

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Вариант 1**

**Задача 1**

При сборке башенного крана по одной отвесной боковой стороне уже собранных пролетов устройство сборки поднимает следующий пролет массой 300 кг. Поднимаемый пролет придавливается к отвесной стороне собранных пролетов с силой 300 Н. Коэффициент трения о поверхность  $\mu=0.2$ . Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Устройство сборки приводится в движение электродвигателем. При нажатии и удержании кнопки 1 вал двигателя вращается по часовой стрелке и осуществляется подъем опоры крана, при нажатии и удержании кнопки 2 – вал вращается против часовой стрелки и осуществляется опускание.

Необходимо:

1) Изобразить на рисунке направление всех сил, действующих на пролет 4 при его подъеме.

2) Найти равнодействующую всех сил при равномерном движении пролета вертикально вверх. Определить, чему должна быть равна сила тяги, чтобы пролет двигался равномерно вертикально вверх.

3) Написать фрагмент программы управления поднятием пролета состоящий из следующих действий: считывание состояния кнопки 1, считывание состояния кнопки 2, ждать 0.1 секунду, включить электродвигатель на подъем, включить электродвигатель на опускание. Для реализации задания можно использовать команды: `if (условие) {действие;}`, `digitalWrite(pin, value)`, `value=digitalRead(pin)`, `delay(time)`.

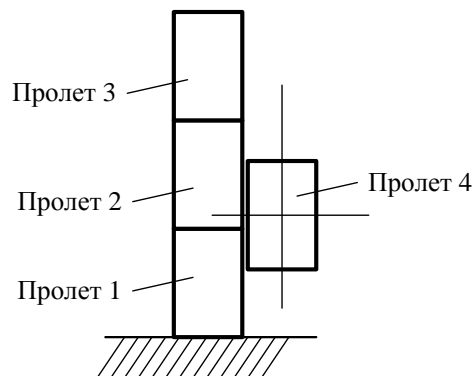
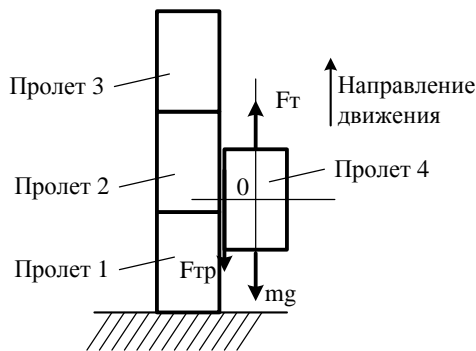


Рис. Схема подъема пролета башенного крана

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Решение и ответы:**

1) Укажем на рисунке силы, действующие на пролет при его поднятии. На тело действует пять сил: сила тяжести, сила тяги, сила трения, сила давления и сила реакции.



2) Равнодействующая всех сил равна  $F_T + F_d + N + F_{тр} + mg = 0$ , так как движение равномерное.

Запишем проекции сил на оси координат:

$Ox: N - F_d = 0$  следовательно  $N = F_d$

$Oy: F_T - F_{тр} - mg = 0$  следовательно  $F_T = F_{тр} + mg$ .

$F_{тр} = \mu * N = \mu * F_d$ .

$F_T = \mu * F_d + mg$ ;  $F_T = [ N + (кг * м) / с^2 = Н]$ .

$F_T = 0.2 * 300 + 300 * 10 = 3060 Н$ .

3) Фрагмент программы, в виде последовательности данных команд:

```
value=digitalRead(10); //Считывание сигнала с выключателя 1
delay(100); //Ожидание 0.1 секунд (100 мс)
if (value == HIGH) //Проверка условия появления сигнала высокого уровня
{ digitalWrite(12, HIGH); //Подать сигнал на включение электродвигателя (вращение
digitalWrite(11, LOW);} // по часовой стрелке
```

Контакт кнопки 1 подключен к цифровому выводу контроллера № 10. Сигнал поднятия на электродвигатель передается с цифровых выводов контроллера 11 и 12 путем формирования разной полярности для направленного движения тока.

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**


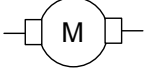

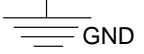
**Вариант 1**

**Задача 2**

Для управления четырьмя режимами работы электродвигателя (ДПТ или двигателя постоянного тока) мобильного робота применяются кнопочные выключатели (нормально разомкнутого или нормально замкнутого типа, встроенные в реле). В рабочем режиме электродвигатель потребляет ток 0,4 А при напряжении 5 Вольт. Электродвигатель содержит рамку со стороной  $a=10$  см и числом витков  $N=100$ , которая помещена в магнитное поле. Магнитная индукция поля меняется по закону  $B=B_0(1-t/\tau)$ , где  $B_0=0.1$  Тл,  $\tau=5$  с. Нормаль к плоскости рамки составляет с линиями магнитной индукции угол  $\alpha=\pi/3$ . Необходимо:

1) Нарисовать электрические схемы 4-х режимов работы электродвигателя («выключен», «движение вперед (по часовой стрелке)», «движение назад (против часовой стрелки)», «торможение»).

