

**ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН****В. М. Помогаев**

Реферат. Контроль технического состояния сельскохозяйственных машин, являясь ключевым элементом системы технического обслуживания и ремонта, на практике требует решения задачи определения приоритетных для диагностирования конструктивных элементов. Целью исследования является разработка и апробация методики ранжирования объектов контроля технического состояния сельскохозяйственных машин на основе комплексного показателя, учитывающего совокупность факторов. Методика отличается комплексным подходом, учитывающим совокупность таких факторов, как конструктивная сложность машин, технические и организационно-экономические последствия отказов. Проведен эксперимент по сбору данных об отказах зерноуборочных комбайнов в период уборки урожая яровой пшеницы в 2024 году на полях Омской области. Под наблюдением был 31 комбайн марки NEW HOLLAND CX6090, КЗС 1218 «Полесье», РСМ-101 «Вектор 410», РСМ-142 «ACROS-550», РСМ-142 «ACROS-585», РСМ-152 «ACROS-595 PLUS». Установлено, что наибольшее количество отказов приходится на жатку и подборщик (15,1%), наклонную камеру (13,4%), молотильный аппарат (11,6%). При этом эксплуатационные отказы – 54%, производственные – около 37% и конструктивные – 9%. По характеру проявления 76% относится к внезапным, 5% к постепенным и 19% к перемежающимся. По взаимосвязи 71% отказов были квалифицированы как независимые и 29% как зависимые. Выявлено, что на долю двигателя, ходовой и электрооборудования приходится порядка 60% отказов, но особому контролю подлежат только 7 узлов и деталей, для которых среднее значение показателя P_i составляет 0,56. На долю жатвенной и молотильной группы приходится 25% отказов, но последствия гораздо серьезнее и контролю подлежат не менее 10 узлов и деталей со средним значением показателя $P_i = 1,41$. Разработанная методика может найти применение в условиях расширения использования интеллектуальных и цифровых технологий в системе технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: контроль, техническое состояние, самоходные сельскохозяйственные машины, техническое обслуживание и ремонт, отказ.

Введение. Контроль технического состояния представляет собой проверку соответствия значений параметров объекта контроля требуемым параметрам и определение вида технического состояния в момент контроля. Параметры и объекты для контроля определяются технической документацией и с учетом задач, стоящих перед контролем. В целом система контроля должна устанавливать исправен объект или нет, и позволять принять объективные решения о том, возможно ли продолжить эксплуатацию [1].

Современные самоходные сельскохозяйственные машины (ССМ) оснащены электронными системами контроля, что позволяет не только осуществлять контроль функционирования, но и мониторинг технического состояния [2, 3]. Диагностирование и мониторинг технического состояния являются ключевыми элементами системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР), которые позволяют получать необходимую информацию для устранения и предотвращения отказов, планирования обслуживания и ремонта ССМ [4, 5].

В идеальных условиях контроль технического состояния нужно осуществлять за всеми конструктивными элементами машин, однако на практике реализовать это невозможно и нецелесообразно. В связи с этим важным является вопрос о том, какие элементы машин необходимо контролировать в первую очередь [6, 7].

В данном исследовании представлен методический аппарат выбора объектов для

контроля технического состояния, построенный на основе подходов технической диагностики. При формировании методики был разработан комплекс критериев, учитывающий опыт подконтрольной эксплуатации ССМ, информацию о надежности элементов ССМ, условия эксплуатации, возможность выявления отказов и оценки затрат, связанных с их устранением, а также тяжесть последствий для сельскохозяйственного производства.

Цель исследования – разработка и апробация методики ранжирования объектов контроля технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин на основе комплексного показателя, учитывающего конструктивную сложность объекта контроля, технические и организационно-экономические последствия отказов. В качестве объекта для контроля технического состояния рассматриваются любые узлы, агрегаты и их составные части (детали), подлежащие техническому обслуживанию и ремонту. Элемент ССМ – это любая деталь, узел, агрегат, выполняющие определенную техническую функцию в составе машин и подлежащие восстановлению или замене в процессе эксплуатации.

