

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>

Оптимизация диагностирования узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М с помощью программы ЭВМ на языке программирования Python

Д.А. Москвичев

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия

moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>

Аннотация. Необходимость эффективного технического обслуживания и своевременного ремонта тракторов обуславливает важность разработки программ ЭВМ для диагностики и выявления неисправностей основных узлов и агрегатов. Работа проведена с целью разработки ПО на языке программирования Python, позволяющей проводить диагностику узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М для их своевременного технического обслуживания, повышения эффективности эксплуатации и снижения времени простоя. При разработке программы для диагностики узлов и агрегатов тракторов применили метод экспертных оценок, который интегрировали в интерфейс программы, созданный с использованием библиотеки Tkinter. Приняли допущения о применении программы на тракторах, оборудованных CAN-шинами, и совместимости протоколов обмена диагностическими данными, об осуществлении диагностики персоналом, имеющим опыт работы с программой, и возможном варьировании условий эксплуатации техники. Алгоритм работы программы учитывает информацию о тракторе (модель, год выпуска, пробег и т.д.) и получение рекомендаций по диагностике с использованием метода экспертных оценок. Апробацию разработанного ПО провели в компании ООО «Экспедешен Компани», в которой для диагностики узлов и агрегатов тракторов модели Кировец К-742М используют программное обеспечение Case IH Service Advisor. В результате сравнения полученных данных подтвердили гипотезу об эффективности разработанного ПО: скорость диагностирования программы ЭВМ Python на 5% выше и точнее по сравнению с иностранным ПО; программа позволяет своевременно выявлять неисправности и предоставляет четкие рекомендации по их устранению, что позволяет снизить время простоя техники и повысить ее надежность. Дальнейшее расширение программы, добавление узлов, симптомов и рекомендаций и регулярная диагностика тракторов позволят повысить надежность их эксплуатации на 30%, предотвратить серьезные поломки и поддерживать технику в исправном состоянии.

Ключевые слова: диагностика тракторов; Кировец К-742М; Python; техническое обслуживание; пользовательский интерфейс; алгоритм; метод экспертных оценок; неисправности

Для цитирования: Москвичев Д.А. Оптимизация диагностирования узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М с помощью программы ЭВМ на языке программирования Python // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 4. С. 54-60. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>

ORIGINAL ARTICLE

Optimization of diagnostics of units and assemblies of Kirovets K-742M tractors using software in the Python programming language

D.A. Moskvichev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia

moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>

Abstract. The need for efficient maintenance and timely repair of tractors determines the importance of developing software for diagnostics and detection of faults in the main units and assemblies. The study aimed to develop software in the Python programming language to diagnose units and assemblies of Kirovets K-742M tractors for their timely maintenance, increased operating efficiency and reduced downtime. When developing the software, the author used the expert assessment method integrated into the program interface created using the Tkinter library. Assumptions were made about the software use on tractors equipped with CAN buses and the compatibility of diagnostic data exchange protocols; diagnostics by personnel experienced in using the considered software, and possible variations in the operating conditions of the equipment. The program algorithm takes into account information about the tractor (model, year of manufacture, mileage, etc.) and possible recommendations for diagnostics using the expert

assessment method. The developed software was tested at Expedition Company LLC, which uses Case IH Service Advisor software to diagnose units and assemblies of Kirovets K-742M tractors. Having compared the obtained data, the author confirmed the hypothesis about the effectiveness of the developed software: diagnosing with the Phyton software is 5% faster and more accurate as compared to foreign software. The software also ensures timely detection of faults and provides clear recommendations for their elimination, which reduces equipment downtime and increases its reliability. Further expansion of the software, adding units, symptoms and recommendations, and regular diagnostics of tractors will increase its reliability by 30%, prevent serious breakdowns and maintain equipment in good condition.

