pleted their expected service life and average age. In the Republic of Bashkortostan, the state agricultural enterprise «Bashselkhoztekhnika» is the leading company involved in major overhauls and improvements for agricultural businesses' in-service machinery. The paper highlights that the pro-

grammes of subsidizing agricultural producers' costs for capital overhauls and improvements in farm machinery have significantly increased the availability factor of tractors and combine harvesters and enhanced their expected service life.

© Габитов И.И., Шайхетдинов Ф.Р., Неговора А.В.

УДК 631.331

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-99-107

Ф.Н. Галлямов, А.В. Шарафутдинов, М.В. Пятаев

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ДЛЯ ЗЕРНОВЫХ СЕЯЛОК

Ключевые слова: *посевные комплексы; распределение семян; система контроля высева; качество посева; индуктивный датчик.*

Введение. Производство зерна является основной отраслью агропромышленного производства, предназначенной обеспечить население продуктами питания, животноводство – кормами, промышленность – сырьём. В технологии производства зерна особое место занимает посев, выполняемый в зависимости от региональных условий различными сеялками, которые должно объединять единое требование – энерго- и ресурсосбережение, сопровождаемое качеством посева.

Соблюдение заданных параметров качества в процессе посева ввиду воздействия ряда факторов, таких как неровность поля, изменяющаяся по длине гона, влажность и твердость почвы, колебания температуры атмосферного воздуха, присутствие растительных остатков и инородных предметов и т. д., порождает определенные трудности в работе механизатора и требует от него постоянного внимания. По мере совершенствования сеялок за счет увеличения их ширины захвата и рабочих скоростей движения эти обстоятельства усугубляются настолько, что контроль трактористом хода технологического процесса становится не только неэффективным, но и практически неосуществимым.

Поэтому в последние годы наряду с созданием новых зерновых сеялок активно ведутся исследования и разработки системы контроля высева семян с бесконтактными датчиками, которые позволят сократить затраты труда и повысить качество посева. Применение средств контроля высева в составе посевного агрегата позволяет учесть многообразие физических характеристик семян и адаптировать рабочие органы посевной машины на оптимальное выполнение

технологических операций, оперативно обнаруживать различные нарушения технологического процесса высева.

В работах ведущих ученых Лурье А.Б., Ксеневи́ча И.П., Еникеева В.Г., Бородин И.Ф., Бузенкова Г.М., Иофинова С.А., Хорошенкова В.К., Щеповалова В.Д., Викторова А.И., Черникова В.Г., Тамирова М.А. и других, посвященных исследованиям технологических процессов высева и созданию средств контроля функционирования мобильных агрегатов, изучены основные факторы, влияющие на количественные и качественные показатели технологических процессов, реализуемых ими в реальных условиях работы, которые можно распространить и на посевные агрегаты.

На сегодняшний день создан ряд конструкций таких систем с датчиками фотоэлектрического типа [13]. Они состоят из блока информации и соединительных проводов, фотоприемника и усилителя сигнала, источника света. В качестве фотоприемника, как правило, используются фоторезисторы, фотодиоды, фотосопротивления и другие фотоэлементы. Питание системы осуществляется от сети постоянного тока трактора через стабилизатор. Фотоприемники и источники света находятся внутри сошника или семяпровода, так чтобы луч света находился на пути потока семян, т. е. с противоположных сторон сошника или семяпровода. В местах установки фотоприемников и источников света сошники (семяпроводы) имеют сужение в виде воронки, образованное их стенками, что обеспечивает необходимое направление потока семян.

Принцип работы системы с фотоэлектрическими датчиками высева семян состоит в следу-

ющем. Высеваемые семена при движении в сошнике (семяпроводе) пересекают луч света, изменяя при этом интенсивность освещения фотоприемника. В результате этого в последнем возникают импульсы, которые затем усиливаются электронным усилителем, поступают на блок обработки информации и выдаются в удобном для наблюдения виде (мигание лампочки, звуковой сигнал).

На ряде систем зарубежных фирм устанавливаются для контроля нормы высева счетчики, которые подсчитывают число семян, высеянных за единицу пройденного пути либо за единицу времени. В случае, когда действительная норма высева семян становится меньше заданной (т. е. когда фактическое число усиленных импульсов меньше заданных на генераторе), замыкается цепь соответствующей контрольной лампочки и звуковой сигнализации. На действительный расход семян, превышающий заранее установленный, прибор не реагирует.

Фотоэлектрический метод контроля высева на описанном принципе широко используется в Венгрии, Болгарии и в США фирмами «Дики-Джон» и «Пази бразерс инкорпорейшнл» в ряде выпускаемых ими систем типа «DjO», предназначенных для контроля за работой высевających аппаратов 4, 6 и 8-рядных сеялок [13].

В системе «DjO» чувствительный элемент (датчик) представляет собой осветитель (миниатюрная электролампочка) и два фотоприемника, расположенные в утолщениях специального пластмассового цилиндра, установленного в разрыве семяпровода. Чувствительность датчиков позволяет регистрировать не только кукурузные зерна, но и мелкие семена таких культур, как рис, свекла, редис, капуста, сорго, просо и т. д. Датчики подключаются к пульту, установленному в кабине трактора. Сигнальные лампы, расположенные на пульте, соединены электрическими цепями с определенными датчиками и зажигаются (вспыхивают) при каждом пролете семян через датчики. По ритму их мигания можно следить за работой высевających аппаратов.

Достоинства систем контроля высева системы «DjO» – высокие чувствительность и надежность работы, быстродействие, многоканальность. К недостаткам следует отнести одновременное постоянное мигание шести или восьми сигнальных лампочек, что утомляюще действует на тракториста, а также необходимость для проверки исправности системы присоединять к пульту дополнительное устройство и производить переключение нескольких штепсельных разъемов, что в полевых условиях крайне нежелательно [13].

Системы контроля высева ВЕМ-6 и ВЕМ-8, разработанные в ВНР, используются в 6- и 8-рядных кукурузных сеялках. По рекламным сведениям, их можно приспособить для контроля работы сеялок при высеве других сельскохозяйственных культур: сахарной свеклы, сои и т. д.

Эти системы автоматически контролируют непрерывность процесса высева. При прекращении подачи семян вследствие отсутствия их в бункере или забивания сошников, семяпроводов и других нарушений технологического процесса прибор подает одновременно звуковой и световой сигналы.

В системе ВЕМ, как и «DjO», для контроля нормы высева семян имеются счетчики, с помощью которых производится подсчет семян, высеваемых в течение 15 с или любого требуемого времени, а также сигнализация короткого замыкания цепей питания лампочек. Электрическая часть выполнена на интегральных схемах, что значительно повышает надежность системы в целом.

К системам такого же типа относится ультразвуковой счетчик (сигнализатор), осуществляющий подсчет семян, высеваемых в рядок за определенное время [13].

Принцип действия сигнализатора состоит в следующем. При пересечении семенем пространства между пьезоэлементами звуковая связь нарушается, и на коллекторе составного транзистора образуется импульс положительной полярности, который усиливается транзистором VT5. Импульсы с установленной частотой следования поступают с выхода генератора на второй вход сравнивающего устройства. Если действительная интенсивность (норма) высева семян в каком-либо рядке становится меньше заданной, на пульте контроля включаются соответствующие световой и звуковой сигналы.

Описанный принцип работы системы контроля нормы высева семян использован в посевных мониторах фирм «Агар Инструменте (УК) Лтд» (Англия) и «Хассель» (ФРГ), предназначенных для оборудования преимущественно сеялок точного высева.

Из приведенных материалов следует, что системы контроля высева, наряду с преимуществами (высокая чувствительность, малая инерционность, быстродействие, отсутствие влияния на траекторию движения семян), имеют ряд недостатков. К ним можно отнести низкую помехозащитность от запыления источника света и фотоприемника, недостаточную механическую прочность элементов системы, а также различие конструкции датчиков для регистрации мелких и крупных семян, т. е. отсутствие универсальности.