Условия, материалы и методы. Метод структурных схем широко известен из теории надежности и теории технической диагностики. Он представляет собой формально-математический метод анализа надежности и оперирует только статистическими характеристиками потока отказов [8, 9]. ССМ, как сложная техническая система, также

может быть представлен в виде структурной схемы. В соответствии с целями и задачами исследования была составлена структурная схема зерноуборочного комбайна. С учетом конструкторской и эксплуатационной документации, сложившейся практики ТОиР выделены отдельные

подсистемы (двигатель, ходовая часть, электрооборудование, жатвенная часть, молотильная группа), которые в свою очередь делятся на множество узлов и деталей. На рисунке 1 представлена упрощенная структурная модель ССМ на примере зерноуборочного комбайна.



Рис. 1 – Упрощенная структурная схема ЗУК

Применение данной модели позволяет систематизировать отказы, выявить зависимости и закономерности их возникновения, а также сформировать качественную информационную базу отказов в процессе эксплуатации. Это в свою очередь позволит выявить значимые объекты для контроля технического состояния, имеющие отказы в эксплуатации.

Выявление объектов, требующих контроля технического состояния с помощью разработанной методики, опирается на допущение о том, что машины перед началом

эксплуатации находились в исправном и работоспособном состоянии и все регламентные или запланированные по результатам диагностики операции ТОиР выполнены в полном объеме.

Для определения значимости объектов, экспертным путем и путем анализа информационной базы отказов были выявлены факторы для оценки влияния последствий отказов в подсистемах ССМ на работоспособность, эффективность выполнения технологических операций и экономику агробизнеса (рис. 2).

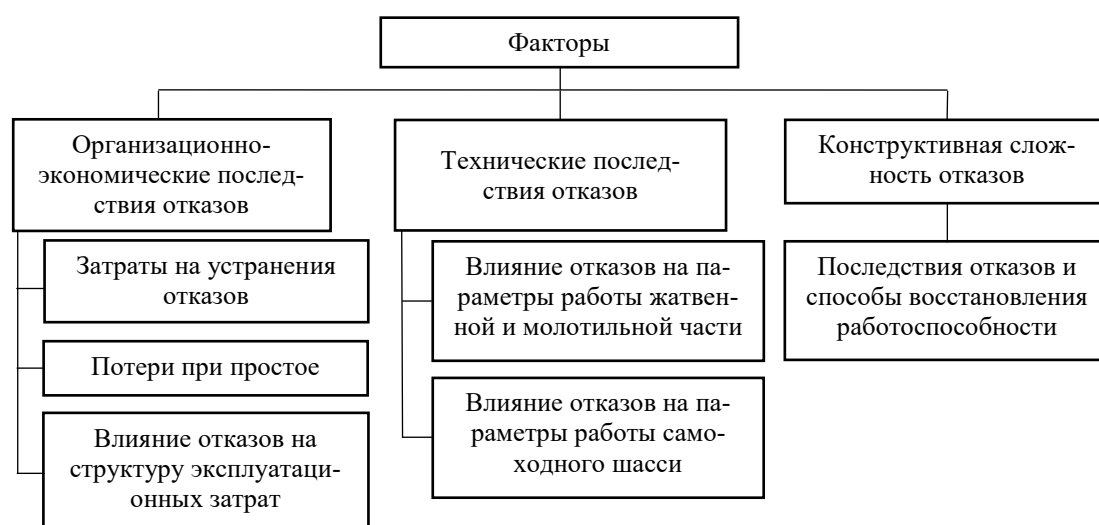


Рис. 2 – Комплекс факторов для оценки влияния последствий отказов

Факторы были объединены в следующие группы: организационно-экономические последствия отказов, технические последствия отказов и конструктивная сложность отказов. В реальных хозяйственных условиях не по всем факторам могут быть получены данные, они могут быть некачественными или сбор их будет трудоемким. В связи с чем, для использования в методике были взяты следующие данные: затраты на устранение отказов; затраты при простое; трудоемкость устранения последствий отказов; последствия отказов и способ восстановления работоспособности.

