2 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 2 \text{ Н}$$

$$\text{Плечо: } l_1 = L_1/2 = 0,2 \text{ м} / 2 = 0,1 \text{ м (центр масс посередине звена)}$$

$$\text{Момент: } M_1 = 2 \text{ Н} * 0,1 \text{ м} = 0,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Звено 2:

$$\text{Сила: } F_2 = m_2 * g = 0,15 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 1,5 \text{ Н}$$

$$\text{Плечо: } l_2 = L_1 + L_2/2 = 0,2 \text{ м} + 0,3 \text{ м} / 2 = 0,2 \text{ м} + 0,15 \text{ м} = 0,35 \text{ м}$$

$$\text{Момент: } M_2 = 1,5 \text{ Н} * 0,35 \text{ м} = 0,525 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Звено 3:

$$\text{Сила: } F_3 = m_3 * g = 0,05 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 0,5 \text{ Н}$$

$$\text{Плечо: } l_3 = L_1 + L_2 + L_3/2 = 0,2 \text{ м} + 0,3 \text{ м} + 0,1 \text{ м} / 2 = 0,5 \text{ м} + 0,05 \text{ м} = 0,55 \text{ м}$$

$$\text{Момент: } M_3 = 0,5 \text{ Н} * 0,55 \text{ м} = 0,275 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Груз:

$$\text{Сила: } F_G = m_G * g = 0,1 \text{ кг} * 10 \text{ Н/кг} = 1 \text{ Н}$$

$$\text{Плечо: } l_G = L_1 + L_2 + L_3 = 0,2 \text{ м} + 0,3 \text{ м} + 0,1 \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

$$\text{Момент: } M_G = 1 \text{ Н} * 0,6 \text{ м} = 0,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Суммарный момент для сервопривода 1:

$$M_{\text{sum}} = M_1 + M_2 + M_3 + M_G = 0,2 + 0,525 + 0,275 + 0,6 = 1,6 \text{ Н}\cdot\text{м} = 16 \text{ кг}\cdot\text{см}$$

Задача 10-13. Колёсная робототехника. 2 балла.

"Робот-тягач"

Условие:

Ваша команда конструирует робота-тягач для соревнований "Перетягивание каната". Конструкция робота включает в себя два моста с разными типами колёс и редукторов. У каждого из четырех колес есть отдельный мотор.

- Передний мост:

Диаметр колёс: $D_{\text{п}} = 80 \text{ мм}$

Установлены мотор-редукторы с передаточным числом $i_{\text{п}} = 50:1$

Максимальный крутящий момент на валу мотора (до редуктора): $M_{\text{м}} = 15 \text{ Н}\cdot\text{см}$

- Задний мост:

Диаметр колёс: $D_3 = 120 \text{ мм}$

Установлены мотор-редукторы с передаточным числом $i_3 = 30:1$

Максимальный крутящий момент на валу мотора (до редуктора): $M_{\text{м}} = 15 \text{ Н}\cdot\text{см}$

- Коэффициент трения скольжения между колёсами и покрытием поля $\mu = 0.7$.

Какой суммарной силой тяги будет обладать робот, если оба моста являются ведущими?
Ответ запиши в ньютонах.

Ответ: 525

Решение:

Расчет максимальной силы тяги

Сила тяги создаётся за счёт трения покоя и ограничена моментом, приложенным к колесу.

Шаг 1.1: Расчёт крутящего момента на колесе

Крутящий момент на колесе рассчитывается как:

$$M_{\text{кол}} = M_{\text{м}} * i$$

Передний мост: $M_{\text{кол.п}} = 15 \text{ Н}\cdot\text{см} * 50 = 750 \text{ Н}\cdot\text{см}$

Задний мост: $M_{\text{кол.з}} = 15 \text{ Н}\cdot\text{см} * 30 = 450 \text{ Н}\cdot\text{см}$

Шаг 1.2: Расчёт силы тяги на одном колесе

Сила тяги, создаваемая одним колесом, определяется соотношением:

$$F_{\text{тяги}} = M_{\text{кол}} / R, \text{ где } R — \text{радиус колеса.}$$

Передний мост: $R_{\text{п}} = D_{\text{п}} / 2 = 80 \text{ мм} / 2 = 40 \text{ мм} = 4 \text{ см}$

$$F_{\text{тяги.п.колесо}} = 750 \text{ Н}\cdot\text{см} / 4 \text{ см} = 187,5 \text{ Н}$$

$$\text{Задний мост: } R_3 = D_3 / 2 = 120 \text{ мм} / 2 = 60 \text{ мм} = 6 \text{ см}$$

$$F_{\text{тяги.з.колесо}} = 450 \text{ Н}\cdot\text{см} / 6 \text{ см} = 75 \text{ Н}$$

Шаг 1.3: Расчёт суммарной силы тяги на мосту и роботе

Поскольку у моста два колеса, суммарная сила тяги моста равна удвоенной силе на одном колесе.

$$\text{Передний мост: } F_{\text{тяги.п.}} = 187,5 \text{ Н} * 2 = 375 \text{ Н}$$

$$\text{Задний мост: } F_{\text{тяги.з.}} = 75 \text{ Н} * 2 = 150 \text{ Н}$$

$$\text{Суммарная сила тяги робота: } F_{\text{тяги.робота}} = F_{\text{тяги.п.}} + F_{\text{тяги.з.}} = 375 \text{ Н} + 150 \text{ Н} = 525 \text{ Н}$$