

Вариант №1.
Время выполнения – 120 минут.
(Максимальное количество баллов – 450)

В бланках ответов участник **в обязательном порядке** должен **указать номер полученного варианта.**

Задача 1 (Максимум – 150 баллов).

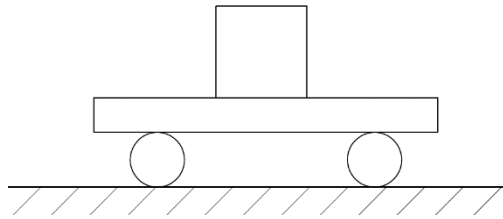
Имеется колёсный робот – транспортёр массой $M = 2$ кг на четырёх колесах диаметром 24 мм и коэффициентом трения $\mu_k = 0,2$, и с грузовой платформой размером 150 на 150 мм, который движется с постоянной скоростью. На валу одного из колёс установлен инкрементальный энкодер с разрешением 240 PPR (количество импульсов на один оборот вала). В процессе его перемещения по маршруту на горизонтальной плоскости в определённый момент в центр грузовой платформы сбрасывается контейнер с грузом кубической формы со стороной $h = 75$ мм и массой $m = 2,4$ кг. Центр масс контейнера совпадает с его геометрическим центром. Начальная скорость контейнера относительно земли равна нулю. Коэффициент трения между контейнером с грузом и платформой $\mu = 0,6$. Ускорение свободного падения принять за $9,8$ м/с².

1. Нарисуйте схему с транспортёром в момент установки груза и изобразите действующие силы.
2. Напишите уравнение сил, действующих на груз и транспортер, в векторном виде.
3. Определите скорость движения транспортера, если с интервалом в 1 секунду были получены значения энкодера: 1111 0010 1011 1001 и 1101 1001 1101 0111₂.
4. Определите, не упадет ли груз с тележки (ответ обосновать рисунком и расчетом).
5. Каков минимальный радиус поворота транспортёра без потери груза при постоянной скорости? Нарисуйте рисунок с указанием действующих сил на груз при повороте.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

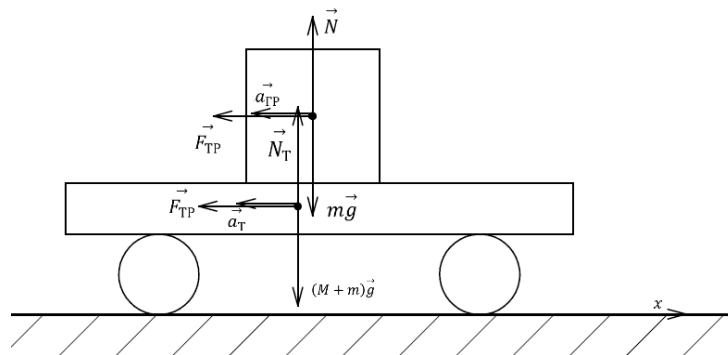
Решение:

1.1 Схему с транспортером и грузом в момент погрузки.



Примечание: на рисунке допустимо не указывать колеса и условную землю, поскольку они не участвуют непосредственно в решении задачи.

1.2 На транспортер с грузом действуют силы.



2.1 Уравнение сил, действующих на транспортер с грузом, в векторном виде

$$\vec{N}_T + \vec{F}_{ТР} + (M + m) \vec{g} = M\vec{a}_T$$

Силы, действующие на груз:

$$\vec{N} + \vec{F}_{ТР} + m\vec{g} = m\vec{a}_{ГР}$$

2.2 Система координат выбрана относительно центра масс транспортёра.

2.3 Это пункт может быть решен в ответе на четвертый вопрос задачи.

$$x: F_{ТР} = Ma_T$$

Подставляя силу трения зная коэффициент трения, получаем:

$$a_T = \frac{\mu mg}{M}$$

$$x: F_{ТР} = ma_{ГР}$$

Подставляя силу трения зная коэффициент трения, получаем:

$$a_{ГР} = \mu g$$

2.4 Сваливание груза произойдет тогда, когда его центр окажется не над грузовой платформой транспортера. Необходимо сделать рисунок для наглядного пояснения.

$$v = \frac{\frac{3,14 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{240} \cdot 6370}{1}$$

$$v = 2,00018 \text{ М/с}$$

Применяем правило округления и получаем ответ: $v = 2$

4.1 Возможны два варианта решений. Первое решение через равенство скоростей груза и транспортера. Второе решение через закон сохранения импульса. Закон сохранения импульса в тот момент, когда движения груза по поверхности транспортера прекратилось имеет вид:

$$Mv = (m + M)v_1$$

где: v_1 – скорость движения транспортёра и груза вместе, когда движение груза по поверхности транспортера прекратилось;

v – скорость движения транспортера до погрузки.

Также помним, что начальная скорость груза равнялась нулю. Через сохранение кинетической энергии получаем:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \mu mg\left(\frac{L}{2} - x\right)$$

$$\frac{Mv_1^2}{2} - \frac{Mv^2}{2} = -\mu mg\frac{L}{2}$$

Складывая уравнения, получаем:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} - \frac{Mv^2}{2} = -\mu mgx$$

Подставляя выражения для скорости v_1 , получаем:

$$x = \frac{Mv^2}{2\mu g(m + M)}$$

Груз не упадет с транспортера, если расстояние x не превысит расстояние от центра грузовой платформы транспортера до её края. Тогда получаем итоговое условие:

$$L \geq \frac{Mv^2}{\mu g(m + M)}$$

4.2 Подставим численные значения из условия задачи.

$$0,15 \geq \frac{2 \cdot 2^2}{0,6 \cdot 9,8 \cdot (2 + 24)}$$

$$0,15 \geq 0,31$$

4.3 Груз упадет с платформы.

5 Минимальный радиус не определить, поскольку груз был потерян еще на этапе погрузки.