В методике для анализа последствий отказов предложено использовать комплексный показатель (II_i). По своей сути он демонстрирует относительную весомость отказа объекта контроля на основе совокупности факторов (1):

$$II_i = \left(\sum_{j=1}^k m_{ij} \right) \left(\sum_{l=1}^n m_{il} \right) M_{ij} (C_{xij} T_{ij} + C_{zij} + C_{yij}) Q_{il}, \quad (1)$$

где n – количество интервалов наработки ($i = 1, 2, \dots, n$); k – количество видов отказов, зарегистрированных за период наблюдений

($j = 1, 2, \dots, k$); m_{ij} – количество отказов j -го вида в i -том интервале наработки; $\sum_{i=1}^n m_{ij}$ – количество отказов объектов контроля для i -го интервала наработки; $\sum_{i=1}^k m_{ij}$ – количество отказов для одного объекта контроля в период наблюдения; M_{ij} – коэффициент влияния отказов объекта контроля на работоспособность ССМ; C_{xij} – средняя стоимость нормо-часа специалистов, осуществляющих устранение отказов при установленной конструктивной сложности j -го отказа i -го объекта контроля, руб./чел.-ч.; T_{ij} – средняя трудоемкость устранения j -го отказа i -го объекта контроля, чел.-ч.; C_{zij} – стоимость запасных частей при устранении j -го отказа i -го объекта контроля, руб.; C_{yij} – потери от простоев при устранении j -го отказа i -го объекта контроля, руб.; Q_{il} – вероятность возникновения отказов в i -том интервале наработки для конструктивной подсистемы (l) ССМ, где проявился j -тый отказ.

Коэффициент влияния отказов объекта контроля на работоспособность ССМ (M_{ij}) показывает значимость j -го отказа для i -го объекта контроля или его составных частей, а также на работоспособность ССМ (табл. 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента M_{ij} влияния отказов объекта контроля на работоспособность ССМ

№ п/п	Последствия отказов	Значения M_{ij}
Двигатель, ходовая часть, электрооборудование		
1	Нарушение функционирования без потери работоспособности (появление предупреждений электронных систем, звуковое или визуальное наблюдение проявлений нарушения функционирования), не влияющее на ресурс ССМ	0,05-0,1
2	Нарушение функционирования без потери работоспособности (появление предупреждений электронных систем, звуковое или визуальное наблюдение отказов и т.д.), но влияющее на ресурс ССМ (вероятность потери работоспособности до окончания сезонной работы, увеличение расходов на ТОиР и т.д.), включая отказы первой группы сложности	0,1-0,3
3	Нарушение функционирования (предельные и аварийные режимы), ускоренный износ узлов и агрегатов (может привести к невозможности восстановления и полной замене узла или агрегата), в том числе отказы второй группы сложности	0,3-0,5
4	Полная потеря работоспособности (тяжелые последствия отказов, требуются работы капитального характера по восстановлению работоспособности), включая отказы третьей группы сложности	0,5-1,0
Жатвенная часть и молотильная группа		
5	Нарушение функционирования жатвенной части и молотильной группы без потери качества и работоспособности (появление предупреждений электронных систем, звуковое или визуальное наблюдение отказов и т.д.)	0,1-0,3
6	Нарушение функционирования жатвенной части и молотильной группы с потерей качества, но без потери работоспособности, включая отказы первой группы сложности	0,3-0,5
7	Потеря работоспособности жатвенной части и молотильной группы ССМ (требуются работы по восстановлению работоспособности), включая отказы второй группы сложности	0,5-0,8
8	Полная потеря работоспособности жатвенной части и молотильной группы ССМ (тяжелые последствия отказов, требуются работы капитального характера по восстановлению работоспособности), включая отказы третьей группы сложности	0,8-1,0

Коэффициент M_{ij} также учитывает последствия отказов и склонность к восстановлению работоспособности, которые традиционно подразделяются на три группы: 1-я группа – отказы, устраняемые ремонтом или заменой деталей, которые расположены на внешней части узлов и агрегатов без их разборки, в том числе посредством

внеочередных ТО; 2-я группа – отказы, устраняемые ремонтом или заменой узлов и агрегатов путем их отсоединения, вскрытия, но без капитального ремонта; 3-я группа – отказы, устраняемые путем капитального ремонта в условиях мастерских с использованием специального инструмента и оборудования.

