

УДК 620.179; 631.3

РАЗРАБОТКА СЧЕТЧИКА ОБОРОТОВ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗНОСНЫХ ИСПЫТАНИЙ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ КОРМОВ

**Яковлев С.А., доктор технических наук, профессор,
jakseal@mail.ru**

**Аюгин Н.П., кандидат технических наук, доцент,
nikall85g@yandex.ru**

**Хабаров М.А., студент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**Аюгин К.Н., студент
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный технический
университет**

***Ключевые слова:** программное обеспечение, установка для износных испытаний, нож, микроконтроллер, Arduino, частота вращения, счетчик оборотов.*

Работа посвящена разработке универсальной лабораторной установки для ускоренной и воспроизводимой оценки износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин. Лабораторная установка оснащена системой контроля частоты вращения вала и счетчиком оборотов. Предлагаемая установка призвана моделировать комплексное абразивное воздействие в контролируемых условиях с регистрацией кинематических параметров (частоты вращения, пройденного пути), что является основой для создания научно-обоснованной методики испытаний.

**Исследование выполнено за счет гранта Российского
научного фонда № 25-26-00423, <https://rscf.ru/project/25-26-00423/>.**

Введение. Эффективность и конкурентоспособность современного сельскохозяйственного производства в решающей

степени зависят от надежности и производительности технических средств. Особую роль в этом играют рабочие органы машин, непосредственно взаимодействующие с почвой и растительной массой: ножи измельчителей кормов, сегменты жаток, лапы культиваторов, диски борон и другие режущие элементы. В процессе эксплуатации они подвергаются интенсивному комплексному воздействию абразивного, ударного, коррозионного характера и знакопеременных нагрузок, что приводит к их быстрому выходу из строя.

Преждевременный износ режущих кромок вызывает как прямые экономические потери, связанные с необходимостью замены режущих элементов, так и косвенные, обусловленные снижением качества технологических операций (неравномерный срез, ухудшение крошения почвы, увеличение фракции измельчения), ростом удельных энергозатрат, незапланированными простоями техники в наиболее ответственные периоды, что в конечном итоге ведет к увеличению себестоимости конечной продукции.

Традиционные натурные (полевые) испытания, несмотря на свою внешнюю достоверность, обладают критическими недостатками: они крайне затратные по времени и ресурсам, а их результаты сильно зависят от неконтролируемых переменных (влажность, состав почвы или корма, человеческий фактор).

Возникает необходимость в создании научно-обоснованной, воспроизводимой и ускоренной методики оценки износостойкости ножей и рабочих органов сельскохозяйственных орудий и машин перерабатывающей промышленности АПК. Ключевым звеном для ее реализации является разработка специализированной универсальной установки для лабораторных износных испытаний, способной моделировать ключевые параметры реальных рабочих процессов в контролируемых условиях.

Требованиям к лабораторной установке для проведения износных испытаний определяются не только возможностью создания контролируемой абразивной среды и прикладываемой нагрузки, но и точной регистрацией и управлением кинематических параметров процесса, в частности, частотой вращения вала (скорости режущего элемента) и величиной пройденного пути режущего рабочего органа в абразивной среде.

Таким образом, разработка лабораторной установки, оснащенной системой контроля частоты вращения и счетчиком оборотов вала представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

Методика исследований. Для решения поставленной задачи были использованы фундаментальные положения теории резания и износа материалов, методы математической статистики обработки результатов измерений. Достоверность разработанных средств контроля частоты вращения и счетчика оборотов вала этой лабораторной установки обеспечена использованием известных, отработанных методов, современных сертифицированных приборов и оборудования.

В работе использован комплекс методов, включающий теоретический анализ для определения требований и синтеза структурной схемы системы, метод аппаратно-программного прототипирования на основе платформы Arduino с разработкой программного обеспечения в среде программирования Arduino IDE, экспериментальный метод для проверки работоспособности и стабильности системы в условиях лабораторных испытаний.

Результаты исследований. На кафедре «Технология производства и ремонт машин» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ была разработана установка для проведения износных испытаний режущих элементов измельчителей кормов и сельскохозяйственных машин, оснащенная системой регистрации кинематических параметров (частоты вращения вала и пройденного пути режущим элементом в абразивной среде).

Для контроля частоты вращения и работы счетчика оборотов лабораторной установки для проведения износных испытаний режущих элементов измельчителей кормов и сельскохозяйственных орудий было разработано программное обеспечение в среде программирования Arduino IDE.

Разработанная система контроля частоты вращения и счетчик оборотов изготовлены на базе микроконтроллера Arduino Uno R3 с использованием инфракрасного датчика препятствий HW-201, кнопки KY-023, а также дисплея LCD 1602 I2C.

При подаче питания на микроконтроллер Arduino Uno R3 начинается сбор данных от инфракрасного датчика HW-201, который

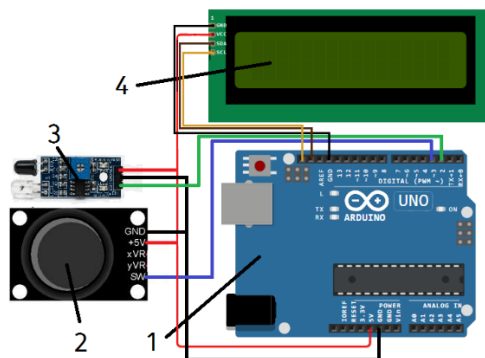
регистрирует обороты вала лабораторной установки. Микроконтроллер фиксирует время полного оборота вала лабораторной установки и рассчитывает частоту вращения вала, расчетные данные о текущей частоте вращения и количестве оборотов сохраняет в памяти и передает данные на дисплей LCD 1602 I2C.

Через каждые 400 мс микроконтроллер обновляет данные на дисплее.

Кнопка KY-023 используется для сброса данных в микроконтроллере. После нажатия на кнопку микроконтроллер удаляет данные о количестве оборотов.

Выбор микроконтроллера Arduino Uno R3 для лабораторной установки обусловлен оптимальным сочетанием низкой стоимости, простоты программирования, наличия обширных библиотек и надежной аппаратной совместимости с датчиками, что позволяет быстро и эффективно реализовать систему контроля ключевых параметров испытаний (частоты вращения и подсчета оборотов вала) при оценке износостойкости рабочих органов [1-4].

Схема соединения элементов системы контроля частоты вращения вала лабораторной установки и счетчика оборотов представлена на рисунке 1.



1 - микроконтроллер Arduino Uno R3; 2 – кнопка KY-023; 3 – инфракрасный датчик препятствий HW-201; 4 - дисплей LCD 1602 I2C

Рисунок 1 - Схема соединения элементов системы контроля частоты вращения вала лабораторной установки и счетчика оборотов

Программный код и комментарии представлены ниже.

#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Подключение модуля LCD
через I2C

#include <Tachometer.h> // Подключение модуля тахометра (для
усреднения RPM)

#define FIRST_BUTTON_PIN 3 // Определение номера пина для
кнопки

#define IR_SENSOR_PIN 2 // Определение номера пина
инфракрасного датчика препятствий

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Обозначение объекта LCD:
адрес 0x27, 16x2 символа

int count; // Счётчик оборотов

bool is_once; // Флаг для проверки одного оборота между
считываниями

bool buttonWasUp = true; // Флаг, указывающий состояние кнопки

bool buttonIsUp; // Проверка текущего состояния кнопки

Tachometer tachometer; // Обозначение тахометра

volatile uint32_t last_time; // Время последнего срабатывания
прерывания

void rotations() { // Функция подсчета оборотов

if (digitalRead(IR_SENSOR_PIN)) { // Условие подсчета оборотов
is_once = true;

} else if (is_once) { // Условие подсчета оборотов
count++; // Увеличение числа оборотов на единицу
is_once = false; } }

void tickHandler() {

if ((millis() - last_time) > 100) { // Учет данные с периодичностью
более 100 мс

last_time = millis(); // Обновление таймера

tachometer.tick(); } }

void setup() {

pinMode(FIRST_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP); // Настройка
пина кнопки

pinMode(IR_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP); // Настройка пина
инфракрасного датчика препятствий