Условные обозначения для рисования схем:

нормально разомкнутый ключ (кнопка)	
электродвигатель	
питание (положительная полярность)	
заземление (отрицательная полярность)	

2) Определить направления тока (пунктирной линией) в 4 схемах включения для каждого режима из пункта 1.

3) Вычислить сопротивление электродвигателя.

4) Вычислить ЭДС индукции и определить направление индукционного тока в рамке.

5) Описать способ подключения электродвигателя к контроллеру Arduino, и перечислить возможности управления двигателем без использования дополнительных компонентов.

6) Написать фрагмент программы управления электродвигателем состоящий из следующих действий: включить, ждать 5 секунд, выключить.

Для реализации задания можно использовать команды:

- `digitalWrite(pin, value)`
- `analogWrite(pin, value)`,
- `delay(value)`.

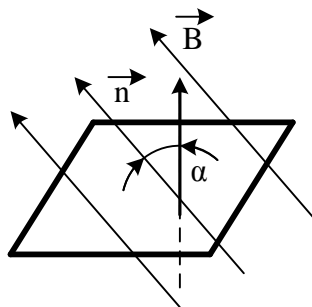
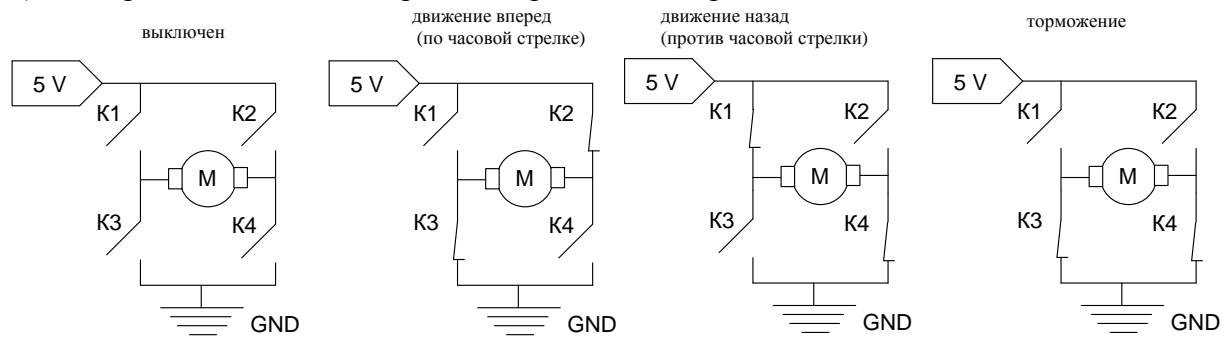


Рис. Схема рамки электродвигателя

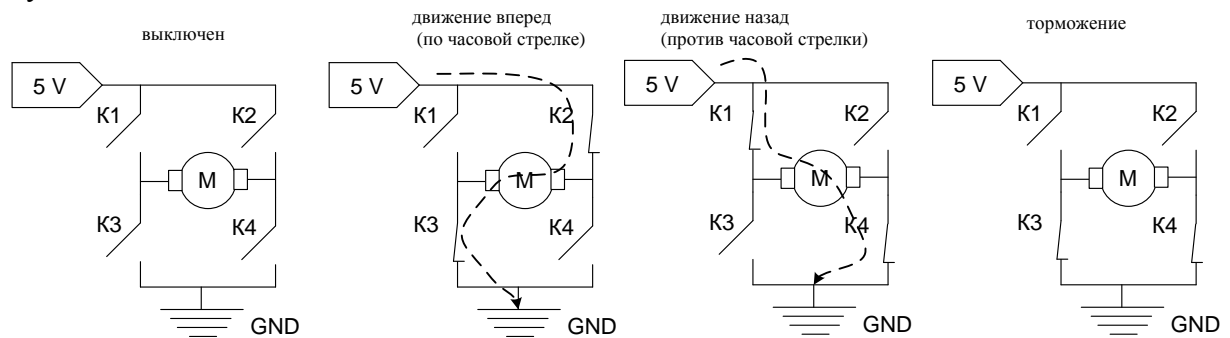
**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Решение и ответы:**

1) Электрические схемы 4-х режимов работы электродвигателя



2) Направления тока (пунктирной линией) в 4 схемах включения для каждого режима из пункта 1.