Критерии:

- 1.1 Сделан рисунок транспортёра с грузом
- 1.2 На рисунке указан силы, действующие на груз
- 2.1 Записано уравнение сил в векторном виде
- 2.2 Выбрана система координат
- 2.3 Написано уравнение в проекциях по осям системы координат
- 2.4 Приведено условие сваливания груза с платформы и его обоснование
- 3.1 Верно записано уравнение скорости с учётом интерпретации параметров колеса и энкодера
- 3.2 Верно выполнено преобразование чисел из двоичной в десятичную систему исчисления
- 3.3 Получено верное значение скорости
- 4.1 Получено условие сваливания груза
- 4.2 Получено верное числовое значение
- 4.3 Сделан верный вывод по сваливанию груза с платформы
- 5.1 Записано верное выражение
- 5.2 Сделан соответствующий вывод
6. Верно применено правило округления

Задача 2 (Максимум – 150 баллов).

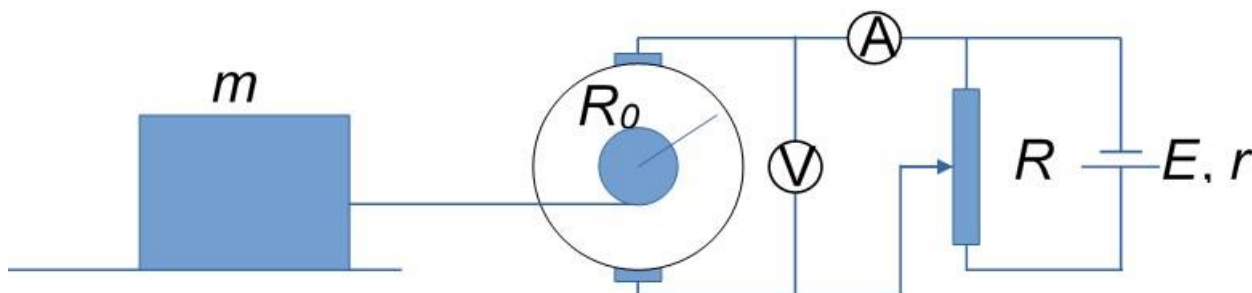


Рис. 1. Движение груза

Груз массой $m = 0,5$ кг тянут по горизонтальной плоскости (см. рис.1) с помощью электродвигателя постоянного тока с КПД $\eta = 40\%$ и сопротивлением обмотки $R_0 = 50$ Ом. Мотор подключен через реостат с сопротивлением $R = 50$ Ом к источнику постоянного тока с ЭДС $E = 60$ В и внутренним сопротивлением $r = 5$ Ом. Минимальная сила тока в обмотке двигателя, при которой груз начинает двигаться по плоскости равна $I_{\min} = 0,1$ А. Трением в деталях двигателя пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с². Амперметр и вольтметр считать идеальными.

Необходимо найти решения следующих задач:

1. Определить показание вольтметра V при силе тока через обмотку электродвигателя $I_{\min} = 0,1$ А.
2. Рассчитать коэффициент трения μ груза о плоскость если при минимальной силе тока через обмотку двигателя груз сместился на 50 см за 20 секунд.
3. Определить силу натяжения нити при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если при этом груз движется со скоростью $V_2 = 0,5$ м/с.
4. Рассчитать полное сопротивление цепи, если бегунок реостата расположен точно посередине.
5. Каким будут показания амперметра и вольтметра, если бегунок реостата расположить ровно посередине.
6. Какое количество теплоты выделится в обмотке мотора за 30 секунд работы при силе тока через обмотку равен 1 А.
7. Определите максимально возможный ток через обмотку двигателя.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

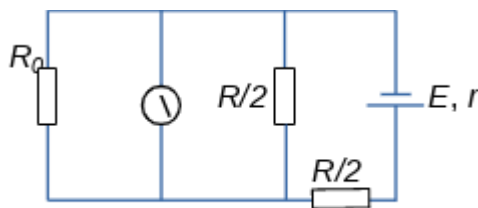
Критерии

1. Определить показание вольтметра V при силе тока через обмотку электродвигателя $I_{\min} = 0,1$ А. (10 баллов).
2. Рассчитать коэффициент трения μ груза о плоскость если при минимальной силе тока через обмотку двигателя груз сместился на 50 см за 20 секунд. (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения коэффициента трения μ груза (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение коэффициента трения μ груза (10 баллов)
3. Определить силу натяжения нити при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если при этом груз движется со скоростью $V = 0,5$ м/с (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения силы натяжения нити (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение силы натяжения нити (10 баллов)
4. Рассчитать полное сопротивление цепи, если бегунок реостата расположен точно посередине. (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения сопротивления (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение сопротивления (10 баллов)
5. Каким будут показания амперметра и вольтметра, если бегунок реостата расположить ровно посередине (20 баллов).
 - а) Получено верное числовое значение силы тока (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение напряжения (10 баллов)
6. Какое количество теплоты выделится в обмотке мотора за 30 секунд работы при силе тока через обмотку равен 1 А (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения количества теплоты (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение количества теплоты (10 баллов)
7. Определите максимально возможный ток через обмотку двигателя (40 баллов).
 - а) Верно сформулировано условие, при котором в цепи будет протекать максимальный ток (10 баллов)
 - б) Представлена эквивалентная схема, соответствующая условиям, при которых в цепи будет протекать максимальный ток,
 - в) Верно записано выражение для расчета максимального тока, протекающего в цепи (10 баллов)

г) Получено верное числовое значение максимального тока, протекающего в цепи (10 баллов)

Решение:

- По закону Ома для участка цепи $U = I_{\min} R_0 = 50 \cdot 0,1 = 5$ В.
- При минимальной силе тока через обмотку груз по плоскости движется равномерно со скоростью $V = l/t = 50/20 = 2,5$ см/с. Мотор при этом совершил работу по перемещению груза $A = \eta \cdot I \cdot U \cdot t = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t = \mu mgl + mV^2/2$. Отсюда $\mu = (\eta \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t - mV^2/2)/mgl = (0,4 \cdot 0,01 \cdot 50 \cdot 20 - 0,5 \cdot 0,000625/2)/(0,5 \cdot 10 \cdot 0,5) \approx 0,1$
- Мощность, развиваемая электромотором, равна $P = \eta \cdot I \cdot U = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 = T \cdot V$, где T – сила натяжения нити. Отсюда $T = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 / V = 0,4 \cdot 1 \cdot 50 / 0,5 = 40$ Н.
- Если бегунок реостата расположите посередине, то эквивалентная электрическая схема будет представлять собой



Полное сопротивление цепи в этом случае равно $R_{\text{общ}} = r + R/2 + R_0 \cdot R/2 / (R_0 + R/2) = 5 + 25 + 50 \cdot 25 / 75 \approx 46,7$ Ом.