Keywords: tractor diagnostics; Kirovets K-742M; Python; maintenance; user interface; algorithm; expert assessment method; faults

For citation: Moskvichev D.A. Optimization of diagnostics of units and assemblies of Kirovets K-742M tractors using software in the Python programming language. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(4):54-60 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>

Введение

При диагностике современных тракторов, выполняющих агрономические задачи, требуется разработка программного обеспечения (ПО) [1]. На международной арене существует несколько программ – таких, как John Deere Repair Guide, Case IH Service Advisor и New Holland Electronic Toolbox, которые обеспечивают пользователям доступ к информации о техническом состоянии тракторов, предоставляют алгоритмы диагностики и рекомендации по ремонту основных узлов и агрегатов техники: двигателя, трансмиссии, гидравлической системы и т.д. [2]. Однако импортное ПО, например, Case IH Service Advisor, отличается высокой стоимостью доступа для российских пользователей, не учитывает специфику отечественной техники и условий эксплуатации в России и странах СНГ, имеет ограниченные возможности интеграции с другими системами мониторинга и предиктивного обслуживания, сложный пользовательский интерфейс, недостаточную скорость диагностики и точность.

Значительная цена доступа к импортным программным продуктам, а также потребность в лицензировании и сопровождении формируют дополнительное препятствие для обычных пользователей и небольших фермерских хозяйств. Это обуславливает важность создания отечественного программного обеспечения, доступного для обширного круга пользователей и учитывающего специфические условия эксплуатации тракторов на территории России и государств СНГ.

Можно ожидать, что приложение, разработанное с использованием языка программирования Python, будет иметь ряд достоинств включая простоту применения, высокую читаемость кода и широкий функционал. Python, являясь одним из наиболее востребованных языков программирования, предоставляет множество библиотек графических интерфейсов (таких, как Tkinter), что позволяет создать интуитивно понятное и удобное ПО для диагностики узлов и агрегатов тракторов [3].

Разработка отечественного софта на языке Python позволит повысить надежность и эффективность технического обслуживания тракторов, обеспечить доступ к необходимой информации и адаптацию к специфическим требованиям аграрного сектора, что в конечном итоге поддержит развитие сельского хозяйства в России [4].

Цель исследований: разработка и описание программы на языке программирования Python, позволяющей проводить диагностику узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М, для своевременного технического обслуживания, повышения эффективности эксплуатации техники и снижения времени простоя, что будет оцениваться показателями точности диагностики и скорости выявления неисправностей.

Материалы и методы

Программа диагностики узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М базируется на современных подходах к разработке программного обеспечения, соответствующих действующим отечественным и зарубежным стандартам, связанным с технической диагностикой и агрономическим оборудованием¹.

Основными деталями и модулями трактора Кировец К-742М, подлежащими обследованию, являются двигатель, трансмиссия, гидравлическая система, электрическая система, шасси [5], а также показатели, применяемые для определения их состояния. Оценить состояние элементов трактора можно с помощью метода экспертных оценок, метода анализа причин и последствий (FMEA) и метода машинного обучения [6]. В работе применили метод экспертных оценок – эффективный инструмент для выявления неисправностей трактора, особенно в случаях сложных систем,

¹ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии (ИТ). Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQaRE). Модели качества систем и программных продуктов.

когда традиционные подходы к диагностике могут оказаться недостаточно результативными². На основе анализа частых неисправностей эксперты могут предложить рекомендации по профилактическому обслуживанию и улучшению эксплуатации тракторов [7, 8]. Использование метода экспертных оценок в диагностике неисправностей тракторов позволяет повысить точность диагностики, сократить время на ремонт и улучшить общую надежность техники [9].

В процессе проектирования программы нами приняты следующие допущения и ограничения:

1. Программное обеспечение предназначено для работы только с тракторами, оборудованными CAN-шинами и совместимыми с протоколами обмена диагностическими данными.

2. Для получения точных результатов диагностики требуется квалифицированный персонал, имеющий опыт работы с программой и ее функциональными возможностями.

3. Результаты диагностики могут варьироваться в зависимости от состояния узлов и агрегатов, фактора времени и условий эксплуатации техники.