Специфика сельскохозяйственного производства связана с природными и биологическими факторами возделывания культур. Прежде всего это агротехнологические сроки проведения посевных и уборочных работ. Следовательно, должно выполняться условие, что чистое время работы ССМ равно агротехнологическим срокам. Устранение последствий отказов (T) в агротехнологические сроки увеличивает их продолжительность не в оптимальное время или делает выполнение невозможным, что приводит к потерям. В методике предложена следующая зависимость стоимости потерь (C_{yij}) от недополученной продукции вследствие простоя при устранении j -го отказа i -го объекта контроля во время выполнения агротехнологических мероприятий (2) [10]:

$$C_{yij} = K_{\Pi} \cdot U_{\max} \cdot C_{\Pi} \cdot D \quad (2)$$

где K_{Π} – коэффициент, учитывающий потери продукции в случае отклонения от заданных агротехнологических сроков, %; $U_{\max}$ – средневзвешенное значение урожайности в определенной природно-климатической зоне при выполнении агротехнологических мероприятий в оптимальные сроки, т./га; C_{Π} – среднерыночная стоимость продукции, руб./т.; D – период времени, на который работы были приостановлены, час.

Однако необходимо отметить, что на практике достаточно сложно рассчитать стоимость потерь от простоев, в связи с чем данный показатель используется для установления масштаба влияния отказов на производственный процесс.

Показатель Q_{ji} демонстрирует вероятность возникновения отказов в целом в подсистеме и определяется на основании статистической обработки результатов подконтрольной эксплуатации ССМ. В определенной степени он

позволяет учитывать сложные конструктивные структурно-функциональные связи (последовательное, параллельное или последовательно-параллельное соединение элементов машин).

С целью проверки разработанной методики был проведен эксперимент по сбору данных об отказах зерноуборочных комбайнов (ЗУК) в период уборки урожая яровой пшеницы в 2024 году на полях Омской области в лесостепной и степной природно-климатической зоне. При проведении эксперимента учитывались отказы, проявившиеся в условиях эксплуатации. Был принят план испытаний NRT. В эксперименте участвовал 31 комбайн российского и зарубежного производства марки NEW HOLLAND CX6090, КЗС 1218 «Полесье», PCM-101 «Вектор 410», PCM-142 «ACROS-550», PCM-142 «ACROS-585», PCM-152 «ACROS-595 PLUS» с наработкой на момент проведения эксперимента от 30 до 5000 моточасов. Стоимость запасных частей учитывалась по данным бухгалтерского учета, а там, где информацию невозможно было получить или идентифицировать, на основании конъюнктурного анализа предложений снабжающих предприятий г. Омска. Стоимость работ по устранению отказов определялась по внутрифирменной (трансфертной) стоимости (если работы выполнялись силами специализированных ремонтных полевых бригад, силами механизаторов) или на основании стоимости нормо-часа в сторонних сервисах.

Результаты и обсуждение. По результатам проведения эксперимента за период осенних полевых работ 2024 года в сельскохозяйственных предприятиях Омской области было выявлено 423 отказа в 22 подсистемах ЗУК (рис. 3).

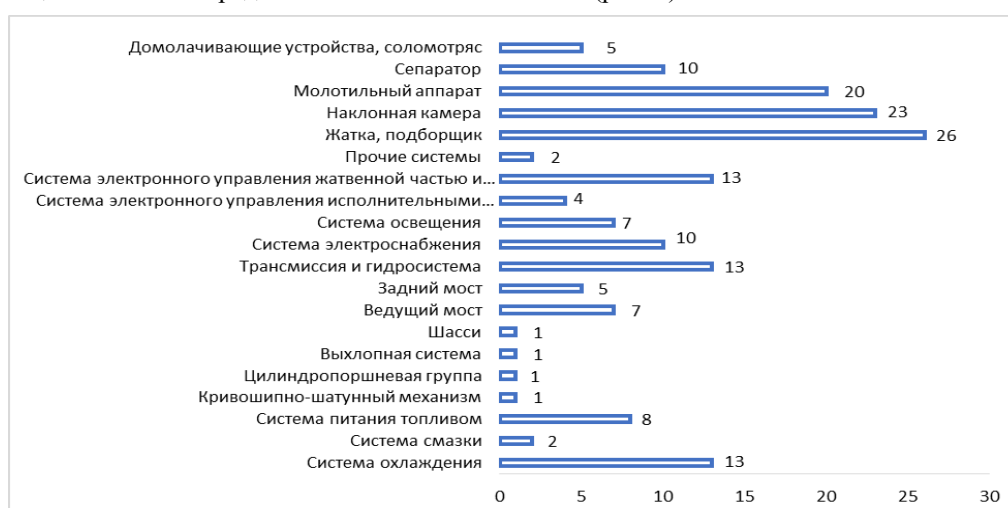


Рис. 3 – Распределение отказов по подсистемам ЗУК

При проведении эксперимента были получены данные о количестве отказов, причинах их возникновения, трудоемкости восстановления и финансовых затратах, связанных с ремонтом различных узлов и деталей ЗУК.