Для устранения вышеперечисленных недостатков систем контроля высева необходимо вести работы в направлении расширения функциональных возможностей электронных систем, связанных с применением бортовых микроконтроллерных устройств, использовании удобного человеко-машинного интерфейса, включая алфавитно-цифровые и графические дисплеи, а также защищенности датчиков от запыления и вибрации. Большинство существующих методов контроля дают результаты, по которым можно оценить качество высева семян лишь косвенно или в недостаточной мере. Более точные и полные способы определения качества, такие как раскапывание контрольных отрезков с построением гистограммы распределения, чрезвычайно трудоемки и не дают 100 % гарантию точности контроля. Поэтому разработка недорогих и эффективных средств контроля является актуальной задачей.

Цель исследования – повышение эффективности работы высевающих систем зерновых сеялок.

Условия, материалы и методы исследований. Для создания программной части системы контроля использована среда визуального моделирования Rastin Rose, в основе которой лежит диаграмма прецедентов или UseCase-диаграмма. Она определяет весь алгоритм действий системы.

Система собрана на программируемом микроконтроллере Arduino Mega на базе процессора ATmega328P с инфракрасными датчиками пролета семян с длиной волны от 760 до 1100 нм и углом направленности луча до 60 градусов. Для генерирования программного кода применен унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language). Для программирования последующих операций использовался программируемый контроллер Arduino Mega на базе процессора ATmega328P, с 16КБ flash-память, eeprom-память 0.5КБ, с 14 цифровыми входами/выходами.

Созданная таким образом система сбора и отображения данных является универсальной для различных систем сельскохозяйственных агрегатов (для всех типов сельскохозяйственных операций). Адаптированное приложение разработано под Android и дает возможность вывода результатов на экран телефона и планшетного компьютера.

Для проверки работоспособности в полевых условиях разработана система контроля высева семян, включающая в себя количество сошников до 45 штук (для зерновой сеялки); контролер оборотов высевающего аппарата; датчики пролета

семян инфракрасного типа. Для проверки параметров работы системы была собрана лабораторная установка, представленная на рисунке 1.

Рисунок 1
Лабораторная установка

Система состоит из датчика контроля вращения валов индуктивного типа, датчика наличия семян в бункере емкостного типа, GPS-датчика, определяющего скорость и пройденный путь (с точностью 1–2 м). Задача системы состоит в отслеживании забивания сошников; наличия семян и/или удобрений в бункере сеялки; вращения валов дозатора; скорости движения сеялки (посевного комплекса); засеянной площади; целостности цепи подключения датчиков пролета семян ДПП; напряжении в сети питания и надежности контакта присоединения системы к цепи питания.

Для полевых испытаний был изготовлен датчик пролета семян, представленный на рисунке 2. В программе Компас была изготовлена 3D-модель корпуса датчика. После уточнения параметров деталь была изготовлена на 3D-принтере.

Датчик пролета семян представляет собой пластиковую трубу с корпусом для датчика, внутри трубы друг напротив друга расположены источник и приемник сигнала. Семена, пролетая между чувствительными элементами, приводят к изменению емкости и соответственно получению сигнала о пролете семян. Были выбраны чувствительные элементы оптического типа (инфракрасного).

Рисунок 2

Датчик пролета семян в сборе: а – 3D-модель корпуса; б – крепление датчика на патрубки; в – расположение источника и приемника сигнала

Датчик высева семян располагается в средней части семяпровода. Обнаружение семян проходит при длине волн от 760 до 1100 нм и угле направленности 60 градусов. Для определения необходимого количества датчиков надо провести теоретические исследования.

Результаты и обсуждение. В результате анализа существующих систем определена теоретическая вероятность индикации потока семян датчиками высева при известной вероятности регистрации семян датчиком и известной интенсивности потока λ . Эта вероятность описывается формулой Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(p\lambda t)^k}{k!} e^{-p\lambda t}, \quad (1)$$

где k – количество семян, пролетевших в зоне датчика. Интервалы между сигналами датчика распределены по показательному закону с параметром $p\lambda$.