Разработанное с помощью языка программирования Python ПО предоставит пользователям более доступный, локализованный и эффективный инструмент для диагностики и обслуживания тракторов Кировец К-742М, адаптированный к специфике эксплуатации в аграрной отрасли России и СНГ.

Основные этапы разработки программы: разработка интерфейса для пользователя, внедрение алгоритмов диагностики, обработка и исследование информации, написание программного кода для реализации алгоритма диагностики на языке программирования Python [10]. Эмпирическая модель программы ЭВМ представлена в виде блок-схемы на рисунке 1.

Алгоритм работы программы включает в себя следующие операции:

- инициализация системы: загрузка необходимых библиотек, подключение к базе данных с данными о тракторах и их неисправностях;
- вывод меню для пользователя: ввод информации о тракторе, получение рекомендаций по диагностике, выход из программы;
- если пользователь выбрал ввод информации о тракторе, – запрос данных о тракторе (модель, год выпуска, пробег и т.д.), сохранение информации в базе данных, возврат к меню;
- если пользователь выбрал получение рекомендаций по диагностике, – запрос данных о симптомах неисправности с использованием метода экспертных

оценок для анализа симптомов, выведение возможных неисправностей и рекомендации по их устранению, возврат к меню [11];

– если пользователь выбрал выход из программы, – завершение работы программы [12].

При оценке характеристик диагностических параметров тракторов (давление масла, температура, уровень жидкости, состояние частоты вращения и др.) устанавливаются предельные значения согласно ГОСТ 20793-2023:

– «ОК» – если измеренное значение находится в пределах допустимого диапазона (например, давление масла – 0,5...5 атм);

– «FAIL» – если значение выше или ниже установленных пределов.

Каждому агрегату трактора (двигатель, трансмиссия и т.д.) соответствует полное описание состояния узлов и агрегатов:

– «Нормальное состояние» – соответствует критериям «ОК»;

– «Аномальное состояние» – свидетельствует о наличии неисправностей и фиксируется как «FAIL».

– «Нарушение» – отклонение от допустимых значений, классифицируемое как «FAIL».

– «Устойчивое состояние» – значение в пределах нормы, что будет считаться за «ОК».

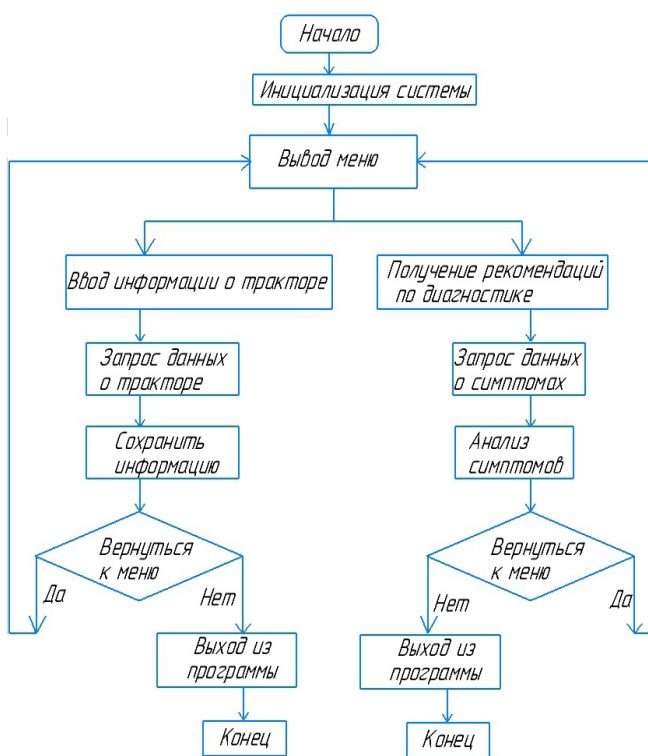


Рис. 1. Блок-схема работы программы ЭВМ по диагностированию узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М

Fig. 1. Block diagram of the software for diagnosing units and assemblies of Kirovets K-742M tractors

² ГОСТ 20793-2023. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание.