Анализ отказов показал, что наибольшее их количество приходится на жатку и подборщик (15,1%), наклонную камеру (13,4%), молотильный аппарат (11,6%). Необходимо отметить, что неисправности данных

конструктивных элементов могут привести дополнительно к потере зерна от 0,5-1,5%.

Наибольшее количество отказов связано с эксплуатационными причинами – 54%, около 37% отказов приходится на производственные и 9% на конструктивные. По характеру проявления 76% относится к внезапным, 5% к постепенным и 19% к перемежающимся. По взаимосвязи 71% отказов были квалифицированы как независимые и 29% как зависимые.

Анализ общей стоимости запасных частей для ЗУК участвующих в эксперименте показал, что наибольшие затраты пришлись на жатку и подборщик – 458 850,28 руб., на трансмиссию и гидросистему – 422 752,95 руб., на наклонную камеру – 418 045,10 руб. Было установлено, что самыми дорогими работами стали работы по ремонту цилиндропоршневой группы (18,8 тыс. руб.), зернового элеватора (11,6 тыс. руб.), гидросистемы (11,2 тыс. руб.), жатки (9,1 тыс. руб.). Наибольшая сумма потерь от простоев пришлась на отказы, связанные с ремонтом цилиндропоршневой группы (39,4 тыс. руб.), зернового элеватора (22,8 тыс. руб.), жатки (22,1 тыс. руб.), наклонной камеры (20,8 тыс. руб.).

Полученные данные коррелируют с результатами исследований других ученых.

Так, в ходе наблюдений были установлены отказы узлов и систем комбайнов, имеющих низкие показатели надежности в гарантийный период [11]. Авторы другого исследования использовали сплошной и выборочный хронометраж для определения надежности агрегатов, систем зерноуборочного комбайна и установили, что существенная часть выявленных отказов обнаружена в жатвенной части, механических передачах, отдельно распределенных шпоночных соединениях, гидравлической системе и трансмиссии [12]. Коллективом авторов описаны испытания зерноуборочных комбайнов, где существенными значатся отказы панели управления, течь масла по штоку гидроцилиндра вариатора молотильного барабана, смещение шнека жатки, разрушение подшипника в приводе углового редуктора загрузочного шнека, износ витков загрузочного шнека бункера, отказ генератора и разрушение подшипника вала половонабивателя, обрыв кронштейна крепления подшипника вала к клавише соломотряса [13].

Опираясь на полученные экспериментальные данные по разработанной методике были проведены расчеты показателя (Π_i) и определены объекты, подлежащие контролю в первую очередь (табл. 2).

Таблица 2 – Сводные данные по оценке и ранжированию объектов контроля

Отказы	Π_i	Ранг
Двигатель, навесное оборудование, ходовая часть, электрооборудование		
Форсунки (нарушение регулировки)	1,1	1
Турбокомпрессор	0,8	2
Шины	0,2	5
Рукав высокого давления (течь масла)	0,2	8
Главный привод	0,6	4
Электропроводка (обрыв, короткое замыкание)	0,2	6
Датчики (включения леникса, выгрузного шнека, клавиш, решет, оборотов вала и т.д.)	0,8	3
Жатвенная часть и молотильная группа		
Предохранительная муфта шнека жатки	0,8	5
Палец жатки направляющий (облом, загиб)	3,3	2
Режущий сегмент жатки (облом, загиб)	0,5	7
Палец тройной жатки (облом, загиб)	0,7	6
Транспортерная лента зернового, колосового элеваторов	4,9	1
Цепи в молотильной группе (обрыв, растяжение)	0,4	8
Вентилятор очистки (деформация лопастей)	0,4	9
Ножи измельчителя (деформация)	1,7	3
Звездочка привода шнека элеватора	0,3	10
Крестовины карданов	1,3	4