Для вычисления вероятности p регистрации семян датчиками высева использовано условие равномерности распределения семян по поперечному сечению семяпровода и понятие геометрической вероятности. Искомая вероятность равна:

$$p = \frac{2l_{\text{сем}}}{1,7\pi R}, \quad (2)$$

где $l_{\text{сем}}$ – длина периметра семени, R – радиус сечения семяпровода. Вероятность индикации потока семян датчиками высева зависит от интенсивности семенного потока λ , геометрических размеров семян и семяпровода. На основе теоретических исследований получена формула оценки качества контроля нормы высева. Относительная среднеквадратичная погрешность нормы высева для катушечных аппаратов равна:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{10^4}{kH} \left[\frac{\pi}{2} c^2 (n - k) + \frac{n}{l_p(1-\eta)} \right]}. \quad (3)$$

Эта погрешность зависит от нормы высева H , числа k -контролируемых высевающих аппаратов и отрезка пути l_p , на котором производятся измерения, числа высеваемых каналов n , задан-

ного отклонения от нормы высева c . Задавшись допустимой погрешностью $\varepsilon \leq \varepsilon_1$, из формулы (3) можно определить выражение $1p$.

$$1p \geq n / \{ (1-\eta) [\varepsilon^2 kH / 10^4 - \frac{\pi}{2} c^2 (n - k)] \}. \quad (4)$$

Анализ этого выражения показывает, что существует определенное критическое значение числа датчиков высева k , устанавливаемых на сеялке, опускаясь ниже которого, нельзя обеспечить требуемую точность измерений нормы высева [12].

В соответствии с вышеизложенными зависимостями определим, что для полевых экспериментов на каждый семяпровод зерновой сеялки СЗС-2,1 будет установлен датчик высева семян, соединенный с остальными кабелем для передачи информации о процессе высева от датчиков на монитор. Кабельная разводка при этом объединяется в одном разъеме с трехпиновым брызгозащищенным контактом. Для проведения исследований в полевых условиях на сеялку СЗС-2,1 установлен 19-пиновый разъем (9 подсоединяются к датчикам на семяпроводах, 1 – к датчику пути и 1 – резервный). Для облегчения монтажа применена технология изготовления печатных плат.

Для передачи данных о состоянии семяпроводов зерновой сеялки используется интерфейс RS 485. Его преимущество заключается в возможности объединения несколько устройств. Также дополнительно установлен резистор R_5 на 120 Ом. Его функция заключается в смещении сигнала для защиты приемников от ложных срабатываний.

Данные о параметрах работы системы выводятся на планшет, установленный в кабине трактора. Положение трактора определяется при помощи антенны ГЛОНАСС/GPS самого планшета. Пролет семян регистрируется при помощи датчиков высева семян. Через адаптер токовой петли информация с дискретных датчиков по интерфейсу RS 485 поступает в Bluetooth-устройство и

на планшет. Вращение вала высевающего аппарата, а также скорость движения трактора в случае выхода из строя GPS контролируются датчиком пути/вращения, который предназначен для определения частоты вращения высевающего аппарата при пробуксовке, заклинивании и об-

рыве цепи. При возникновении перечисленных неисправностей подается сигнал в виде моргающего света и звукового сигнала. Датчик устанавливается на колесе сеялки или на валу, соединенном с высевающим диском. Экран планшета при работе представлен на рисунке 3.

Рисунок 3
Экран планшета при работе

В процессе работы система выводит на экран планшета следующую информацию:

- об отсутствии вращения вала высевного агрегата;
- о снижении уровня посевного материала и/или удобрений в бункерах сеялки;
- о номере опрашиваемого датчика пролета семян;
- о номере неисправного датчика пролета семян;
- о номере «забившегося» сошника;
- об относительном потоке семян/удобрений в каждом семяпроводе;
- количество отработанных мото-часов в режиме «высев».

При нарушении технологического процесса высева (остановка высевающего аппарата, прекращение подачи им семян, забивание семяпровода или сошника) в каком-либо семяпроводе соответствующая лампочка на пульте перестает мигать и включается звуковой сигнал, оповещающий тракториста о неисправности.

