

**УДК 620.178.746.3**

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ НОЖА РОТАЦИОННОГО КОПРА**

**Аюгин Н.П., кандидат технических наук, доцент,**

**тел.: 88422559583, [nikall85g@yandex.ru](mailto:nikall85g@yandex.ru)**

**Романов Д.Б., студент**

**Приказчиков В.С., студент**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** тахометр, ротационный копёр, Arduino, линейная скорость, частота вращения, нож.*

*Работа посвящена разработке устройства, которое позволит контролировать частоту вращения маховика ротационного копра и линейную скорость ножа. Программирование контроллера Arduino UNO R3 было осуществлено в среде программирования Arduino IDE.*

**Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00057, <https://rscf.ru/project/24-26-00057/>).**

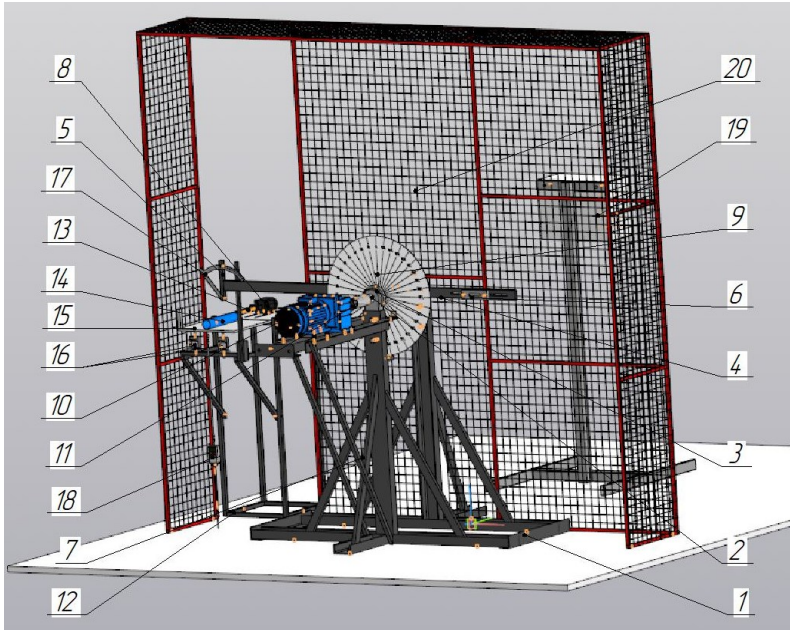
**Введение.** Определение ударной прочности различных образцов, в том числе растительных материалов, осуществляют за счет использования маятниковых и ротационных копров. Наибольшее распространение получили маятниковые копры, поскольку им присуще простота конструкции, однако, изучение свойств материалов на скоростях выше 7...10 м/с проблематично из-за необходимости увеличения геометрических размеров маятника.

В ротационных копрах за счёт вращения маховика скорость удара может достигать 60 м/с, в основном ротационные копры используются при скоростях до 25...30 м/с, при которых возможна регистрация процесса деформирования и разрушения растительных образцов.

Для контроля скорости удара ножа, закрепленного на маховике необходимо использование дополнительного устройства,

осуществляющего перевод частоты вращения маховика в линейную скорость ножа.

**Методика исследований.** Для изучения процесса резания растительных кормов на кафедре «Технология производства и ремонт машин» Ульяновского ГАУ был разработан ротационный копер [1].



1 – рама; 2 – приводной вал; 3 – самоустанавливающийся подшипник; 4 – маховик; 5 – фиксатор ножа; 6 – противовес; 7 – кронштейн для инфракрасных датчиков; 8 – соленоид; 9 – лимб; 10 – мотор-редуктор; 11 – обгонная муфта; 12 – подставка; 13 – штанга; 14 – фиксатор растительного материала; 15 – платформа; 16 – S-образные тензометрические датчики; 17 – нож; 18 – динамометр; 19 – пульт управления; 20 – защитное ограждение