3) Вычислить сопротивление электродвигателя.

По закону Ома:  $I=U/R$ , следовательно  $R = U/I$ ,  $R = 5/0.4 = 12,5 \text{ Ом}$ .

4) Вычислить ЭДС индукции и определить направление индукционного тока в рамке.

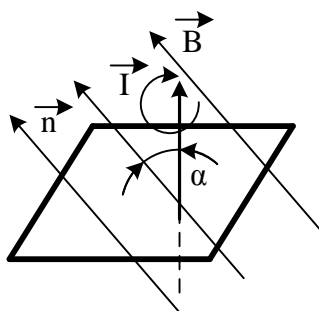
ЭДС индукции определяется по формуле:

$$E = - d\Phi/dt = - ( dB \cdot S \cdot \cos \alpha ) / dt = - S (\cos \alpha) dB / dt.$$

$S = a^2$ , а  $B = B_0(1-t/\tau)$ , окончательно получим

$$E = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot dB / dt = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot [d (B_0(1-t/\tau)) / dt] = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot B_0 \cdot [(0 - 1/\tau \cdot dt / dt)] = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot B_0 \cdot (-1/\tau) = (10/100)^2 \cdot 1/2 \cdot 0.1 \cdot 1/5 = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ Вольт}.$$

Согласно правилу Ленца индуктивный ток  $I$  будет направлен по часовой стрелке, если смотреть на рамку в направлении нормали  $n$ .



5) Двигатель имеет 2 контакта, первый подключается к любому выводу GND на плате контроллера или к – внешнему элементу питания, второй – к любому цифровому или аналоговому пину контроллера. При таком подключении нет возможности управлять направлением работы двигателя.

б) Фрагмент программы, в виде последовательности данных команд:

```
digitalWrite(12, HIGH); //Запуск двигателя
delay(5000);           //Ожидание 5 секунд
digitalWrite(12, LOW); //Остановка двигателя
```

Один из контактов двигателя подключен к цифровому выводу контроллера № 12.

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Вариант 2**

**Задача 1**

При сборке башенного крана по одной отвесной боковой стороне уже собранных пролетов устройство сборки поднимает следующий пролет массой 100 кг. Поднимаемый пролет придавливается к отвесной стороне собранных пролетов с силой 100 Н. Коэффициент трения о поверхность  $\mu=0.5$ . Ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Устройство сборки приводится в движение электродвигателем. При нажатии и удержании кнопки 1 вал двигателя вращается по часовой стрелке и осуществляется подъем опоры крана, при нажатии и удержании кнопки 2 – вал вращается против часовой стрелки и осуществляется опускание.

Необходимо:

1) Изобразить на рисунке направление всех сил, действующих на пролет 4 при его подъеме.

2) Найти равнодействующую всех сил при равномерном движении пролета вертикально вверх. Определить, чему должна быть равна сила тяги, чтобы пролет двигался равномерно вертикально вверх.

3) Написать фрагмент программы управления поднятием пролета состоящий из следующих действий: считывание состояния кнопки 1, считывание состояния кнопки 2, ждать 0.1 секунду, включить электродвигатель на подъем, включить электродвигатель на опускание. Для реализации задания можно использовать команды: `if (условие) {действие;}`, `digitalWrite(pin, value)`, `value=digitalRead(pin)`, `delay(time)`.

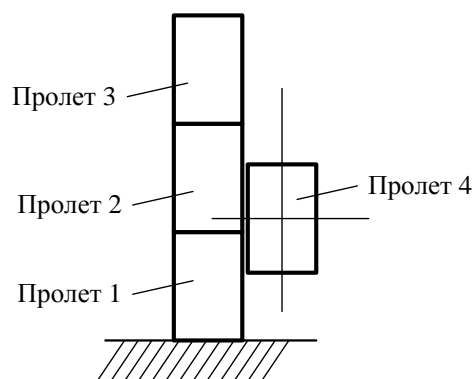


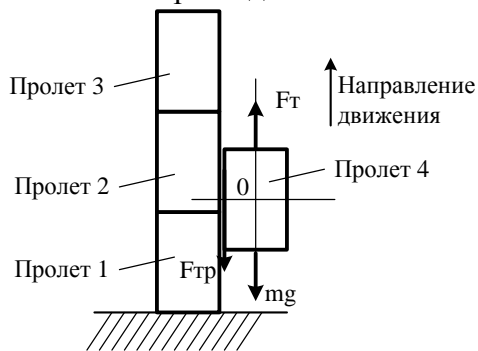
Рис. Схема подъема пролета башенного крана

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Решение и ответы:**

1) Укажем на рисунке силы, действующие на пролет при его поднятии. На тело действует пять сил: сила тяжести, сила тяги, сила трения, сила давления и сила реакции

Действие сил при поднятии



2) Равнодействующая всех сил равна  $F_t + F_d + N + F_{тр} + mg = 0$ , так как движение равномерное.

