

УДК (631.333:631.8):681.1

**Л.Я. Степук, А.А. Жешко**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**О.Ч. Ролич**

*(УО «БГУИР»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

### **Введение**

На 01.01.2015 г. в республике насчитывается около 5000 опрыскивателей (без учета их технического состояния) при полной потребности 8500 единиц. Более половины имеющихся опрыскивателей находится за пределами амортизационного срока эксплуатации. В условиях нехватки и изношенности аппаратуры чрезвычайно важной является ее точная настройка и правильная эксплуатация. В связи с чем актуальна разработка необходимых приборов, с помощью которых можно оценивать фактическое техническое состояние опрыскивателей и осуществлять их точную настройку на заданную дозу [1]. Это – неременное условие повышения экономической и экологической эффективности применения химических средств защиты растений.

В настоящее время в хозяйствах республики, помимо мерной кружки, практически нет никакого приборного обеспечения химзащитных работ. Опрыскиватели настраиваются на заданную дозу практически «на глаз», что недопустимо, так как пестициды, применяемые в Республике Беларусь, – это большая группа токсичных химических веществ, являющихся потенциально опасными как для человека, так и для окружающей природной среды.

В аграрно развитых странах опрыскиватели в обязательном порядке тестируются не менее 2 раз в сезон с использованием стационарных дорогостоящих компьютеризированных стендов. При этом на каждую машину выдается сертификат соответствия, разрешающий ее эксплуатацию.

Отечественные хозяйства не располагают подобными приборами для выполнения диагностики, регулировки всех узлов опрыскивателя и настройки его на заданную дозу, что приводит к существенным экологическим и экономическим издержкам в растениеводстве. В этой связи актуальной научно-практической задачей является разработка прибора для определения качества работы опрыскивателей.

### **Основная часть**

Одним из определяющих показателей качества работы полевых опрыскивателей является неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата штанги. Допустимое значение отклонения по ширине захвата должно находиться в пределах  $\pm 5\%$  [1].

В настоящее время РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разрабатывает и проводит испытания прибора для определения неравномерности распределения расхода рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя и выбраковки распылителей в полевых условиях.

Целью настоящей работы является изложение ключевых этапов разработки и реализации алгоритма оценки качества работы опрыскивателей в полевых условиях.

Прибор (рисунок 1) состоит из электронного модуля 1, воронки 2, корпуса 3, соответственно верхнего и нижнего фоторезисторов 4 и 7, трубки 5 и поплавка 6.

Принцип работы прибора основан на измерении временного интервала перемещения поплавка 6 в фиксированном объеме  $V$  рабочей жидкостью, собираемой последовательно от каждого распылителя опрыскивателя.

Электронный модуль 1 измерения расхода рабочей жидкости через распылители полевых опрыскивателей обрабатывает сигналы, поступающие от двух фоторезисторов 4 и 7, расположенных в корпусе 3 прибора.

В момент поступления сигнала от нижнего фоторезистора 7 запускается таймер электронного модуля 1. При этом отсчет времени отображается на

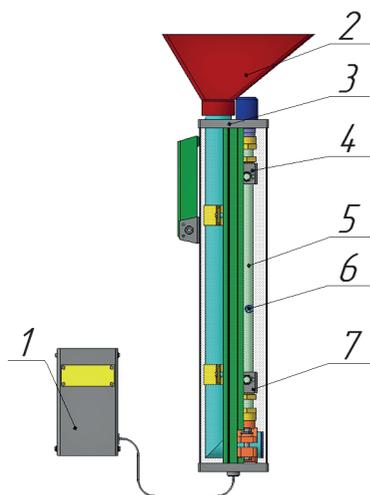
экране электронного модуля с точностью до сотых долей секунды.

Отсчет времени завершается с поступлением сигнала от верхнего фоторезистора 4, и на экране электронного модуля отображается фактический расход, вычисляемый по формуле:

$$Q_i = \frac{V \cdot 10^{-3}}{t_i}, \quad \text{л/с}, \quad (1)$$

где  $V = 150 \text{ мл} = \text{const}$  – объем трубки, расположенный между верхним и нижним фоторезисторами;  $t_i$  – время  $i$ -го измерения, с.

По завершении  $i$ -го измерения у оператора существует возможность либо ввести текущее значение в память электронного модуля, при этом значение добавляется в формируемую при измерениях выборку, либо удалить текущее значение расхода из памяти, в случае некачественного измерения, в соответствии с разработанным алгоритмом (рисунок 2).