**Рисунок 1 - 3-D модель ротационного копра**

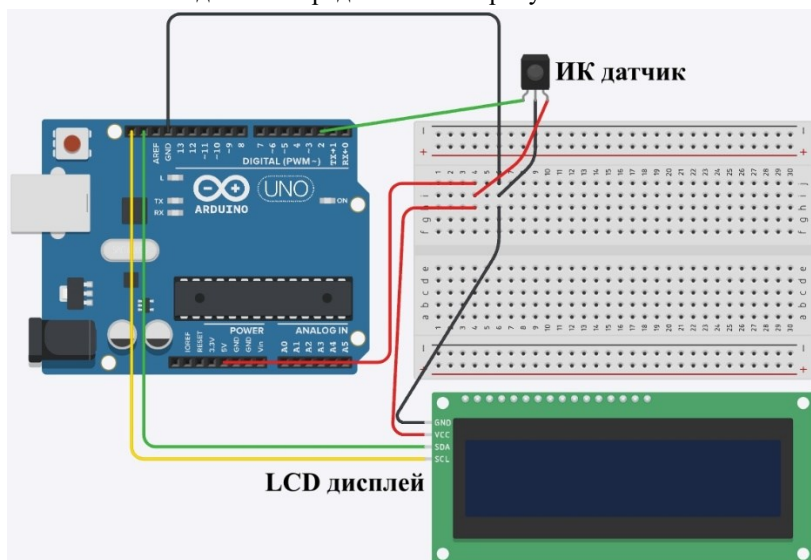
**Результаты исследований.** Для определения скорости и контроля параметров ротационного копра необходимо устройство,

позволяющее с высокой точностью определить частоту вращения маховика и линейную скорость ножа.

Для этих целей на платформе Arduino было разработано устройство, позволяющее определить частоту вращения маховика ротационного копра, а также линейную скорость ножа.

Устройство изготовлено на платформе Arduino и включает в себя инфракрасный датчик, LCD дисплей и микроконтроллер Arduino UNO R3 [2-6].

Схема соединения представлена на рисунке 1.



**Рисунок – Схема соединения элементов устройства для определения частоты вращения маховика и линейной скорости ножа ротационного копра**

Программирование контроллера Arduino UNO R3 было осуществлено в среде программирования Arduino IDE. Далее приведен программный код [2] работы устройства для определения линейной скорости и частоты вращения с комментариями назначения основных команд кода (стейтментов).

#include <LiquidCrystal\_I2C.h> // Импорт библиотеки для LCD дисплея.

```

#include <Tachometer.h> // Импортирование библиотеки для
тахометра.
#define TACHOMETER_PIN 2 // Пин ИК датчика.
#define RADIUS 1.1 // Значение радиуса вращения (расстояние от
оси вращения до середины ножа).
Tachometer tachometer; // Создание объекта класса тахометра.
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2); // Создание объекта класса
LCD дисплея.
volatile uint32_t last_time; // Объявление волатильной
переменной, используемой как таймер.
void tickHandler() { // Функция-обработчик прерывания ИК
датчика.
    if ((millis() - last_time) > 100) { // Исключение лишних тиков.
        last_time = millis(); // Обновление переменной last_time.
        tachometer.tick(); // Сообщение библиотеке тахометра о
срабатывании ИК датчика.
    }
}

float getSpeed(float frequency) { // Функция расчета линейной
скорости ножа.
    return 2 * 3.14 * RADIUS * frequency; // Формула перевода
частоты вращения маховика в линейную скорость ножа.
}

void setup() {
    pinMode(TACHOMETER_PIN, INPUT_PULLUP); // Настройка
пина 3 на ввод и подтягивающий резистор.
    attachInterrupt(0, tickHandler, FALLING); // Подключение
прерывания на пин датчика.
    lcd.init(); // Инициализация класса LCD дисплея.
    lcd.setCursor(0, 0); // Установка курсора на 1-ю строку, 1-й
символ.
    lcd.print("RPM min-1: "); // Вывод строки на LCD дисплей.
    lcd.setCursor(0, 1); // Установка курсора на 2-ю строку, 1-й
символ.
    lcd.print("Speed m/s: "); // Вывод строки на LCD дисплей.