В некоторых случаях применяется экспертная оценка по числовым значениям и характерным признакам (шумы, вибрации). Например, если трактор издает необычные звуки, это соответствует категории «Нарушение» и фиксируется как «FAIL» [13, 14].

Весь процесс диагностики подлежит документации с использованием установленных форм и образцов, указанных в ГОСТ 20793-2023, для обеспечения прозрачности и воспроизводимости диагностики.

Результаты и их обсуждение

В рамках разработки программы для диагностики узлов и агрегатов тракторов применен метод экспертных оценок. Этот метод интегрировали в интерфейс программы, созданный с использованием библиотеки Tkinter, что значительно повысило его функциональность и удобство для пользователей. При вводе симптома, связанного со странными звуками, программа может запросить экспертное мнение о вероятных причинах и предложить список возможных неисправностей. Метод экспертных оценок позволил выявлять неисправности и оценивать их серьезность, а также способствовал созданию базы данных о типичных неисправностях и об их признаках. Простой интерфейс позволяет пользователю выбирать узлы трактора и вводить симптомы неисправностей, на основе которых будет отображаться диагностика.

Элементы интерфейса: метка для выбора узла трактора, выпадающий список для выбора узла, поле ввода для симптомов, кнопка для запуска диагностики, метка для отображения результата. Также имеется возможность использования обратной связи.

Обязательным условием для корректного функционирования программы является наличие в диагностируемых узлах и агрегатах CAN-шин, обеспечивающих обмен данными по установленным протоколам [15]. Для связи программы с CAN-шиной применяется специальный интерфейс, который может быть внешним устройством (например, USB-CAN адаптером), позволяющим компьютеру или планшету выполнять обмен данными с трактором. Этот адаптер преобразует сигналы с CAN-шины в формат, совместимый с программным обеспечением, и подключается к диагностическому разъему трактора, что позволяет программе считывать данные о состоянии двигателя, трансмиссии и других компонентов. После подключения и настройки пользователь может запустить программу на своем устройстве (например, на ноутбуке или планшете) и начать диагностику.

Для реализации программы по диагностированию узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М на языке Python создали консольную программу, которая будет принимать информацию о состоянии

различных узлов и агрегатов и выдавать рекомендации по диагностике. Фрагмент кода программы ЭВМ представлен на рисунке 2. Программа предоставляет базовую функциональность для диагностики узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М.

После завершения разработки программы проведено тестирование для оценки ее работоспособности. Тестирование включало в себя проверку корректности работы алгоритмов, оценку удобства пользовательского интерфейса, анализ времени выполнения операций.

Апробацию разработанной программы осуществили в компании ООО «Экспедешен Компани», в которой для диагностики узлов и агрегатов тракторов модели Кировец К-742М используют программное обеспечение Case IH Service Advisor.

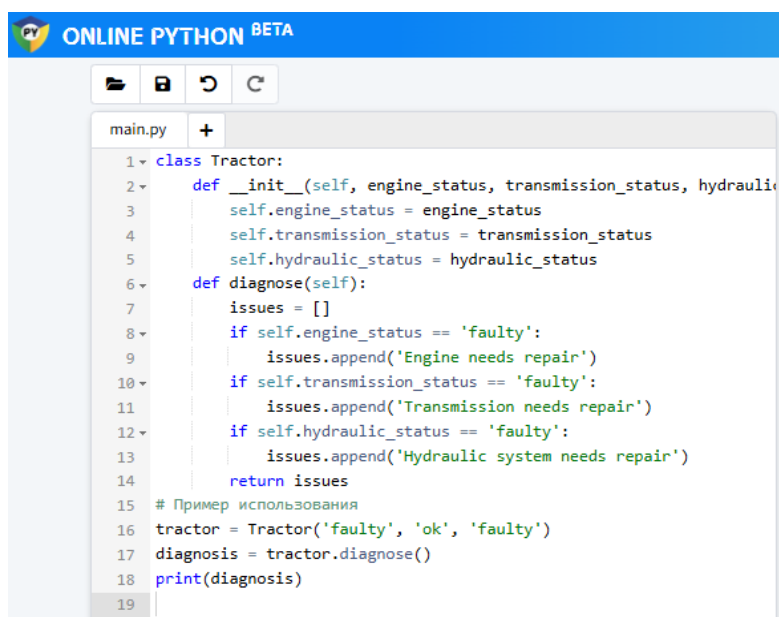
Для создания приложения по выявлению неисправностей деталей и модулей трактора Кировец К-742М на языке Python применили архитектуру, содержащую проверку двигателя, трансмиссии, гидравлики и т.д.