5. Полный ток в цепи в этом случае равен $I_0 = E/R_{\text{общ}} \approx 1,29$ А. Этот ток разветвляется на ток I_1 в сопротивлении R_0 и ток I_2 в сопротивлении $R/2$: $I_0 = I_1 + I_2$ (1).

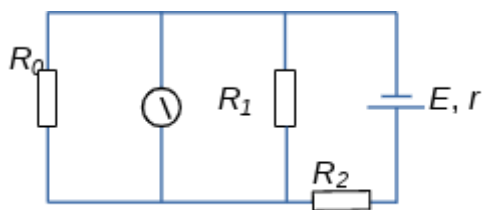
По закону Ома для участка цепи показания вольтметра будут равны $U = I_2 \cdot R/2$. Отсюда $I_1 = I_2 \cdot R/2R_0$ (2). Подставляя (2) в (1), получаем $I_1 = I_0 / (1 + R/2R_0) = 1,29 / 1,5 \approx 0,86$ А. Следовательно $U = I_1 \cdot R_0 \approx 42,9$ В.

6. В обмотке двигателя выделится количество теплоты $Q_0 = (1 - \eta) \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t = 0,6 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 30 = 90$ Дж.

7. Максимальный ток в обмотке будет наблюдаться при неизвестном положении бегунка реостата. Поэтому эквивалентная схема такой цепи представлени на рисунке, где $R = R_1 + R_2$. Следовательно, полное сопротивление цепи будет равно $R_{\text{общ}} = r + R_2 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1) = r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1)$. Полный ток в цепи равен $I_0 = E / R_{\text{общ}} = E \cdot (r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1))^{-1}$. Для того, чтобы найти максимальный ток нужно взять производную от полной силы тока по R_1 и приравнять ее нулю:

$I_0' = (-E) \cdot (-1 + R_0 / (R_0 + R_1) - R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1)^2) \cdot (r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1))^{-2} = 0$. Если упростить это выражение с учетом того, что знаменатель не может быть равен 0, то получается $R_1 = 2R_0$. Однако, исходя из данных задачи, реостат не может достигать таких значений сопротивления. Это значит, что максимальное значение силы тока в цепи, а, значит, и максимальное его значение через обмотку будет достигаться при самом нижнем положении бегунка реостата. Следовательно $R_1 = R$ и $R_2 = 0$.

$I_{\text{max}} = E / (r + R/2) = 60 / 55 = 1,1$ А, т. к. $R_1 = R_0$ исходя из числовых данных задачи.



Задача 3 (Максимум – 150 баллов).

Дана монтажная схема макета электронного кодового замка на базе платы Arduino Uno и часть программного кода загружаемого в память микроконтроллера. Программа должна спрашивать с пользователя пароль длиной 5 символов. Если пароль верный – загорается встроенный светодиод на 13 выходе платы. Если пароль неверный – светодиод гаснет, либо не загорается. Проверка пароля должна происходить автоматически, без необходимости нажимать на отдельную кнопку для отправки.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