```

tachometer.setWindow(5); // Установка количества оборотов для усреднения.

tachometer.setTimeout(10000); // Установка тайм-аута прерываний (мс), после которого считается, что вращение маховика прекратилось.

```
}  
void loop() {  
    static uint32_t timer; // Объявление статической переменной,  
    использующейся как таймер.
```

```
    if (millis() - timer > 250) { // Условие, определяющее  
    периодичность таймера.
```

```
        timer = millis(); // Обновление переменной timer.
```

```
        lcd.setCursor(11, 0); // Установка курсора на 1-ю строку, 11-й  
    символ.
```

```
        lcd.print(tachometer.getRPM()); // Вывод количества оборотов на  
    LCD дисплей.
```

```
        lcd.print(" "); // Вывод строки на LCD дисплей.
```

```
        lcd.setCursor(11, 1); // Установка курсора на 2-ю строку, 11-й  
    символ.
```

```
        lcd.print(getSpeed(tachometer.getHz())); // Вывод скорости на LCD  
    дисплей.
```

```
        lcd.print(" "); // Вывод строки на LCD дисплей.
```

```
    }
```

```
}
```

В ходе программирования тахометра были обнаружены помехи в работе датчика, ведущие к ложным срабатываниям. Для стабильной работы системы было принято решение внести соответствующие изменения в программный код. В частности, было учтено, что срабатывания датчика, длительностью менее 100 миллисекунд, являются результатом помех и не учитываются при обработке данных. Это позволило существенно улучшить точность работы тахометра.

**Вывод.** При разработке устройства для определения линейной скорости и частоты вращения маховика ротационного копра на платформе Arduino было достигнуто успешное сочетание простоты в использовании и точности измерений. Полученные значения частоты вращения сравнивали с показаниями цифрового лазерного тахометра

АТ-6, расхождение значений на разных частотах вращения маховика копра не превысило 0,1 %.

**Библиографический список:**

1. Аюгин, Н.П. Разработка установки для изучения процесса резания растительных кормов/ Н.П. Аюгин, Д.Б. Романов // XXVII Международная научно-производственная конференция "Вызовы и инновационные решения в аграрной науке". 12 апреля 2023 года. – Белгород: Белгородский ГАУ, 2023 – С.104-105.

2. Романов, Д.Б. Программное обеспечение удаленного управления гидропонной установкой / Д.Б. Романов // В мире научных открытий: материалы VII Международной студенческой научной конференции. 14-15 марта 2023 г. - Ульяновск: УлГАУ, 2023 - С. 2403-2406.

3. Романов, Д.Б. Алгоритм и программный код работы гидропонной установки / Д.Б. Романов // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина. 15 декабря 2022 г. - Ульяновск: УлГАУ, 2022 - С. 2678-2685.

4. Аюгин, Н.П. Разработка гидропонной установки / Н.П. Аюгин, Д.Б. Романов // XXVII Международная научно-производственная конференция "Вызовы и инновационные решения в аграрной науке". 12 апреля 2023 года. – Белгород: Белгородский ГАУ, 2023 – С.220-221.

5. Аюгин, Н.П. Программирование гидропонной установки / Н.П. Аюгин, Д.Б. Романов // XXVII Международная научно-производственная конференция "Вызовы и инновационные решения в аграрной науке". 12 апреля 2023 года. – Белгород: Белгородский ГАУ, 2023 – С.279-280.

6. Аюгин, Н.П. Удаленное управление гидропонной установкой/ Н.П. Аюгин, Д.Б. Романов // XXVII Международная научно-производственная конференция "Вызовы и инновационные решения в аграрной науке". 12 апреля 2023 года. – Белгород: Белгородский ГАУ, 2023 – С.277-278.

## DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR DETERMINING THE ROTATIONAL SPEED AND KNIFE LINEAR VELOCITY OF A ROTARY IMPACT TESTER

Ayugin N.P., Romanov D.B., Prikazchikov V.S.

**Keywords:** *tachometer, rotary coper, Arduino, linear speed, rotational speed, knife.*

*The work is devoted to the development of a device that will allow controlling the rotation frequency of the rotary coper flywheel and the linear speed of the knife. Programming of the Arduino UNO R3 controller was carried out in the Arduino IDE programming environment.*

*The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation № 24-26-00057, <https://rscf.ru/en/project/24-26-00057/>.*