Расчеты показали, что несмотря на тяжелые условия эксплуатации двигатель, навесное оборудование, ходовая часть требуют меньшего внимания для контроля технического состояния нежели жатвенная часть и молотильная группа. В процессе подконтрольной эксплуатации установлено, что на долю двигателя, ходовой и электрооборудования приходится порядка 60% случаев отказов, вместе с тем их последствия для ЗУК и производства не столь значительные и особому контролю подлежат 7 элементов, для которых среднее

значение показателя Π_i составляет 0,56. Вместе с тем для жатвенной части и молотильной группы установлено для контроля не менее 10 элементов со средним значением показателя $\Pi_i = 1,41$.

Экспериментальное подтверждение теоретических исследований, положенных в основу методики определения наиболее значимых объектов для контроля технического состояния, позволяет совершенствовать методы и средства контроля технического состояния. Прежде всего это относится к использованию интеллектуальных и цифровых технологий

для удаленного мониторинга технического состояния [14]. В идеальных условиях необходимо контролировать все элементы машин, однако на практике это невозможно и нецелесообразно. Выбор наиболее значимых объектов для контроля технического состояния, в том числе с использованием встроенных систем контроля и средств телеметрии, позволяет перейти к новой модели технического обслуживания, основанной на использовании предсказательной аналитики [15, 16].

Выводы. Проведенное исследование развивает существующие подходы в технической диагностике к определению объектов для контроля технического состояния. Применение формально-математического метода анализа надежности и выработка комплекса критериев, учитывающих опыт подконтрольной эксплуатации, информацию о надежности, условия эксплуатации, возможность выявления отказов и оценки эксплуатационных затрат, позволили разработать методику выбора объектов для контроля технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин.

Ключевое научное достижение работы заключается в установлении факторов для оценки влияния последствий отказов на работоспособность самоходных сельскохозяйственных машин и технико-экономические показатели их эксплуатации. Доказано влияние на значимость последствий отказов совокупности таких факторов, как: частота отказов, затраты на устранение отказов, стоимость простоя, трудоемкость устранения последствий отказов, конструктивная сложность отказов и способ восстановления работоспособности.

Разработанная методика выбора объектов для контроля технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин позволяет на основе комплексного показателя (P_i) определить относительную весомость отказа объекта контроля. Для проверки разработанной методики был проведен эксперимент

по сбору данных об отказах зерноуборочных комбайнов, которые послужили основой для расчета комплексного показателя (P_i) и ранжированию объектов контроля в зависимости от тяжести последствий.

В результате эксперимента была подтверждена гипотеза о том, что частота отказов не всегда является значимым критерием для определения объектов, подлежащих контролю в процессе эксплуатации. Так, установлено, что на долю двигателя, ходовой и электрооборудования приходится порядка 60% случаев фиксирования отказов, вместе с тем их последствия не столь значительны и особому контролю подлежат 7 элементов, для которых среднее значение показателя P_i составляет 0,56. Вместе с тем для жатвенной части и молотильной группы определено для контроля не менее 10 элементов со средним значением показателя $P_i = 1,41$.

Практическая ценность полученных результатов заключается в возможности научно обоснованного выбора объектов для контроля технического состояния. Применение на практике комплексного показателя (P_i) позволит повысить эффективность системы технического обслуживания и ремонта за счет обеспечения приоритетного контроля тех элементов зерноуборочных комбайнов, отказы которых по совокупности факторов могут привести к наибольшим эксплуатационным затратам и производственным потерям.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением количества анализируемых факторов, влияющих на выбор объектов для контроля технического состояния и учетом всей совокупности структурно-функциональных связей в подсистемах зерноуборочных комбайнов. Особый интерес представляет исследование возможности использования методики для выбора наиболее значимых объектов для контроля технического состояния при использовании автоматизированных систем диагностики и мониторинга.