attachInterrupt(0, tickHandler, FALLING);

```

is_once = true; // Разрешение на учет оборотов
lcd.init();// Инициализация экрана
lcd.backlight();// Включение подсветки экрана
lcd.setCursor(0, 1); // Установка курсора на 2-ю строку, первый
столбец экрана
lcd.print("Rotations: "); // Вывод на экран надписи «Rotations»
lcd.setCursor(0, 0); // Перемещение курсора на первую строку
экрана
lcd.print("RPM min-1: "); // Вывод на экран надписи «RPM»
tachometer.setWindow(5); // Усреднений показаний тахометра
// Установка таймаута прерываний (мс), после которого
считается, что вращение прекратилось
tachometer.setTimeout(10000); } // Отключение тахометра при
отсутствии сигнала с инфракрасного датчика препятствий в течении 10
секунд.
void loop() { // Циклическая функция
rotations();// Обновление показаний счетчика оборотов
lcd.setCursor(12, 1); // Перемещение курсора к позиции 12 на
второй строке экрана
lcd.print(count); // Отображение на экране текущего количества
оборотов
buttonIsUp = digitalRead(FIRST_BUTTON_PIN); // Проверка
текущего состояния кнопки
if (!buttonIsUp) { // Условие «обнуления» счетчика оборотов и
очистки экрана
count = 0; // Обнуление счетчика оборотов
lcd.clear();// Удаление надписей и показаний на экране
lcd.setCursor(0, 1); // Перемещение курсора на 2-ю строку экрана
lcd.print("Rotations: "); // Повторный вывод надписи «Rotations:»
после удаления надписей и показаний на экране
lcd.setCursor(0, 0); // Перемещение курсора на первую строку
экрана
lcd.print("RPM min-1: "); // Повторный вывод надписи «RPM min-
1:» после удаления надписей и показаний на экране
}
static uint32_t timer; // Таймер для обновления частоты вращения

```

```
if (millis() - timer > 400) { // Условие обновления данных о  
текущих показаний оборотов в минуту на экране через 400 мс  
    timer = millis();  
    lcd.setCursor(11, 0); // Перемещение курсора на позицию  
отображения частоты вращения «RPM min-1»  
    lcd.print(tachometer.getRPM()); // Отображение на экране частоты  
вращения  
    lcd.print(" ");  
}  
buttonWasUp = buttonIsUp; // Обновление состояния кнопки для  
следующего цикла  
}
```

Выводы. В результате работы была модернизирована лабораторная установка для износных испытаний режущих элементов измельчителей кормов и сельскохозяйственных орудий. Модернизированная установка оснащена системой контроля на базе микроконтроллера Arduino, для которой создано специализированное программное обеспечение. Система обеспечивает измерение частоты вращения и работу счетчика оборотов, что позволяет регистрировать пройденный путь в абразивной среде. Данная разработка формирует основу для воспроизводимой и ускоренной методики оценки износостойкости, являясь альтернативой затратным полевым испытаниям.

Библиографический список:

1. Аюгин, Н. П. Программирование гидропонной установки / Н. П. Аюгин, Д. Б. Романов // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVII Международной научно-производственной конференции, Майский, 12 апреля 2023 года. Том 4. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. – С. 279-280. – EDN MUPAFP.

2. Аюгин, Н. П. Разработка программного обеспечения для управления ротационным копром / Н. П. Аюгин, Д. Б. Романов, В. С. Приказчиков // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 26

июня 2025 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2025. – С. 456-462. – EDN OUOQAB.

3. Аюгин, Н. П. Разработка устройства для определения частоты вращения и линейной скорости ножа ротационного копра / Н. П. Аюгин, Д. Б. Романов, В. С. Приказчиков // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 26 июня 2025 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2025. – С. 463-469. – EDN YZJEL.

4. Работа микроэлектронных компонентов лабораторной установки для изучения процесса резания растительных материалов в условиях электромагнитных излучений и наводок / Н. П. Аюгин, Н. М. Семашкин, Д. Б. Романов, В. С. Приказчиков // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 413-417. – EDN HWYPME.

DEVELOPMENT OF A REVERSE CLOCK AND A DEVICE FOR MONITORING THE ROTATION FREQUENCY OF THE SHAFT OF A DEVICE FOR CARRYING OUT WEAR TESTING OF CUTTING ELEMENTS OF AGRICULTURAL MACHINERY AND FEED GRINDER KNIVES

Yakovlev S.A., Ayugin N.P., Khabarov M.A.

FSBEI HE Ulyanovsk SAU

Ayugin K.N.

FSBEI HE Ulyanovsk State Technical University

Keywords: *software, wear testing unit, knife, microcontroller, Arduino, rotation speed, speed counter.*

The work is devoted to the development of a universal laboratory installation for accelerated and reproducible assessment of the wear resistance of the working bodies of agricultural machines. The laboratory

installation is equipped with a system for monitoring the rotational speed of the shaft and a counter of revolutions. The proposed installation is designed to simulate a complex abrasive effect in controlled conditions with the registration of kinematic parameters (rotation frequency, traveled distance), which is the basis for creating a scientifically grounded test methodology.

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation №25-26-00423, <https://rscf.ru/en/project/25-26-00423/>.