

УДК 658.581

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Селюк Ю.Н., ст. преподаватель,  
Бондарчук О.В., ст. преподаватель,  
Дубкова А.В., ст. преподаватель  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

**Аннотация.** В работе представлен и обоснован новый подход к техническому обслуживанию электрооборудования на основе использования метода RCM, ориентированного на надёжность. В результате снижаются затраты на выполнение диагностических работ, что обеспечивает снижение затрат на ТО и ремонт на 25 %.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, электроустановка, АПК, эксплуатация электрооборудования, надёжность.

**Постановка проблемы.** В настоящее время обеспечена электрификация и автоматизация значительной части производственных процессов на предприятиях АПК. Это обеспечивает снижение затрат, а также повышение эффективности и качества производства сельскохозяйственной продукции, улучшение условий труда работающих. При этом постоянно увеличивается количество и расширяется номенклатура применяемого электрооборудования и средств автоматизации. Это объясняется разнообразием технологических процессов, машин и оборудования, а также непрерывным совершенствованием технологий и повышением уровня требований к их обеспечению. Кроме того, возрастает сложность применяемых в АПК электротехнических изделий и величина возможного ущерба в случае их отказов. По мере увеличения объёма и качества сельскохозяйственной продукции увеличивается и роль электроустановок в обеспечении указанных показателей.

Одним из важнейших этапов эксплуатации электрооборудования и средств автоматизации в АПК является организация их технического обслуживания (сервиса). Рационализация и усовершенствование указанного процесса в значительной мере обеспечивает повышение надёжности электроустановок с одновременным снижением ущерба от отказов и эксплуатационных затрат. В Республике Беларусь организация технического обслуживания (ТО) электрооборудования в АПК производится согласно регламентированной стратегии в зависимости от наработки [1]. При этом выполняемые в порядке ТО

работы имеют планово-предупредительный характер и производятся через определённые периоды работы независимо от состояния оборудования. Данная стратегия, наряду с некоторыми достоинствами, характеризуется рядом недостатков. В первую очередь, это избыточные временные и материальные затраты на обслуживание электрооборудования в практически исправном состоянии, так как определяющим фактором для выполнения работ является достижение установленной наработки. Кроме того, в связи с разнообразием технологических процессов и режимов работы оборудования на предприятиях АПК определение реального времени работы электроустановок является достаточно сложной задачей. В связи с этим зачастую величина наработки оценивается приблизительно, что также негативно влияет на эффективность сервисных работ.

Основные материалы исследования. На основании вышеизложенного, более целесообразным в данном случае является переход к стратегии обслуживания электрооборудования в АПК по состоянию с периодическим или непрерывным контролем [2]. Эта стратегия в наибольшей степени обеспечивает управление надёжностью и техническим состоянием электрифицированного оборудования. Однако реализация обслуживания по состоянию сопряжена с необходимостью регулярного проведения диагностирования электрооборудования и средств автоматизации, а также разработки методов прогнозирования их технического состояния. Хотя диагностические параметры большинства видов электрооборудования не требуют сложных методов и приборов для их определения, интерпретация полученной информации является достаточно непростой, так как взаимосвязь между параметрами и техническим состоянием элементов оборудования отличается высокой неоднозначностью. Следует учитывать также влияние различных внешних факторов на изменение диагностических параметров во времени. Изложенные факторы свидетельствуют о необходимости получения, обработки и хранения большого количества технической информации об электрооборудовании предприятий АПК в случае изменения стратегии обслуживания. Однако необходимо отметить, что в процессе перехода к системе обслуживания по состоянию и организации диагностирования целесообразно использовать метод RCM (ТО, ориентированное на надёжность). Это означает ограничение либо отказ от диагностирования элементов электроустановки, влияние которых на её надёжность невелико. В результате снижаются затраты на выполнение диагностических работ, а также объём получаемой и хранимой информации. По некоторым данным, указанный переход обеспечивает снижение затрат на ТО и ремонт на 25 % [3].

Одним из способов практической реализации изменения стратегии обслуживания электрифицированного оборудования на предприятиях АПК является разработка (создание) его так называемых цифровых

двойников. Данная концепция получает в настоящее время широкое распространение, в частности, для проектирования асинхронных электродвигателей [4]. Основой для разработки указанных двойников, а по сути математических моделей электроустановок являются динамические модели электрического оборудования и его частей, формируемые по комплексу параметров. Эти параметры характеризуют как техническое состояние оборудования, так и внешние воздействующие факторы.

Динамическая модель основывается на диагностических параметрах электрооборудования и средств автоматизации, используемых в сельскохозяйственных машинах и механизмах, и позволяет с учётом их взаимодействия прогнозировать техническое состояние [2]. Указанная модель может быть представлена в виде комплекса взаимосвязанных частей, моделирующих отдельные звенья и процессы и реализована различными методами. Возможно использование систем уравнений (в том числе дифференциальных) и множеств [5], а также иные варианты.

Для более эффективной реализации концепции цифровых двойников в стратегии обслуживания по фактическому состоянию целесообразно рассматривать не отдельные электротехнические изделия, а их комплекс – электроустановку (электрическую часть) сельскохозяйственной машины либо агрегата. Это объясняется сложным взаимодействием элементов электрических цепей, особенно в нештатных режимах и неисправных состояниях. В результате обеспечивается более точное определение состояния элементов электроустановки, а также прогнозирование его изменения в будущем.

Предлагается следующая обобщённая структура цифрового двойника электрооборудования технологической машины (линии):

- модели элементов электрооборудования (участков электрических схем либо цепей);
- модель внешних воздействий (факторы среды, а также возможные механические, тепловые и другие воздействия), которые могут задаваться оператором либо фиксироваться соответствующими датчиками;
- модель визуализации результатов диагностирования и прогнозирования на основе 3D – графики, технологий виртуальной и дополненной реальности;
- модель сервиса, т. е. работ по обслуживанию, учитывающая качество и периодичность их выполнения, а также влияние на характеристики электроустановки;
- модель надёжности для прогнозирования состояния электрической части в целом, а также выдачи конкретных рекомендаций по срокам и объёму проведения в будущем работ по обслуживанию и ремонту, их материальному оснащению;

- сервисы интеграции полученного взаимосвязанного комплекса моделей в глобальные информационные системы на основе технологий ПоТ (промышленного интернета вещей) и IoE (всеобъемлющего интернета) [6] для обмена информацией с базами данных производителей электрооборудования, а также других предприятий АПК.

Возможно дополнение и изменение предложенной структуры различными моделями и сервисами в зависимости от особенностей моделируемых машин, агрегатов и их комплексов.

**Выводы.** Применение технологии цифровых двойников электроустановок для совершенствования сервисного обслуживания оборудования предприятий АПК позволяет, по данным некоторых исследований, сократить затраты на ТО до 30 % при повышении уровня надёжности установки и качества технологического процесса. Однако более точная оценка требует дальнейших исследований.

#### Список использованных источников

1. Система организации технического обслуживания машин и технологических комплексов в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь: пособие/ под ред. В. Г. Самосюка. – Минск: ИПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 685 с.

2. Казаровец Н. В. Технологии, оборудование и технический сервис в молочном животноводстве: монография / Н. В. Казаровец, В. П. Миклуш, М. В. Колончук. – Минск: БГАТУ, 2007. – 556 с.

3. Мишура Т. П. Метрологическое обеспечение диагностических комплексов для оценки технического состояния энергетического оборудования / Т. П. Мишура, Н. Н. Скориантов // Датчики и системы, 2016, № 1. – 63-68.

4. Захаров А. В. Применение технологии цифровых двойников при разработке тяговых асинхронных электродвигателей / А. В. Захаров, А. М. Зайцев, А. С. Кобелев, Л. Н. Макаров, Д. Ю. Розанов // Электротехника, 2022, № 4. – 26 – 30.

5. Скориантов Н. Н. Моделирование процессов технического обслуживания функциональных систем объекта с применением его электронной модели / Н. Н. Скориантов, Т. П. Мишура, Р. Н. Целмс // Вопросы радиоэлектроники, 2017, № 10. – С. 69-74.

6. Жуковский Ю. Л. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы / Ю. Л. Жуковский, Н. И. Котелева // Промышленная энергетика, 2017, № 7. – С. 14-19.