Литература

1. Помогаев В.М. Концептуальная модель методологии прогнозного обслуживания сельскохозяйственных машин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 538-547. doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-54.
2. Дидманидзе О. Н., Дорохов А. С., Катаев Ю. В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. 2020. № 11(281). С. 39-43. doi: 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
3. Катаев Ю. В., Герасимов В. С., Тишанинов И. А. Использование систем бесконтактной диагностики при техническом обслуживании энергонасыщенной сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2022. № 2(147). С. 60-66. doi: 10.22314/2618-8287-2022-60-2-60-66.
4. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: аналитический обзор / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. Ф. Федоренко и др. М.: Росинформагротех, 2020. 76 с.
5. Кокорев Г.Д. Способ отбора рациональной совокупности объектов, подлежащих диагностированию // Вестник Рязанского государственного Агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2013. № 1 (17). С. 61-64.
6. Катаев Ю.В. Контроль технического состояния сельскохозяйственной техники // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 89-1. С. 82-84. doi: 10.18411/trnio-09-2022-22.
7. Continuous predictive-maintenance scheduling for a deteriorating system / A. Grall, L. Dieulle, C. Berenguer, M. Roussignol // IEEE Transactions on Reliability. 2002. Vol. 51. № 2. P. 141-150. doi: 10.1109/TR.2002.1011518.
8. Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists / H. Kumamoto et al. New York, NY: Wiley-IEEE Press, 1996. 597 p.
9. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. М.: ЛЕНАНД, 2016. 256 с.
10. Субочев С.В., Немцев А.Е., Коптева И.В. Влияние основных показателей надежности на эффективность зерноуборочных комбайнов // Вестник НГАУ. 2014. № 2(31). С. 157-164.

11. Комаров В.А., Курашкин М.И. Исследование работоспособности зерноуборочных комбайнов в гарантийный период // Инженерные технологии и системы. 2021. № 2. С. 188-206. doi: 10.15507/2658-4123.031.202102.188-206.
12. Исследование возникающих отказов между основными системами зерноуборочных комбайнов и времени их устранения / А. Т. Лебедев, Р. В. Павлюк, А. В. Захарин, П. А. Лебедев // Технический сервис машин. 2019. № 3(136). С. 33-39.
13. Бурак П.И., Голубев И.Г. Анализ наработки на отказ зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. 2022. № 5 (299). Р. 27-31. doi: 10.33267/2072-9642-2022-5-27-31.
14. Помогаев В.М. Мониторинг технического состояния сельскохозяйственных машин и качества выполнения технологических операций // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. № 2(50). С. 143-152.
15. A Systematic Literature Review of the Predictive Maintenance from Transportation Systems Aspect / O. Ö. Ersöz, A. F. Inal, A. K. Turker, S. Ersöz // Sustainability. 2022. № 14(21). Р. 14536. doi: 10.3390/su142114536.
16. Maktoubian J., Taskhiri M.S., Turner P. Intelligent predictive maintenance (IPdM) in forestry: a review of challenges and opportunities // Forests. 2021. № 12(11). Р. 1495. doi: 10.3390/f12111495.

Сведения об авторе:

Помогаев Виталий Михайлович – кандидат экономических наук, доцент кафедры технического сервиса, механики и электротехники, проректор по экономике и информатизации, e-mail: vm.pomogaev@omgau.org
Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия.

SELECTION OF OBJECTS FOR MONITORING TECHNICAL CONDITION OF SELF-PROPELLED AGRICULTURAL MACHINERY
V. M. Pomogaev

Abstract. Monitoring the technical condition of agricultural machinery, as a key element of maintenance and repair system, requires, in practice, identifying the structural components that should be prioritized for diagnostics. The purpose of this study is to develop and test a methodology for ranking the objects of condition monitoring of agricultural machinery based on a comprehensive indicator that takes into account a range of factors. This methodology utilizes a comprehensive approach, taking into account a range of factors, including the structural complexity of machines and technical, organizational and economic consequences of failures. An experiment was conducted to collect data on combine harvester failures during the 2024 spring wheat harvest in the fields of Omsk region. The observation included 31 combine harvesters of the following brands: NEW HOLLAND CX6090, KZS 1218 Polese, RSM-101 Vector 410, RSM-142 ACROS-550, RSM-142 ACROS-585, RSM-152 ACROS-595 PLUS. It was established that the greatest number of failures occurs in the header and pick-up (15.1%), the feeder chamber (13.4%) and the threshing mechanism (11.6%). At the same time, operational failures make up 54%, production failures – about 37% and design failures – 9%. According to the nature of manifestation, 76% are sudden, 5% are gradual and 19% are intermittent. According to the interrelationship, 71% of failures were classified as independent and 29% as dependent. It was found that the engine, chassis and electrical equipment account for approximately 60% of failures, but only 7 components, for which the average Pi value is 0.56, are subject to special monitoring. The reaping and threshing system accounts for 25% of failures, but the consequences are much more serious, and at least 10 components, with an average Pi value of 1.41, are subject to monitoring. The developed methodology can be applied as intelligent and digital technologies are increasingly used in maintenance and repair systems.