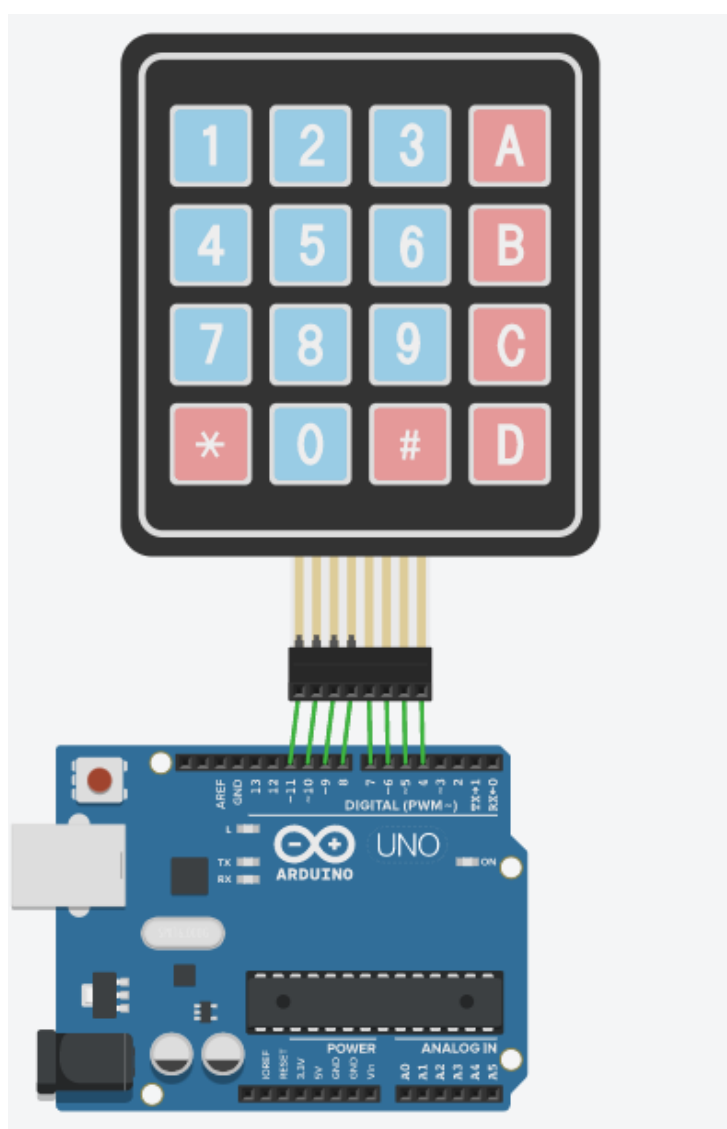


Рис. 2. Монтажная схема макета

```
1  #include <Keypad.h>
2  const byte STROKI = 4;
3  const byte STOLBS = 4;
4
5  char knops[STROKI][STOLBS] = {
6    {'1', '2', '3', 'A'},
7    {'4', '5', '6', 'B'},
8    {'7', '8', '9', 'C'},
9    {'*', '0', '#', 'D'}
10 };
11
12 byte rows[STROKI] = {11, 10, 9, 8};
13 byte cols[STOLBS] = {7, 6, 5, 4};
14
15 Keypad knopki = Keypad(makeKeymap(knops), rows, cols, STROKI, STOLBS);
16
17
18 void setup()
19 {
20   pinMode(13, INPUT);
21   Serial.begin(9600);
22 }
23
24 String passw = "12345";
25 String enter = "";
26
27 void loop()
28 {
29   char button = knopki.getKeys();
30   if (button) {
31     enter = enter + button;
32     Serial.println(enter);
33     if (button.length() == 3) {
34       if (enter = passw) {
35         digitalWrite(13, HIGH);
36       }
37       else {
38         digitalWrite(13, LOW);
39       }
40       enter = "";
41     }
42   }
43 }
```

Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Почему используется string, а не другой тип данных в строке 25?
2. Чем является «knopki» в строке 15?
3. Почему в условии в строке 30 в скобках только одно слово button? Как условие срабатывает?
4. Найдите 5 ошибок в написании кода и исправьте их.

5. Допишите программу таким образом, чтобы происходила следующая индикация по завершению ввода пароля:
- Если пароль верный – загорается встроенный светодиод на 13 выходе платы на 5 секунд.
 - Если пароль неверный – светодиод 2 раза мигает с интервалом 1 секунда и затем гаснет.
 - Добавьте защиту-сигнализацию от подбора пароля - после 5 неверных попыток ввода начинает мигать лампочка с интервалом 1 секунда. Длительность действия сигнализации 30 секунд.

Необходимо написать только те части программы, которых не хватает и указать в какое место их нужно вставить.

```
//Пример:  
  
int k, n;  
k = 5;  
n = k + 5;  
  
//Вставить между 37 и 38 строкой
```

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение

1. String используется из-за того, что принимаемый пароль является строковым типом данных.
2. кнопкi – это созданный объект для управления конкретной клавиатурой.
3. Условие срабатывает в случае, если переменная button не пустая. Если кнопка нажата, то в переменную приходят данные, соответственно условие в скобках не равно 0 и условие выполняется.
4. Строка 20 – INPUT вместо OUTPUT. Строка 29 – нужно getKey. Строка 33 – нужно enter.length(), а не button.length(). Строка 33 – должно вместо 3 стоять 5. Строка 34 нужно ==.
- 5.

```
int p=0;
//Вставить между 25 и 26 строкой

delay(5000);
digitalWrite(13, LOW);
//Вставить между 35 и 36 строкой

digitalWrite(13, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(13, LOW);
delay(1000);
digitalWrite(13, HIGH);
delay(1000);
p = p + 1
//Вставить между 37 и 38 строкой

if(p==5){
    for (int i = 0; i < 15; i++){
        digitalWrite(13, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(13, LOW);
```

```
        delay(1000);  
    }  
    p=0;  
}
```

//Вставить между 39 и 40 строкой

	Критерий	Баллы
1	Дан развернутый ответ	10
2	Дан развернутый ответ	20
3	Дан развернутый ответ	10
4	+10 баллов за каждую верно найденную ошибку. -10 баллов за неверно определенную ошибку	Максимум 50
5	Написан код для включения светодиода при вводе верного пароля	10
	Написан код для отключения светодиода при вводе неверного пароля	10
	Написана функция для защиты от подбора	20
	Работают все три функции	20

Вариант №2.
Время выполнения – 120 минут.
(Максимальное количество баллов – 450)

В бланках ответов участник в обязательном порядке должен указать номер полученного варианта.

Задача 1 (Максимум – 150 баллов).

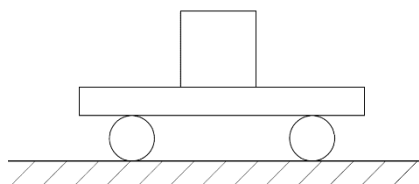
Имеется колёсный робот – транспортёр массой $M = 3,4$ кг на четырёх колесах радиуса $r = 18$ мм и коэффициентом трения $\mu_k = 0,6$, и с грузовой платформой размером 190 на 190 мм, который движется с постоянной скоростью. На валу одного из колёс установлен инкрементальный энкодер с разрешением 360 PPR (количество импульсов на один оборот вала). В процессе его перемещения по маршруту в определённый момент в центр грузовой платформы устанавливается контейнер с грузом кубической формы со стороной $h = 105$ мм и массой $m = 6$ кг. Начальная скорость контейнера относительно земли равна нулю. Коэффициент трения между контейнером с грузом и платформой $\mu = 0,2$. Ускорение свободного падения принять за $9,8$ м/с².