Фрагмент использования программы ЭВМ по диагностированию узлов и агрегатов трактора Кировец К-742М на языке программирования Python представлен на рисунке 3.

Для уточнения результатов 4-кратно проводили каждый тест узлов и агрегатов трактора Кировец К-742М. Результаты тестирования программы ЭВМ на Python и Case IH Service Advisor на базе трактора Кировец К-742М представлены в таблице. Значение «ОК» характеризует исправное функционирование; «FAIL» означает, что выявлены проблемы и требуется ремонт.

Скорость диагностирования программы ЭВМ Python на 5% выше и точнее по сравнению с иностранным ПО. Программа ЭВМ на Python в отличие от Case IH Service Advisor позволила выявить проблемы с трансмиссией и необходимость ее проверки и возможного ремонта. На этапе тестирования программа показала высокую эффективность в диагностике узлов и агрегатов тракторов. Пользователи отметили, что программа позволяет своевременно выявлять неисправности и предоставляет четкие рекомендации по их устранению. Это позволяет значительно снизить время простоя техники, который может достигать 10...20% рабочего времени в зависимости от условий эксплуатации.

Полученные результаты подтвердили гипотезу об эффективности разработанного ПО. Расширение программы, добавление узлов, симптомов и рекомендаций и регулярная диагностика тракторов позволят повысить надежность их эксплуатации на 30%, предотвратить серьезные поломки и поддерживать технику в исправном состоянии.



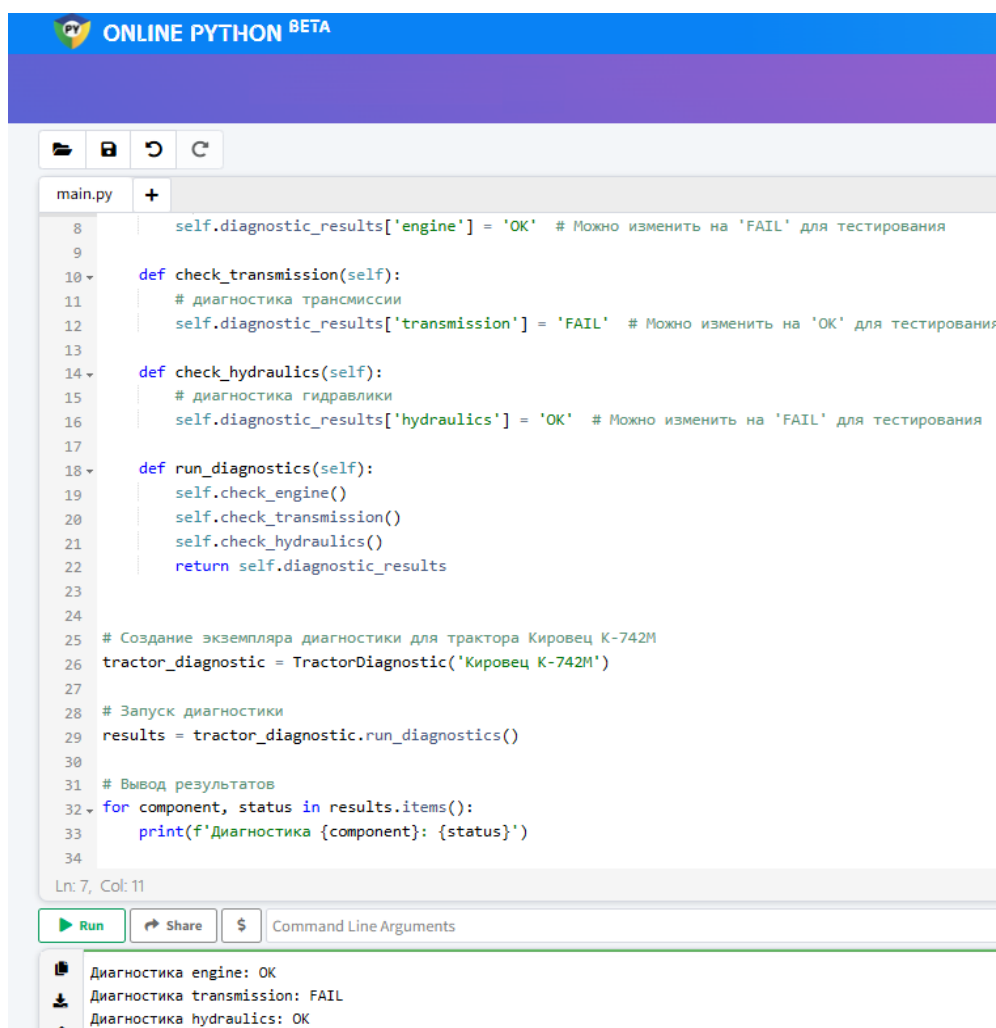
```

1 class Tractor:
2     def __init__(self, engine_status, transmission_status, hydraulic_status):
3         self.engine_status = engine_status
4         self.transmission_status = transmission_status
5         self.hydraulic_status = hydraulic_status
6     def diagnose(self):
7         issues = []
8         if self.engine_status == 'faulty':
9             issues.append('Engine needs repair')
10        if self.transmission_status == 'faulty':
11            issues.append('Transmission needs repair')
12        if self.hydraulic_status == 'faulty':
13            issues.append('Hydraulic system needs repair')
14        return issues
15    # Пример использования
16    tractor = Tractor('faulty', 'ok', 'faulty')
17    diagnosis = tractor.diagnose()
18    print(diagnosis)
19