1 – модуль электронный; 2 – воронка; 3 – корпус; 4, 7 – соответственно верхний и нижний фоторезисторы; 5 – трубка; 6 – поплавок

**Рисунок 1. – Прибор для определения неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя и выбраковки распылителей в полевых условиях**

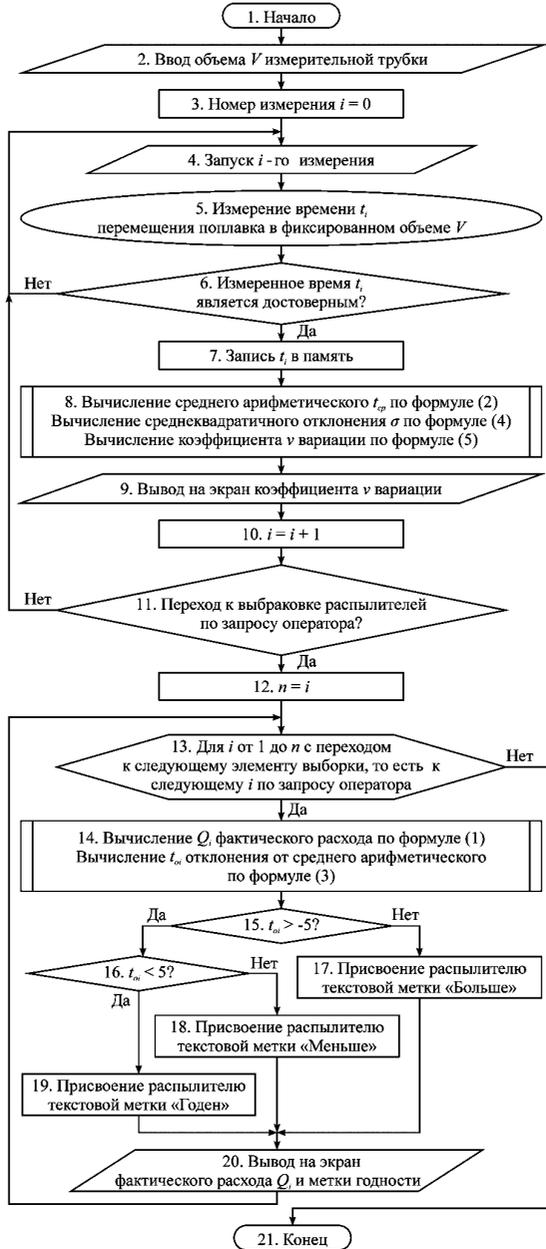


Рисунок 2. – Блок-схема алгоритма оценки качества работы опрыскивателей в полевых условиях

Таким образом, в электронном модуле 1 формируется выборка измерений времен заполнения объема  $V$  трубки 5, состоящая из  $n$  элементов, где  $n$  равно количеству распылителей, установленных на опрыскивателе.

По завершении измерений электронный модуль проводит автоматическую статистическую обработку сформированной выборки.

Статистическая обработка включает в себя следующую последовательность вычислений [1, 2]:

- среднего арифметического измеренных времен;
  - отклонения отдельного значения времени от среднего арифметического для всей выборки;
  - среднеквадратичного отклонения;
  - коэффициента вариации
- и принятие решений по выбраковке распылителей.

Среднее арифметическое измеренных времен определяется по формуле:

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n t_i / n, \quad (2)$$

где  $t_i$  – значение времени  $i$ -го измерения,  $c$ ;

$n$  – объем выборки (количество введенных значений).

Отклонение от среднего арифметического для каждого  $i$ -го значения ( $i = 1, \dots, n$ ) измеряется в процентах (%) и вычисляется по формуле:

$$t_{oi} = \frac{100t_i}{t_{cp}} - 100. \quad (3)$$

Каждому  $i$ -му элементу списка выборки присваивается текстовая метка «Больше», «Меньше» или «Годен» по методике, лежащей в основе алгоритма принятия решения по выбраковке распылителя [1].

Если отклонение  $t_{oi}$  выходит за диапазон  $\pm 5$  %, то распылитель выбраковывается в группу больше «+» или меньше «-». Если же отклонение соответствует условию

$$-5 \leq t_{oi} \leq 5,$$

то распылитель считается годным для дальнейшего использования на опрыскивателе.

Среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации  $v$ , играющие основную роль в оценке состояния опрыскивателя, вычисляются соответственно по формулам [2]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}; \quad (4)$$

$$v = \frac{\sigma}{t_{cp}}. \quad (5)$$

Вычисленный по формуле (5) коэффициент вариации  $v$  выборки выводится на экран электронного модуля для оценки неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя.

Электронный модуль, реализованный на базе современного недорогого 32-разрядного микроконтроллера семейства ARM Cortex-M0, имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и работает в двух основных режимах: формирования выборки времен заполнения объема  $V$  рабочей жидкостью и выбраковки распылителей.

В блок-схеме алгоритма функционирования электронного модуля (рисунок 2) режим измерений представлен блоками 1–11, а режим выбраковки – блоками 12–21.

Режим измерений носит циклический характер, в котором очередной отсчет времени перемещения поплавка (блок 5 рисунка 2) запускается командой оператора по мере его готовности.

После подтверждения оператором достоверности измеренного времени по формулам (2), (4), (5) вычисляются текущие значения среднего арифметического, среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации (блок 8 на рисунке 2). Результирующее значение коэффициента вариации как индикатора оценки неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя отображается на экране электронного модуля; данное действие отражено в блоке 9 алгоритма на рисунке 2.

Переход из цикла измерений в режим выбраковки распылителей осуществляется командой оператора, как правило, по завершении испытания всех распылителей опрыскивателя. В данном режиме состояние отдельного распылителя отображается на экране в виде элемента списка с вычисленным расходом рабочей жидкости и текстовой меткой годности (блоки 15–20 алгоритма на рисунке 2). Просмотр состояния очередного распылителя производится оператором путем кругового листания элементов списка сформированных измерений в одном из выбранных им направлений: вперед, назад.

Предложенный алгоритм реализован в приборе (рисунок 1) для определения неравномерности распределения рабочей жидкости между распылителями по ширине захвата опрыскивателя и выбраковки их в полевых условиях.

Все расчеты в контексте недорогой современной целочисленной архитектуры ARM Cortex-M0 произведены с применением методов быстрых целочисленных вычислений для расширенной разрядной сетки микроконтроллера, а именно с применением стандартных алгоритмов быстрого умножения и деления чисел с фиксированной точкой на множестве чисел с разрядностью, в несколько раз большей разрядности регистров общего назначения микроконтроллера. Квадратный корень, фигурирующий в вычислении среднеквадратичного отклонения в формуле (4), извлекался методом Ньютона.

Разработанный прибор снабжен периферийным портом для возможности сохранения полученных измерений на внешнем носителе, в частности на компьютере.

## Заключение

Предложенный алгоритм и его реализация в приборе для определения неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата опрыскивателя и выбраковки распылителей в полевых условиях позволяет в полевых условиях осуществлять проверку качества работы опрыскивателей, что в конечном счете обеспечит качество обработки вегетирующих сельскохозяйственных культур.

08.06.2015.

## Литература

1. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология / Л.Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Минск: Ураджай, 1993. – 272 с.: ил.
2. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

УДК 631.3.06.001.8

**В.И. Кравчук, Л.П. Шустик,  
Т.В. Гайдай, Д.В. Читаев**

*(ГНУ УкрНИИПИТ  
им. Л. Погорелого,  
п.г.т. Дослідницькое, Украина)*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТАРЕЛЬЧАТОГО РАССЕЙВАТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КУЛЬТУР

## Введение

Одним из показателей, способствующих плодородию почвы, является содержание гумуса. Если не вносить органические удобрения, теряется большое количество гумуса (в паровых полях ежегодно в среднем 1,5–2,0 т/га). Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса необходимо ежегодно вносить 7 т/га органики [1]. Поскольку в настоящее время органические удобрения вносятся в ограниченном количестве, альтернативой им являются дорогие минеральные удобрения. Как существенно менее затратный вариант используются пожнивныи посевы сидеральных культур.

Традиционно семена мелкозернистых культур высевают зернотравяными и овощными сеялками строчным способом по различным схемам сева с предварительной обработкой почвы. Для этого требуются 2 отдельных орудия – почвообрабатывающее и посевное. Посев сидератов таким способом является неэффективным с точки зрения экономических преимуществ и энергосбережения, а также в случае применения двух агрегатов происходит переуплотнение почвы [2, 3, 4].

Более приемлемый вариант – применение комбинированных агрегатов модульного типа [5].