1. Нарисуйте схему с транспортёром и в момент установки груза и изобразите действующие силы.
2. Напишите уравнение сил, действующих на груз и транспортёр, в векторном виде.
3. Определите скорость движения транспортёра, если с интервалом в 1 секунду были получены значения энкодера: 1010 1011 0110 0010₂ и 1001 1001 1111 0111₂.
4. Определите, не упадет ли груз с тележки (ответ обосновать рисунком и расчетом).
5. Каков минимальный радиус поворота транспортёра без потери груза при постоянной скорости? Нарисуйте рисунок с указанием действующих сил на груз при повороте.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

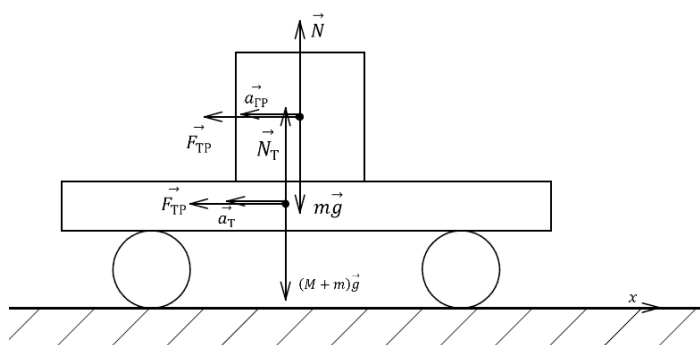
Решение

1.1 Схему с транспортером и грузом в момент погрузки.



Примечание: на рисунке допустимо не указывать колеса и условную землю, поскольку они не участвуют непосредственно в решении задачи.

1.2 На транспортер с грузом действуют силы.



2.1 Уравнение сил, действующих на транспортер с грузом, в векторном виде

$$\vec{N}_T + \vec{F}_{ТР} + (M + m) \vec{g} = M\vec{a}_T$$

Силы, действующие на груз:

$$\vec{N} + \vec{F}_{ТР} + m\vec{g} = m\vec{a}_{ГР}$$

2.2 Система координат выбрана относительно центра масс транспортёра.

2.3 Это пункт может быть решен в ответе на четвертый вопрос задачи.

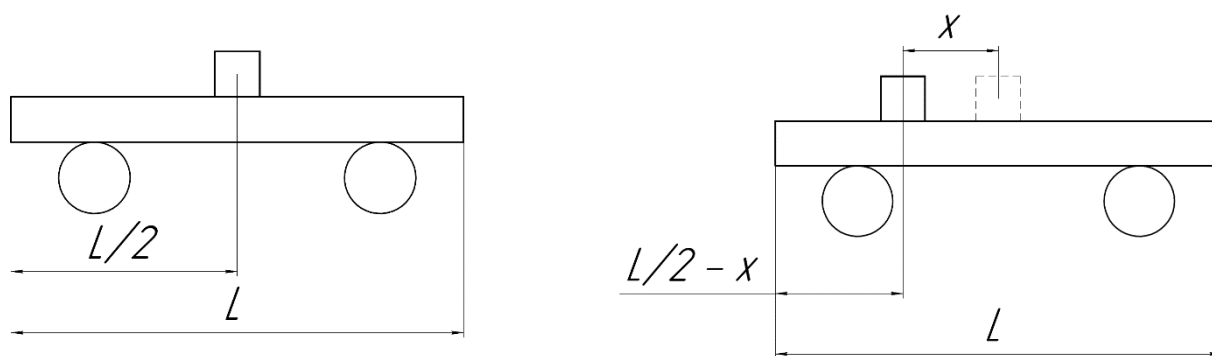
$$x: F_{ТР} = Ma_T$$

Подставляя силу трения зная коэффициент трения, получаем: $a_T = \frac{\mu mg}{M}$

$$x: F_{ТР} = ma_{ГР}$$

Подставляя силу трения зная коэффициент трения, получаем: $a_{ГР} = \mu g$

2.4 Сваливание груза произойдет тогда, когда его центр окажется не над грузовой платформой транспортера. Необходимо сделать рисунок для наглядного пояснения.



Из рисунка видно, что величина смещения груза относительно центра платформы размером L транспортера определяется как $\frac{L}{2} - x$, где x – расстояние, на которое переместится груз.

3.1 Скорость определяется по следующей формуле через пройденный путь S и определённое время t :

$$v = \frac{S}{t}$$

Пройденный путь определяется через длину, которое проходит колесо за один оборот, с учётом разрешения энкодера и значения из памяти, которое было записано за время t :

$$v = \frac{\pi \cdot d}{CRR} \cdot \frac{n}{t}$$

Полученная формула является итоговой для решения данного пункта. Необходимо определить значение, полученное с энкодера.

3.2 Вычитаем одно значение энкодера из другого:

–	1	0	1	0		1	0	1	1		0	1	1	0		0	0	1	0			
	1	0	0	1		1	0	0	1		1	1	1	1		0	1	1	1			
	0	0	0	0		0	0	0	1		0	1	0	0		1	0	0	0			

После переводим результат вычитания из двоичной в десятичную систему исчисления:

	15	14	13	12		11	10	9	8		7	6	5	4		3	2	1	0			
	0	0	0	1		0	0	0	1		0	1	1	0		1	0	1	1			

$$n = 0001\ 0001\ 0110\ 1011_2 = 1 \cdot 2^{12} + 1 \cdot 2^8 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 4096 + 256 + 64 + 32 + 8 + 2 + 1 = 4096 + 320 + 40 + 3 = 4459_{10}$$

3.3 Подставляем численные значения в итоговую формулу, попутно переводя их к системе СИ:

$$v = \frac{\frac{3,14 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{360} \cdot 4459}{1}$$

$$v = 1,400126$$

Применяем правило округления и получаем ответ: $v = 1,4^M/c$

4.1 Возможны два варианта решений. Первое решение через равенство скоростей груза и транспортера. Второе решение через закон сохранения импульса. Закон сохранения импульса в тот момент, когда движения груза по поверхности транспортера прекратилось имеет вид:

$$Mv = (m + M)v_1$$

где: v_1 – скорость движения транспортёра и груза вместе, когда движение груза по поверхности транспортера прекратилось;

v – скорость движения транспортера до погрузки.

Также помним, что начальная скорость груза равнялась нулю. Через сохранение кинетической энергии получаем:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \mu mg\left(\frac{L}{2} - x\right)$$

$$\frac{Mv_1^2}{2} - \frac{Mv^2}{2} = -\mu mg\frac{L}{2}$$

Складывая уравнения, получаем:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} - \frac{Mv^2}{2} = -\mu mgx$$

Подставляя выражения для скорости v_1 , получаем:

$$x = \frac{Mv^2}{2\mu g(m + M)}$$

Груз не упадет с транспортера, если расстояние x не превысит расстояние от центра грузовой платформы транспортера до её края. Тогда получаем итоговое условие:

$$L \geq \frac{Mv^2}{\mu g(m + M)}$$

4.3 Подставим численные значения из условия задачи.

$$0,19 \geq \frac{3,4 \cdot 1,4^2}{0,2 \cdot 9,8 \cdot (6 + 3,4)}$$

$$0,19 \geq 0,36$$

4.4 Груз упадет с платформы.

5 Минимальный радиус не определить, поскольку груз был потерян еще на этапе погрузки.

Критерии (по 10 баллов за каждый пункт)

- 1.1 Сделан рисунок транспортёра с грузом
- 1.2 На рисунке указан силы, действующие на груз
- 2.1 Записано уравнение сил в векторном виде
- 2.2 Выбрана система координат
- 2.3 Написано уравнение в проекциях по осям системы координат
- 2.4 Приведено условие сваливания груза с платформы и его обоснование
- 3.1 Верно записано уравнение скорости с учётом интерпретации параметров колеса и энкодера
- 3.2 Верно выполнено преобразование чисел из двоичной в десятичную систему исчисления
- 3.3 Получено верное значение скорости
- 4.1 Получено условие сваливания груза
- 4.2 Получено верное числовое значение
- 4.3 Сделан верный вывод по сваливанию груза с платформы
- 5.1 Записано верное выражение
- 5.2 Сделан соответствующий вывод
- 6. Верно применено правило округления

Задача 2 (Максимум – 150 баллов).

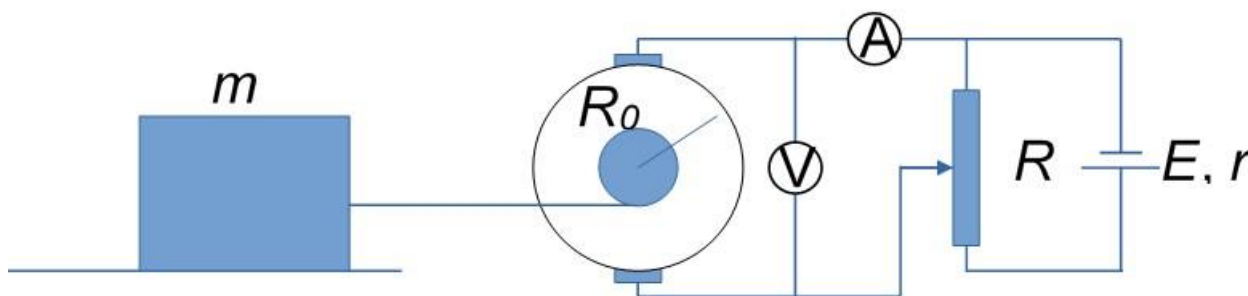


Рис. 1. Движение груза

Груз массой $m = 0,5$ кг тянут по горизонтальной плоскости (см. рис.1) с помощью электродвигателя постоянного тока с КПД $\eta = 40\%$ и сопротивлением обмотки $R_0 = 50$ Ом. Мотор подключен через реостат с сопротивлением $R = 50$ Ом к источнику постоянного тока с ЭДС $E = 60$ В и внутренним сопротивлением $r = 5$ Ом. Минимальная сила тока в обмотке двигателя, при которой груз начинает двигаться по плоскости равна $I_{\min} = 0,1$ А. Трением в деталях двигателя пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с². Амперметр и вольтметр считать идеальными.

Необходимо решить следующие задачи:

1. Определить показание амперметра при силе напряжения на обмотке 20 В.
2. На какое расстояние сместится груз за 5 с при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если коэффициент трения μ груза о плоскость равен 0,16.
3. Определить скорость движения груза V при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если известно, что при этом значение силы натяжения нити составляет 100 Н.
4. Рассчитать полное сопротивление цепи, если бегунок делит реостат в соотношении 1:4 и расположен ближе к верхнему краю.
5. Какими будут показания вольтметра и амперметра, если бегунок реостата сдвинуть вверх до максимума.
6. Чему равен ток через обмотку мотора, если на ней выделилось 200 Дж теплоты за 30 секунд 1 А.
7. Определите показания вольтметра, если мощность двигателя максимальна.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Критерии:

1. Определить показание амперметра при силе напряжении на обмотке 20 В (10 баллов).
2. На какое расстояние сместится груз за 5 с при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если коэффициент трения μ груза о плоскость равен 0,16. (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения расстояния, на которое сместится груз (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение расстояния, на которое сместится груз (10 баллов)
3. Определить скорость движения груза V при силе тока через обмотку двигателя 1 А, если известно, что при этом значение силы натяжения нити составляет 100 Н (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения скорости груза (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение скорости груза (10 баллов)
4. Рассчитать полное сопротивление цепи, если бегунок делит реостат в соотношении 1: 4 и расположен ближе к верхнему краю. (20 баллов).
 - а) Верно записано выражение для расчета значения полного сопротивления цепи (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение полного сопротивления цепи (10 баллов)
5. Какими будут показания амперметра и вольтметра, если бегунок реостата сдвинуть вверх до максимума (20 баллов).
 - а) Получено верное числовое значение силы тока (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение напряжения (10 баллов)
6. Чему равен ток через обмотку мотора, если на ней выделилось 200 Дж теплоты за 30 секунд 1 А. (20 баллов)
 - а) Верно записано выражение для расчета значения силы тока (10 баллов)
 - б) Получено верное числовое значение силы тока (10 баллов)
7. Определите показания вольтметра, если мощность двигателя максимальна (40 баллов).
 - а) Верно сформулировано условие, при котором в цепи будет выделяться максимальная мощность (10 баллов)
 - б) Представлена эквивалентная схема, соответствующая условиям, при которых в цепи будет выделяться максимальная мощность,

в) Верно записано выражение для расчета напряжения (10 баллов)

г) Получено верное числовое значение напряжения (10 баллов)

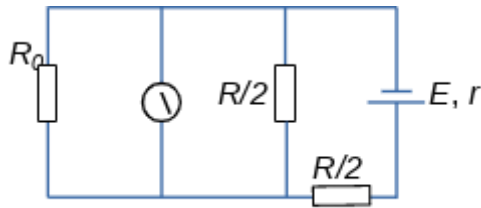
Решение:

1. По закону Ома для участка цепи $I = U/R_0 = 20/50 = 0,4$ А.

2. При минимальной силе тока через обмотку груз по плоскости движется равномерно со скоростью $V = l/t$. Мотор при этом совершил работу по перемещению груза $A = \eta \cdot I \cdot U \cdot t = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t = \mu mgl + mV^2/2 = \mu mgl + ml^2/2t^2$. Решение квадратного уравнения $ml^2/2t^2 + \mu mgl - \eta \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t = 0$ относительно l представляется в виде $l = -\mu gt^2 + (\mu^2 g^2 t^4 + 2\eta \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t^3/m)^{1/2} = 48$ м.

3. Мощность, развиваемая электромотором, равна $P = \eta \cdot I \cdot U = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 = T \cdot V$, где T – сила натяжения нити. Отсюда $V = \eta \cdot I^2 \cdot R_0 / T = 0,4 \cdot 1 \cdot 50 / 100 = 0,2$ м/с.

4. Если бегунок реостата расположен так, как указано в вопросе, то эквивалентная электрическая схема будет представлять собой. Полное сопротивление цепи в этом случае равно $R_{\text{общ}} = r + R/2 + R_0 \cdot R/2 / (R_0 + R/2) = 5 + 25 + 50 \cdot 25 / 75 \approx 46,7$ Ом.



5. В этом случае ток через двигатель течь не будет, а ток через реостат будет равен $I = E/(r + R) = U/R$. Следовательно $U = E \cdot R / (r + R) = 60 \cdot 50 / 55 = 54,5$ В.

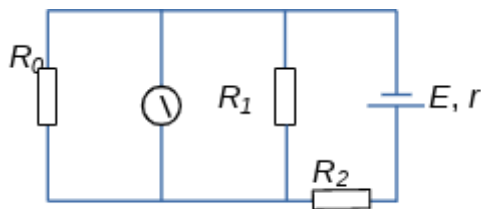
6. В обмотке двигателя выделится количество теплоты $Q = (1 - \eta) \cdot I^2 \cdot R_0 \cdot t$. Следовательно $I = (Q_0 / ((1 - \eta) \cdot R_0 \cdot t))^{1/2} = (100 / (0,6 \cdot 50 \cdot 30))^{1/2} = 0,33$ А.

7. Двигатель будет потреблять максимальную мощность при максимальном токе через него. Максимальный ток через двигатель достигается при максимальном токе в полной цепи. Максимальный ток в обмотке будет наблюдаться при неизвестном положении бегунка реостата. Поэтому эквивалентная схема такой цепи представлена на рисунке, где $R = R_1 + R_2$. Следовательно, полное сопротивление цепи будет равно $R_{\text{общ}} = r + R_2 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1) = r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1)$. Полный ток в цепи равен $I_0 = E / R_{\text{общ}} = E \cdot (r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1))^{-1}$.

$R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1)^{-1}$. Для того, чтобы найти максимальный ток нужно взять производную от полной силы тока по R_1 и приравнять ее нулю:

$I_0' = (-E) (-1 + R_0 / (R_0 + R_1) - R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1)^2) (r + R - R_1 + R_0 \cdot R_1 / (R_0 + R_1))^{-2} = 0$. Если упростить это выражение с учетом того, что знаменатель не может быть равен 0, то получается $R_1 = 2R_0$. Однако, исходя из данных задачи, реостат не может достигать таких значений сопротивления. Это значит, что максимальное значение силы тока в цепи, а значит, и максимальное его значение через обмотку будет достигаться при самом нижнем положении бегунка реостата. Следовательно $R_1 = R$ и $R_2 = 0$.

$I_{\max} = E / (r + R/2) = 60 / 55 = 1,1$ А, т. к. $R_1 = R_0$ исходя из числовых данных задачи. Поэтому показания вольтметра будут равны $U = I_{\max} R_0 = 54,5$ В.



Задача 3 (Максимум – 150 баллов).

Дана монтажная схема макета электронного кодового замка на базе платы Arduino Uno и часть программного кода загружаемого в память микроконтроллера. Программа должна спрашивать с пользователя пароль длиной 5 символов. Если пароль верный – загорается встроенный светодиод на 13 выходе платы. Если пароль неверный – светодиод гаснет, либо не загорается. Проверка пароля должна происходить автоматически, без необходимости нажимать на отдельную кнопку для отправки.