Запишем проекции сил на оси координат:

$$Ox: N - F_d = 0 \text{ следовательно } N = F_d$$

$$Oy: F_t - F_{тр} - mg = 0 \text{ следовательно } F_t = F_{тр} + mg.$$

$$F_{тр} = \mu * F_d = \mu * N.$$

$$F_t = \mu * F_d + mg; F_t = [ N + (\mu * m) / c^2 = N].$$

$$F_t = 0.5 * 100 + 100 * 10 = 1050 \text{ Н.}$$

5) Фрагмент программы, в виде последовательности данных команд:

```
value=digitalRead(10); //Считывание сигнала с выключателя 1
delay(100); //Ожидание 0.1 секунд (100 мс)
if (value == HIGH) //Проверка условия появления сигнала высокого уровня
{ digitalWrite(12, LOW); //Подать сигнал опускания (вращение
digitalWrite(11, HIGH);} // против часовой стрелки
```

Контакт кнопки 2 подключен к цифровому выводу контроллера № 10. Сигнал опускания на электродвигатель передается с цифровых выводов контроллера 11 и 12.

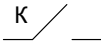
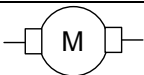

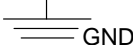
**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Вариант 2**  
**Задача 2**

Для управления четырьмя режимами работы электродвигателя (ДПТ или двигателя постоянного тока) мобильного робота применяются кнопочные выключатели (нормально разомкнутого или нормально замкнутого типа, встроенные в реле). В рабочем режиме электродвигатель потребляет ток 0,2 А при напряжении 5 Вольт. Электродвигатель содержит рамку со стороной  $a=15$  см и числом витков  $N=150$ , которая помещена в магнитное поле. Магнитная индукция поля меняется по закону  $B=B_0(1-t/\tau)$ , где  $B_0=0.2$  Тл,  $\tau=5$  с. Нормаль к плоскости рамки составляет с линиями магнитной индукции угол  $\alpha=\pi/3$ . Необходимо:

1) Нарисовать электрические схемы 4-х режимов работы электродвигателя («выключен», «движение вперед (по часовой стрелке)», «движение назад (против часовой стрелки)», «торможение»).

Условные обозначения для рисования схем:

нормально разомкнутый ключ (кнопка)	
электродвигатель	
питание (положительная полярность)	
заземление (отрицательная полярность)	

2) Определить направления тока (пунктирной линией) в 4 схемах включения для каждого режима из пункта 1.

3) Вычислить сопротивление электродвигателя.

4) Вычислить ЭДС индукции и определить направление индукционного тока в рамке.

5) Описать способ подключения электродвигателя к контроллеру Arduino, и перечислить возможности управления двигателем без использования дополнительных компонентов.

6) Написать фрагмент программы управления электродвигателем состоящий из следующих действий: включить, ждать 5 секунд, выключить.

Для реализации задания можно использовать команды:

- `digitalWrite(pin, value)`
- `analogWrite(pin, value)`,
- `delay(value)`.

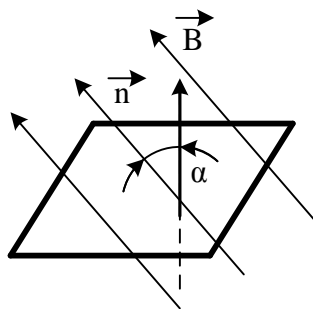
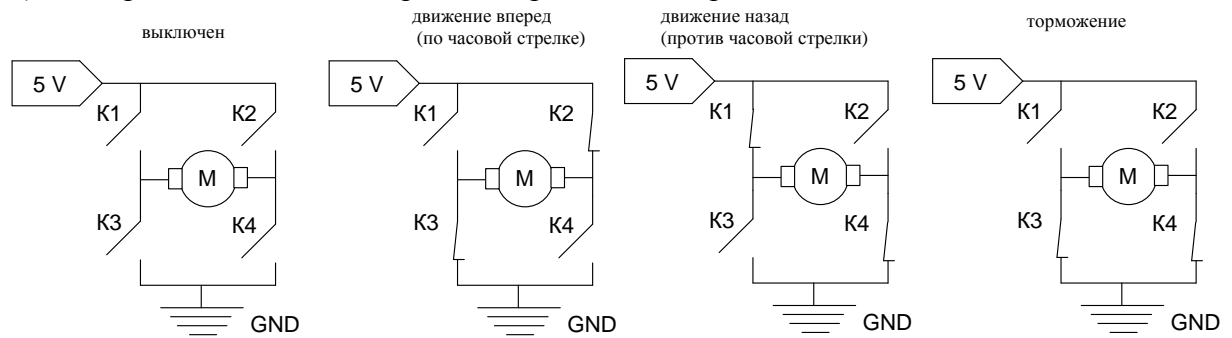