Приборы питаются от аккумуляторной батареи трактора (12 В) и потребляют ток не более 2А. Разработанная программа обработки информации от датчиков реализована в среде C+. На нее получено свидетельство о регистрации полезной модели.

Разработанное устройство опробовано при посеве посевным агрегатом из 5 сеялок СЗС-2,1

в условиях предприятия ООО ПЗ Валиева Республики Башкортостан (рисунок 4).

Испытания проведены в соответствии с ГОСТом [9] и частными методиками [10]. В 2019 году посеяно более 500 га озимой пшеницы сорта Башкирская 10 и Волжская К. Скорость работы посевного комплекса изменялась от 8 до 12 км/ч. Система сработала более 100 раз по различным причинам (рисунок 5).

Также наблюдалась тенденция забивания в зависимости от скорости движения сеялки (рисунок 6). При оснащении данной системой зерновых сеялок отпала необходимость остановки и профилактической очистки семяпроводов в конце каждого гона. Это привело к снижению временных затрат на 3–5 минут на каждом гоне, что в среднем дало экономию времени и соответственно повышение производительности агрегата на 22 %.

При проведении посева без визуализации результатов работы другого агрегата той же марки и при таких же условиях пустые просевы составили примерно 8 % засеваемых площадей. В период испытаний с использованием системы контроля высева семян выявлены три производственных отказа второй группы сложности (нарушение целостности датчика, обрыв провода).

Результаты работы сеялок с системой контроля и без них представлены в таблице 1.

Кабель

а

Датчик

б

Рисунок 4

Система контроля высева семян: а – кабельная разводка, б – датчик пролета семян

Рисунок 5

Основные причины забивания семяпровода

Рисунок 6

Основные причины забивания семяпроводов в зависимости от скорости движения сеялки

Таблица 1 Сравнение посевных агрегатов

Показатель	Ед. изм.	Без СКВ	С системой контроля
Стоимость СКВ	руб.	–	28,1
Урожайность	т/га	3,1	3,5
Цена реализации	руб./т	8000	
Работа за сезон	час	150	
Дополнительная продукция за сезон	руб.	–	198000

При ориентировочной стоимости разработанной системы не более 28,1 тыс. рублей си-

стема окупится за один – два дня. Система может устанавливаться на любой посевной ком-

плекс или сеялку и позволяет проводить посевную кампанию со 100 % плотностью высева.

На базе студенческого конструкторского бюро и опытно-конструкторского участка инженерингового центра Башкирского ГАУ продолжается разработка вышеприведенных систем с дальнейшим уклоном на автоматизацию управления работы машин. Электронный блок управления применим и при дифференцированном внесении удобрений. В настоящее время получены заявки и готовятся к монтажу 6 комплектов оборудования в хозяйства Илишевского и Дюртюлинского районов Республики Башкортостан, системы проходят тестирование на виброустойчивость, а также на устойчивость к температурным и гидрохимическим воздействиям.

Выводы. В результате исследований проведен анализ существующих систем контроля вы-

сева, определены их достоинства и недостатки. Проведен анализ перспективных решений систем контроля высева, благодаря которому можно увеличить производительность труда и сократить процесс высева.

Разработанная система контроля предназначена для установки на зерновых сеялках с общим количеством сошников до 45 штук и диаметром сеяпроводов от 28 до 31 мм.

При установке предлагаемой системы экономическая выгода за счет равномерности высева и экономии времени составит до 198 тыс. руб. с одной зерновой сеялки. Период окупаемости составит 1–2 рабочих дня.

Общее количество зерновых сеялок в Республике Башкортостан, на которых необходимо установить данную систему, составляет более 1000 единиц.

Библиографический список

1. Астахов, В.С. Принципиально новые распределители семян [Текст] / В.С. Астахов, А.С. Сентюров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1994. № 10.
2. Астахов, В.С. Анализ пневматических централизованных высевающих систем [Текст] / В.С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1997. № 10.
3. Вожик, Ю.Г. Влияние формы выпускного патрубка пневматического аппарата на качество рассева сыпучих минеральных удобрений [Текст] / Ю.Г. Вожик // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Киев: Урожай, 1970. Вып. 4.
4. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие [Текст] / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. М.: РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 148 с.
5. Вуколов, Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTIKA и EXCEL [Текст]: учебное пособие / Э.А. Вуколов. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФОРУМ, 2008. 464 с.
6. Мударисов, С.Г. Обоснование конструктивно-технологических параметров горизонтального распределителя пневматической сеялки [Текст] / С.Г. Мударисов, А.В. Шарафутдинов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (49). С. 133–139.
7. Обоснование параметров пневматической системы транспортирования семян и удобрений почвообрабатывающего посевного агрегата [Текст] / З.С. Рахимов, Н.Т. Хлызов, И.Р. Рахимов, Д.В. Сидорченко, А.Н. Галимов // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 91–104.
8. Пятаев, М.В. К вопросу о моделировании процесса распределения семян распределителем пневматической зерновой сеялки [Текст] / М.В. Пятаев, А.П. Зырянов, Н.А. Кузнецов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 9. С. 177–182.
9. Пятаев, М.В. Результаты теоретического исследования процесса распределения посевного материала вертикальным распределителем при работе агрегата на склонах [Текст] / М.В. Пятаев // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 431–436.
10. Мазитов, Н.К. Полевая всхожесть семян и зимостойкость растений при различных способах предпосевной обработки почвы и сева [Текст] / Н.К. Мазитов, Р.Л. Сахапов, О.Л. Шайтанов, Н.Э. Гарипов, Р.С. Багманов, Л.З. Шарифиев // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 3. С. 23–24.
11. Mazitov N.K., Lobachevsky Ya.P., Dmitriev S.Yu., Sakhapov R.L., Sharafiev L.Z., Rakhimov I.R. Upgraded technology and equipment for soil processing and sowing in extreme conditions. J. Russian Agricultural Sciences. 2015. Т. 41. Р. 79.
12. Молофеев, В.Ю. Повышение эффективности функционирования высевающих систем зерновых сеялок посредством создания устройств контроля качества их работы [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. н. / В.Ю. Молофеев. Санкт-Петербург – Пушкин, 2004. 16 с.
13. Чичкин, В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты. Теория, конструкция, расчет [Текст] / В.П. Чичкин. Кишинев: Штиинца, 1984. 392 с.

1. **Галлямов Фаил Наилович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных, дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: galfail@mail.ru.

2. **Шарафутдинов Азат Вилевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных, дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: meh-fak@yandex.ru.

3. **Пятаев Максим Вячеславович**, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, Южно-Уральский государственный аграрный университет, 457100, Челябинская область, город Троицк, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, e-mail: 555maxim@mail.ru.

Исследования направлены на разработку системы контроля высева семян для зерновых сеялок. В исследовании выполнен анализ имеющихся технических средств и обоснованы конструктивно-технологические параметры системы контроля высева, изготовлена производственная установка и проведены полевые испытания.

Для реализации программной части системы контроля была использована среда визуального моделирования Ratal Rose. Это позволило разработать алгоритм сбора и отображения данных, на основе которого было разработано программное обеспечение.

Для создания 3D-модели датчика и уточнения его параметров использовалась программа

Компас, на основе которой корпус датчика был изготовлен на 3D-принтере.

Полевые опыты проводились при сравнении 2 одинаковых сеялок с идентичными условиями. Экономия времени и повышения производительности на агрегате, где использовалась система контроля, составило 22 %.

Полученные результаты позволили разработать программное обеспечение для системы и определить оптимальные конструктивно-технологические параметры датчика контроля высева семян зерновой сеялки с целью снижения забивания семяпроводов и повышения качества распределения семян.

F. Gallyamov, A. Sharafutdinov, M. Pyataev

DEVELOPMENT OF SEEDING CONTROL SYSTEMS FOR GRAIN DRILLS AND SOWING MACHINES

Key words: *sowing machines; seed distribution; seeding control system; seeding quality; inductive sensor.*

Authors' personal details

1. **Fail Gallyamov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Road, Communal and Agricultural Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: galfail@mail.ru.

2. **Azat Sharafutdinov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Road, Communal and Agricultural Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: meh-fak@yandex.ru.

3. **Maxim Pyataev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation of Machine and Tractor Park, South Ural State Agrarian University, 457100, Chelyabinsk region, Troitsk, Y.A. Gagarin St., 13, e-mail: 555maxim@mail.ru.

The paper discusses technical aspects involved in developing seeding control systems for grain seeders and sowing machines. Construction and technological parameters of seeding control systems are based on the analysis of the available machinery. As a result an operation-performing unit was con-

structed and tested in field trials. The RatalRose visual simulation environment was used to design the software of the seeding control system. The environment allowed for interpreting the volume concentration of particles. A procedure for collecting and presenting data was developed. COMPAS com-

puter program was used to create a 3D design of the sensor and measure its parameters, then the sensor case was made using a 3D printer.

Field trials involved comparing 2 identical drills under identical conditions. The drill equipped with the seeding control system had better indices of time saving and efficiency (by 22 %). The study results

allowed us to develop the software for the seeding control system and determine the optimal design and process parameters of the seeding control sensor for a pneumatic drill in order to reduce clogging in the seed pipes and improve the quality of seed distribution.

© Галлямов Ф.Н., Шарафутдинов А.В., Пятаев М.В.

УДК 631.171:621.311

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-107-112

А.И. Некрасов, А.А. Некрасов

КОНТРОЛЬ НАГРЕВА ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: *электродвигатель; контроль нагрева; обмотка статора; гнездо рым-болта; защитное устройство.*

Введение. За прошедшее время изменились организационная форма, структура и экономическая основа сельскохозяйственного производства, оснащение электрифицированной техникой и оборудованием сельхозпредприятий, фермерских и крестьянских хозяйств, появились новые серии электродвигателей и виды электрооборудования, требующие инновационных подходов и методов обслуживания с контролем технического состояния ресурсообразующих элементов и узлов [1]. В сельскохозяйственном производстве асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором (ЭД) являются основным видом привода стационарного технологического оборудования и машин. Более половины от общего числа ЭД работают в неблагоприятных условиях, поэтому свыше 80 % их отказов приходится на пробой изоляции и сгорание обмотки статора. Отказы электродвигателей приводят к нарушениям технологических процессов и простою технологического оборудования, что сопровождается снижением качества, недопроизводством или значительными потерями сельскохозяйственной продукции и значительными экономическими ущербами [2]. Для повышения эксплуатационной надежности сельских электроустановок необходим комплексный подход к решению общей задачи совершенствования системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования сельхозпредприятий, обеспечивающей снижение эксплуатационных затрат и увеличение выпуска сельхозпродукции.

Цель и задачи исследования – повышение эксплуатационной надежности сельских элект-

роустановок и эффективности использования электрооборудования сельхозпредприятий за счет совершенствования системы технического обслуживания и применения инновационного метода контроля теплового состояния обмотки статора электродвигателей, установление количественной связи между фактической температурой нагрева обмотки и температурой нагрева корпуса электродвигателя в непосредственной близости от обмотки.

Условия, материалы и методы. Основной характеристикой изоляции является электрическая прочность, зависящая от ряда других качеств, снижение уровня которых приводит к ее уменьшению. Изоляция должна сохранять высокую теплопроводность для работы при возникновении и повышенных местных нагревов, сопровождающихся ускоренным ее разрушением. Необратимые отрицательные изменения структуры и химического состава изоляции, происходящие под воздействием неблагоприятных эксплуатационных факторов, называют старением, а процесс ухудшения свойств изоляции в результате старения называют износом. Одним из основных факторов, определяющих срок службы изоляции ЭД, является тепловое старение [3, 4].

Различают понятия теплоустойчивости и нагревостойкости. Теплоустойчивостью называют способность электроизоляционного материала сохранять свои свойства на определенном уровне при относительно кратковременном повышении до определенного уровня нагрева. Материал не должен при этом разрушаться и расслаиваться, изменять свой химический состав, не должно возникать значительных пластичес-