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

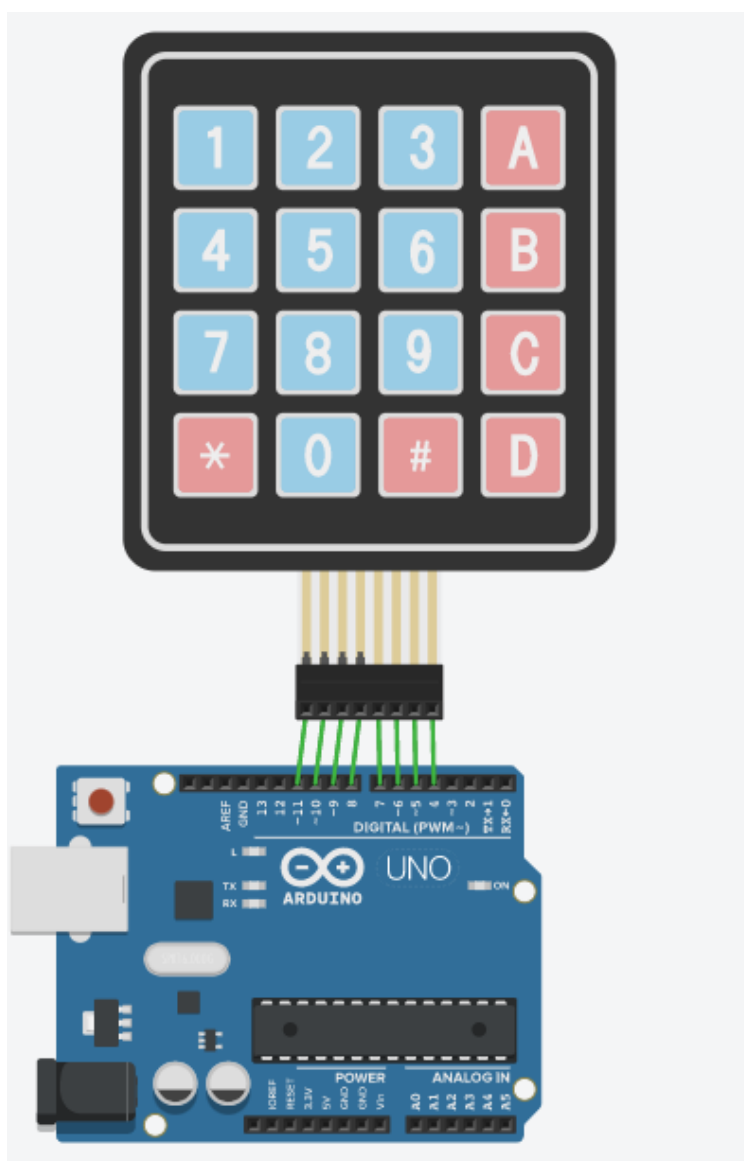


Рис. 2. Монтажная схема макета


```
1  #include <Keypad.h>
2  const byte STROKI = 4;
3  const byte STOLBS = 4;
4
5  char knops[STROKI][STOLBS] = {
6    {'1', '2', '3', 'A'},
7    {'4', '5', '6', 'B'},
8    {'7', '8', '9', 'C'},
9    {'*', '0', '#', 'D'}
10 };
11
12 byte rows[STROKI] = {11, 10, 9, 8};
13 byte cols[STOLBS] = {7, 6, 5, 4};
14
15 Keypad knopki = Keypad(makeKeymap(knops), rows, cols, STROKI, STOLBS);
16
17
18 void setup()
19 {
20   pinMode(13, OUTPUT);
21   Serial.begin(9600);
22 }
23
24 String passw = "12345";
25 int enter = "";
26
27 void loop()
28 {
29   char button = Keypad.getKey();
30   if (button) {
31     enter = enter + button;
32     Serial.println(enter);
33     if (enter.length() == 5) {
34       if (enter = passw) {
35         digitalWrite(13, HIGH);
36       }
37       else {
38         digitalWrite(13, LOW);
39       }
40       enter = " ";
41     }
42   }
43 }
```

Найдите ответы на следующие вопросы:

1. Для чего нужен «void loop()» в программе?
2. Чем является «keypad» в строке 15?
3. Почему у условия в строке 33 есть только первая часть (if), а «else» нет? Как условие срабатывает?
4. Найдите 5 ошибок в написании кода и исправьте их.

5. Допишите программу таким образом, чтобы происходила следующая индикация по завершению ввода пароля:
- Если пароль верный – загорается светодиод на 13 выходе платы на 5 секунд.
 - Если пароль неверный – светодиод 2 раза мигает с интервалом 1 секунда и затем гаснет.
 - Добавьте защиту-сигнализацию от подбора пароля - после 5 неверных попыток ввода начинает мигать лампочка с интервалом 1 секунда. Длительность действия сигнализации 30 секунд.

Необходимо написать только те части программы, которых не хватает и указать в какое место их нужно вставить.

```
//Пример:  
  
int k, n;  
k = 5;  
n = k + 5;  
  
//Вставить между 37 и 38 строкой
```

Решение должно сопровождаться подробной аргументацией. Участником должны быть приведены необходимые для объяснения логики решения рисунки, формулы, аналитические обоснования.

Решение:

1. `void.loop()` – основная часть программы, без нее программа не запустится. Здесь происходит постоянное (циклическое) выполнение основного кода.
2. `Keypad` – название библиотеки, к которой происходит обращение для создания объекта.
3. Условие срабатывает только в том случае, если длина переменной `enter` равна 5 символам. Если длина меньше или больше, то ничего не происходит, программа ждет, пока `enter` станет нужной длины.
4. Строка 25 нужен `String` вместо `int`. Строка 29 нужно `кнопки` вместо `кейпад`. Строка 31 нужно `button` вместо `кнопки`. Строка 34 нужно `==` вместо `=`. Строка 40 нужно убрать пробел между кавычками.
- 5.

```
int p=0;
//Вставить между 25 и 26 строкой

delay(5000);
digitalWrite(13, LOW);
//Вставить между 35 и 36 строкой

digitalWrite(13, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(13, LOW);
delay(1000);
digitalWrite(13, HIGH);
delay(1000);
p = p + 1
//Вставить между 37 и 38 строкой

if(p==5){
    for (int i = 0; i < 15; i++){
        digitalWrite(13, HIGH);
        delay(1000);
    }
}
```

```
        digitalWrite(13, LOW);
        delay(1000);
    }
    p=0;
}
```

//Вставить между 39 и 40 строкой

	Критерий	Баллы
1	Дан развернутый ответ	10
2	Дан развернутый ответ	20
3	Дан развернутый ответ	10
4	+10 баллов за каждую верно найденную ошибку. -10 баллов за неверно определенную ошибку	Максимум 50
5	Написан код для включения светодиода при вводе верного пароля	10
	Написан код для отключения светодиода при вводе неверного пароля	10
	Написана функция для защиты от подбора	20
	Работают все три функции	20