Рис. Схема рамки электродвигателя

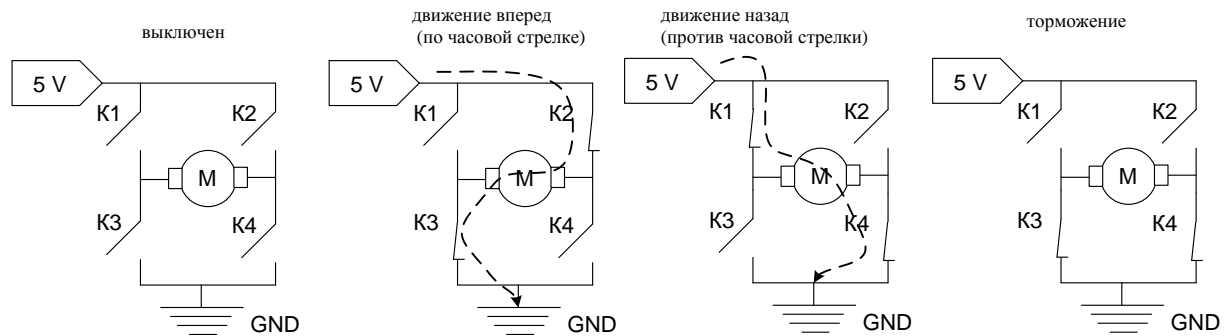
**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников 2019**  
**Инженерно-конструкторское направление**  
**Первый тур**

**Решение и ответы:**

1) Электрические схемы 4-х режимов работы электродвигателя



2) Направления тока (пунктирной линией) в 4 схемах включения для каждого режима из пункта 1.



3) Вычислить сопротивление электродвигателя.

По закону Ома:  $I=U/R$ , следовательно  $R = U/I$ ,  $R = 5/0.2 = 25 \text{ Ом}$ .

4) Вычислить ЭДС индукции и определить направление индукционного тока в рамке.

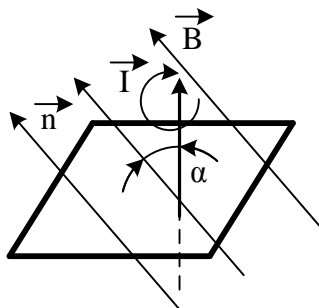
ЭДС индукции определяется по формуле:

$$E = -d\Phi/dt = - (dB \cdot S \cdot \cos \alpha) / dt = - S (\cos \alpha) dB / dt .$$

$S = a^2$ , а  $B = B_0(1-t/\tau)$ , окончательно получим

$$E = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot dB / dt = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot [d (B_0(1-t/\tau)) / dt] = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot B_0 \cdot [(0 - 1/\tau \cdot dt / dt)] = - a^2 \cdot \cos \alpha \cdot B_0 \cdot (-1/\tau) = (15/100)^2 \cdot 1/2 \cdot 0.2 \cdot 1/5 = 0.45 \cdot 10^{-3} \text{ Вольт}.$$

Согласно правилу Ленца индуктивный ток  $I$  будет направлен по часовой стрелке, если смотреть на рамку в направлении нормали  $n$ .



5) Двигатель имеет 2 контакта, первый подключается к любому выводу GND на плате контроллера или к – внешнему элементу питания, второй – к любому цифровому или аналоговому пину контроллера. При таком подключении нет возможности управлять направлением работы двигателя.

б) Фрагмент программы, в виде последовательности данных команд:

```
digitalWrite(12, HIGH); //Запуск двигателя
delay(5000);           //Ожидание 5 секунд
digitalWrite(12, LOW); //Остановка двигателя
```

Один из контактов двигателя подключен к цифровому выводу контроллера № 12.