Key words: monitoring, technical condition, self-propelled agricultural machinery, maintenance and repair, failure.

References

1. Pomogaev VM. [Conceptual model of the methodology of predictive maintenance of agricultural machinery]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2023; 4 (72). 538-547 p. doi: 10.32786/2071-9485-2023-04-54.
2. Didmanidze ON, Dorokhov AS, Kataev YuV. [Trends in the development of digital technologies for diagnosing the technical condition of tractors]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2020; 11(281). 39-43 p. doi: 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
3. Kataev YuV, Gerasimov VS, Tishaninov IA. [Use of contactless diagnostic systems in the maintenance of energy-intensive agricultural machinery]. Tekhnicheskii servis mashin. 2022; 2(147). 60-66 p. doi: 10.22314/2618-8287-2022-60-2-60-66.
4. Golubev IG, Mishurov NP, Fedorenko VF. [Digital solutions in technical service of agricultural machinery: an analytical review]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2020; 76 p.
5. Kokorev GD. [Method for selecting a rational set of objects subject to diagnostics]. Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo Agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2013; 1 (17). 61-64 p.
6. Kataev YuV. [Monitoring the technical condition of agricultural machinery]. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2022; 89-1. 82-84 p. doi: 10.18411/trnio-09-2022-22.
7. Grall A, Dieulle L, Berenguer C, Roussignol M. Continuous-time predictive-maintenance scheduling for a deteriorating system. IEEE Transactions on Reliability. 2002; Vol.51. 2. 141-150 p. doi: 10.1109/TR.2002.1011518.
8. Kumamoto H. Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists. New York, NY: Wiley-IEEE Press. 1996; 597 p.
9. Viktorova VS, Stepanyants AS. Modeli i metody rascheta nadezhnosti tekhnicheskikh sistem. [Models and methods for calculating the reliability of technical systems]. Moscow: LENAND. 2016; 256 p.
10. Subochev SV, Nemtsev AE, Kopteva IV. [Influence of the main reliability indicators on the efficiency of grain harvesters]. Vestnik NGAU. 2014; 2(31). 157-164 p.
11. Komarov VA, Kurashkin MI. [Study of grain harvesters performance during the warranty period]. Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2021; 2. 188-206 p. doi: 10.15507/2658-4123.031.202102.188-206.
12. Lebedev AT, Pavlyuk RV, Zakharin AV, Lebedev PA. [Study of emerging failures between the main systems of grain combine harvesters and the time of their elimination]. Tekhnicheskii servis mashin. 2019; 3(136). 33-39 p.
13. Burak PI, Golubev IG. [Analysis of the mean time between failures of grain and forage harvesters]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022; 5 (299). 27-31 p. doi: 10.33267/2072-9642-2022-5-27-31.
14. Pomogaev VM. [Monitoring the technical condition of agricultural machinery and the quality of technological operations]. Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 2(50). 143-152 p.
15. Ersoz OO, Inal AF, Turker AK, Ersoz S. A systematic literature review of the predictive maintenance from transportation systems aspect. Sustainability. 2022; 14(21). 14536 p. doi: 10.3390/su142114536.
16. Maktoubian J, Taskhiri MS, Turner P. Intelligent predictive maintenance (IPdM) in forestry: a review of challenges and opportunities. Forests. 2021; 12(11). 1495 p. doi: 10.3390/f12111495.

Author:

Pomogaev Vitaliy Mikhailovich – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of Technical Service, Mechanics and Electrical Engineering Department, Vice-Rector for Economics and Informatization, e-mail: vm.pomogaev@omgau.org
Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia.