

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ СРЕДСТВАМИ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

CONTROL OF THE TECHNICAL STATE OF AGRICULTURAL AGGREGATES BY FACILITIES OF FAULT DETECTION

Кандидат технических наук, доцент Войналович А.В, кандидат технических наук Мотрич М.Н.

Ph.D., associate professor Voynalovych A.V., Ph.D. Motrich M.N.,

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

e-mail: voynalov@bigmir.net

Abstract: The work is dedicated to the development of methods for calculating the conditional probability of an emergency condition tractors due to the presence in the details of their units cracks. Possibility to reliably identify the locations of crack propagation in detail tractor units in the case of pulsed portable flaw eddy current type is proved. The research found that the risk of execution of mechanized operations significantly depend on unsatisfactory technical condition of tractors and self-propelled agricultural machines.

KEYWORDS: OPERATIONAL DEFECTS IN DETAIL NODES TRACTORS, FLAW DETECTION CONTROL, THE KINETICS OF ACCUMULATION OF OPERATIONAL CRACKS, THE PROBABILITY OF ACCIDENTS

1. Введение

Сельскохозяйственное производство остается одной из самых травмоопасных отраслей экономики Украины. Наиболее травмоопасной профессией сельского хозяйства считается профессия механизатора, в частности много аварийных ситуаций возникает при выполнении механизированных и транспортных работ с использованием тракторов, большинство которых уже исчерпали свой эксплуатационный ресурс [1].

Статистика аварийных ситуаций с участием мобильной сельскохозяйственной техники показывает, что основными их причинами являются не только нарушения работниками нормативов безопасности труда (правил дорожного движения, технической эксплуатации машин и оборудования) [2], но и неудовлетворительное техническое состояние тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин (ССМ) из-за высокой степени износа их деталей [3].

Уменьшению травматизма механизаторов и других работников будет способствовать введение регламента оперативного, технически оснащенного и систематического контроля состояния мобильной сельскохозяйственной техники. Это позволит выявить эксплуатационные дефекты в деталях тракторов и ССМ на ранних стадиях их образования, одновременно выполнять предупредительные ремонты узлов с заменой поврежденных деталей в ремонтных подразделениях, а не в поле или на дороге в условиях дефицита рабочего времени и необходимого инструмента, отсутствия в механизаторов (водителей) необходимой квалификации для выполнения оперативных ремонтов.

Одним из направлений такого контроля при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники является использование мобильных возможностей дефектоскопов, адаптированных для оперативного диагностирования отдельных деталей тракторов и ССМ [4]. Применение такого подхода должно обеспечить не только раннее диагностирование эксплуатационных дефектов опасных размеров в деталях узлов сельскохозяйственных агрегатов, но и создание карт учета дефектности узлов трактора или ССМ с целью документализации динамики исчерпания их эксплуатационного ресурса и оценки вероятности наступления аварийных ситуаций вследствие разрушения деталей узлов. Это будет весомым аргументом для руководителей и инженерно-технических работников сельскохозяйственных предприятий по недопущению к эксплуатации трактора или ССМ с поврежденными деталями.

2. Предпосылки и средства для решения проблемы

Анализ изменения технического состояния тракторов и ССМ в процессе эксплуатации показывает, что обнаружение повреждений, особенно трещин и дефектов структуры металла деталей сельскохозяйственных машин, связано с существенными инструментальными трудностями. Визуальный (внешний) обзор, а также методы дефектоскопии, разработанные для контроля лабораторных образцов, не дают должного результата по оперативному обнаружению трещин в общей массе деталей узлов.

Для мобильной сельскохозяйственной техники выполнение дефектоскопического контроля ограничено как из-за отсутствия необходимого количества устройств неразрушающего контроля заданного класса точности и надежности обнаружения дефектов, так и из-за отсутствия методики количественной оценки в вероятностном аспекте последствий внезапного разрушения отдельных деталей и узлов сельскохозяйственных машин.

В рекомендациях по проведению технического контроля сельскохозяйственной техники, например в картах контроля по показателям безопасности, указано, что имеющиеся трещины и повреждения в деталях машин обнаруживают при контроле визуально. Но такой подход позволяет найти только крупные магистральные трещины, зафиксировать разрушения деталей и выход из строя узла трактора, а не спрогнозировать риск эксплуатации агрегата, в деталях узлов которого находятся необнаруженные (нераскрытые до критического размера) трещины.

Поэтому во время ремонтов тракторов и ССМ с разборкой узлов необходимо проводить массовый дефектологический контроль деталей и выявлять трещины на ранних стадиях распространения. Авторами был выполнен сравнительный анализ методов дефектоскопии деталей и элементов конструкций с точки зрения их пригодности для выявления дефектов в деталях тракторов и ССМ. Было установлено, что каждый из используемых в технике методов дефектоскопического контроля имеет определенные аппаратные и метрологические преимущества, а также ограничения в применении, которые обусловлены: условиями эксплуатации контролируемых деталей; их формой, размерами и физическими характеристиками материала; местом расположения дефектов на поверхности детали и возможностью доступа датчиков к объекту контроля; чувствительностью метода [5].

Эффективность контроля в основном определяет не минимальность параметров (размеров) выявленных дефектов, а необходимое время на его проведение, надежность относительно нахождения трещин, повторяемость результатов, затраты на подготовку (очистка, шлифовка и т.п.) контролируемой поверхности.

3. Решение рассматриваемой проблемы

В работе для обнаружения трещин в ответственных деталях узлов тракторов был использован портативный импульсный вихретоковый дефектоскоп [6]. Выбор вихретокового метода дефектоскопии был обусловлен его высокой избирательностью к имеющимся в контролируемом материале малым дефектам типа трещин. Использованный в работе дефектоскоп удовлетворяет требованиям, которые связаны со спецификой контроля деталей узлов тракторов и ССМ. К ним относятся: 1) небольшие размеры и вес прибора; 2) автономность электропитания; 3) универсальность к металлу исследуемых деталей (автоматическая настройка на металл объекта контроля); 4) информативность о наличии повреждений в исследуемых деталях (наименьшие размеры выявленных трещин: глубина – более 0,2 мм, длина – более 3 мм, ширина – более 0,1 мм); 5) возможность изменения чувствительности (способность задавать минимальные размеры выявленных дефектов); 6) не нужно специально готовить контролируемую поверхность детали (дефектоскоп практически не чувствителен к шероховатости поверхности и способен обнаруживать дефекты при шероховатости поверхности Rz 60 и менее); 7) отсутствие эффекта отвода датчика, его износа и краевого эффекта.

Для выявления трещин в деталях различного профиля поверхности были разработаны специальные датчики. Кроме датчика для контроля плоских поверхностей использовали датчики для обследования канавок (конусная форма), шестерен (скошенный край), трубчатых элементов (со сферическим вырезом) и в труднодоступных местах (с боковым симметричным расположением ферритного стержня).

В результате исследований было установлено, что использованный дефектоскоп позволяет выявлять такие дефекты как трещины и несплошности в поверхностных слоях электропроводящих ферромагнитных материалов независимо от наличия лакокрасочного или иного покрытия. Допустимый зазор между датчиком и контролируемой поверхностью – не более 3 мм.

В данной работе была исследована динамика накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 (производства Республики Беларусь). С помощью вихретокового дефектоскопа было проконтролировано наличие трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 с различными сроками эксплуатации. Дефектоскопический контроль проводили во время проведения ремонтов этих тракторов.

Для обследованных тракторов дефектоскопический контроль проводили на деталях двигателя, навесной гидравлической системы, системы рулевого управления, коробки передач и заднего моста. Проанализировав режимы силовой нагрузки на отдельные детали узлов трактора МТЗ-80 и интенсивность их повреждения в результате совместного действия с факторами производственной среды, были установлены детали трактора МТЗ-80, подлежащие дефектоскопическому контролю. Внимание обращали на наличие мест концентрации напряжений, возможность развития в них усталостного, фреттингового и коррозионного повреждения [7-8].

Чтобы конкретизировать объекты дефектоскопического контроля и сузить поле поиска потенциальных трещин, детали отдельных узлов были систематизированы на несколько категорий: а) высоконапряженные детали с высокой вероятностью разрушения; б) детали, техническое состояние которых обусловлено совокупным действием силовых факторов с агрессивными условиями окружающей среды; в)

детали, испытывающие небольшое повреждающее воздействие; г) детали, в которых повреждения обнаруживаются только визуально (мелкие, неметаллические и т.д.). Исследовав детали первых двух категорий, в рамках предложенной методологии дефектоскопического контроля сельскохозяйственных машин не было учтено потенциальную трещиноопасность и повреждаемость других категорий деталей: крепежных, резиновых, неметаллических и т. п. [9]

4. Результаты и дискуссия

По данным дефектоскопии были построены графики динамики накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 различной продолжительности эксплуатации (рис. 1). Координаты графиков следующие: ось ординат – относительное количество выявленных трещин (n_0/N) в общей совокупности исследованных, значимых с точки зрения безопасности эксплуатации, деталей; ось абсцисс – относительная продолжительность эксплуатации проинспектированных тракторов МТЗ-80. В качестве базового (относительная продолжительность эксплуатации тракторов соответствует единице) был выбран 17-летний срок эксплуатации тракторов МТЗ-80, что вдвое больше их расчетного ресурса. На рис. 1 тонкими линиями изображены линии тренда, а также записаны их уравнения и достоверность аппроксимирования R^2 .

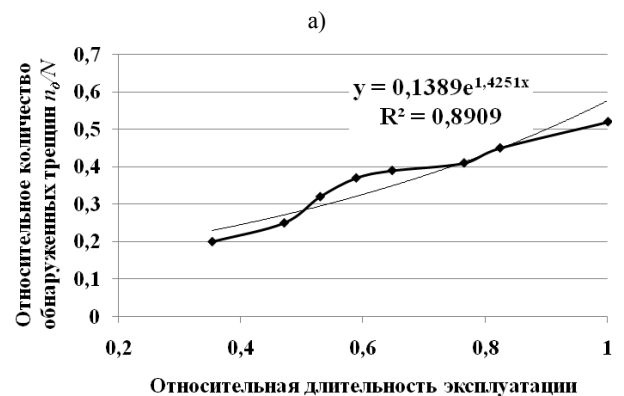
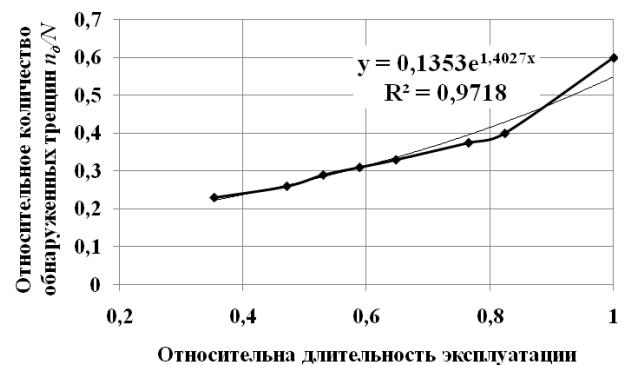


Рис. 1. Динамика накопления эксплуатационных повреждений в деталях узлов тракторов МТЗ-80: а – навесное устройство; б – система рулевого управления

Из представленных данных видно, что накопление трещин в деталях узлов тракторов можно представить экспоненциальной зависимостью $y = a \cdot e^{ax}$ при достаточно высокой достоверности аппроксимации. Так, значение R^2 для трех исследованных узлов близко к 0,97, среднее значение достоверности составляет 0,95 (табл. 1).

Таблиця 1. Параметри урівнення лінії тренда і достовірність апроксимації R^2

Узлы трактора МТЗ-80	Параметры уравнения линии тренда		
	a	b	R^2
Навесное устройство	0,14	0,14	0,14
Система рулевого управления	0,138	0,138	0,138
Двигатель	0,143	0,143	0,143
Задний мост	0,15	0,15	0,15
Среднее значение	0,49	0,49	0,49

Проанализировав причины и последствия возможных видов аварийных ситуаций на механизированных процессах в сельском хозяйстве, было показано, что направления надежности машин и безопасности труда современной методологии анализа системы «машина – человек – окружающая среда» базируются на подобных вероятностных моделях оценки риска отказов или риска наступления несчастных случаев. Поэтому оценка вероятности аварийных ситуаций должна основываться на статистике отказов машины или оборудования, в частности таких, которые получены с помощью методов дефектоскопического контроля, что особенно актуально для оценки риска выполнения механизированных и транспортных работ. При этом вихретоковый дефектоскопический контроль наличия эксплуатационных дефектов в деталях узлов тракторов и ССМ позволяет количественно оценить степень безопасности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники по параметру обобщенного повреждения.

Для оценки вероятности аварийных ситуаций при эксплуатации тракторов и ССМ целесообразно использовать статистические методы распознавания задач технической диагностики, когда в методике расчета вероятности аварийных ситуаций анализируют данные не о линейных размерах обнаруженных дефектов, а имеющиеся признаки обнаружения в деталях трещин разной степени опасности. Это позволяет оценить исправность или неисправность трактора или ССМ в вероятностном аспекте, как зависимость от реализации комплекса признаков, то есть для возможных вариантов наличия или отсутствия трещин различного относительного размера.

5. Заключение

На основе анализа построенных зависимостей динамики накопления трещин в деталях узлов тракторов МТЗ-80 различной продолжительности эксплуатации определена продолжительность эксплуатации, после которой интенсивность накопления повреждения существенно возрастает, и соответственно увеличивается вероятность катастрофического разрушения узлов трактора и создания аварийной ситуации на механизированных или транспортных работах. Установлено, что для большинства исследованных узлов тракторов эта величина практически одинакова и

находится в диапазоне 0,75-0,8 относительной продолжительности эксплуатации, что составляет 13-14 лет, а значит более 75% тракторов, которые сейчас эксплуатируются в Украине, перешли этот рубеж и являются объектами повышенной опасности.

6. Литература

1. Войналович О.В., Д.Г.Кофто, В.П.Голод Незадовільний технічний стан мобільної сільськогосподарської техніки як одна з основних причин виробничого травматизму // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 13-15 травня 2014 р. – К.: НТУУ “КПІ”, 2014. – С. 39-44.
2. Єсипенко А.С., О.А. Сліпачук, М.М. Мотрич, Г.О. Оберемок. Дослідження впливу втоми трактористів на дотримання ними вимог безпечної праці // Проблеми охорони праці в Україні. Збірник наукових праць, – 2012. – Вип. – 24. – С. 58-72.
3. Зінчук М. Дослідження зміни рівня безпечності технічних засобів для сільськогосподарського виробництва в процесі експлуатації // Техніка і технології АПК, 2012. – № 5 (32). – С. 25-27.
4. Войналович О.В. Методи дефектоскопії для виявлення експлуатаційного пошкодження у деталях і елементах конструкцій мобільних сільськогосподарських машин // Науковий вісник НУБіП України, 2014. – Вип. 196. – Ч. 1. – С. 204-213.
5. Войналович А. Методология определения риска травмирования механизаторов за данными дефектоскопического контроля / MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture. An International Journal on Operation of Farm and Agri-food Industry Machinery. – 2014. – Vol. 16. – No 3. – P. 130-137.
6. Войналович О.В., І.М.Васинюк, М.М.Мотрич. Застосування портативного вихороструменевого дефектоскопа для виявлення тріщин в деталях сільськогосподарських машин / Праці I-ї міжнародної науково-технічної конференції «Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин», 4-7 жовтня 2004 р. – Тернопіль, 2004. – С. 609-613.
7. Шалапко Ю.І., А.Л.Ганзюк, М.А.Разуваєва. Прихованість фреттинг-процесів у з'єднаннях автомобільної техніки та їх вплив на безпеку експлуатації // Вісник Хмельницького національного університету, 2010. – № 5. – С. 165-169.
8. Томіленко Л.А., С.І.Крук, І.О.Олійник та ін. Динаміка змін умов праці на тракторах і комбайнах в залежності від строків їх експлуатації // Вісник СНАУ. – 2010. – Випуск 1 (21). – С. 14-18.
9. Войналович А.В., М.Н. Мотрич. Підходи к оцінці безаварійності мобільної сільськогосподарської техніки / Сборник научных трудов Sworld.– Иваново: Маркова А.Д., 2014. – Вып. № 4 (37). – Том. 7. – С. 88-92.