```

Рис. 2. Фрагмент кода программы ЭВМ по диагностированию узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М на языке Python

Fig. 2. Fragment of the software code for diagnosing units and assemblies of Kirovets K-742M tractors in Python



```

8         self.diagnostic_results['engine'] = 'OK' # Можно изменить на 'FAIL' для тестирования
9
10    def check_transmission(self):
11        # диагностика трансмиссии
12        self.diagnostic_results['transmission'] = 'FAIL' # Можно изменить на 'OK' для тестирования
13
14    def check_hydraulics(self):
15        # диагностика гидравлики
16        self.diagnostic_results['hydraulics'] = 'OK' # Можно изменить на 'FAIL' для тестирования
17
18    def run_diagnostics(self):
19        self.check_engine()
20        self.check_transmission()
21        self.check_hydraulics()
22        return self.diagnostic_results
23
24
25    # Создание экземпляра диагностики для трактора Кировец К-742М
26    tractor_diagnostic = TractorDiagnostic('Кировец К-742М')
27
28    # Запуск диагностики
29    results = tractor_diagnostic.run_diagnostics()
30
31    # Вывод результатов
32    for component, status in results.items():
33        print(f'Диагностика {component}: {status}')
34

```

Ln: 7, Col: 11

Run Share Command Line Arguments

Диагностика engine: OK
Диагностика transmission: FAIL
Диагностика hydraulics: OK

Рис. 3. Фрагмент использования программы ЭВМ по диагностированию узлов и агрегатов трактора Кировец К-742М

Fig. 3. Fragment of using the software for diagnosing units and assemblies of a Kirovets K-742M tractor

Результаты диагностики трактора Кировец К-742М
с помощью разработанной программы
и Case IH Service Advisor

Table
Diagnostics results for the Kirovets K-742M tractor using
the developed software and Case IH Service Advisor

№ теста <i>Test No.</i>	Диагностика двигателя <i>Engine diagnostics</i>	Диагностика трансмиссии <i>Drive line diagnostics</i>	Диагностика гидравлики <i>Hydraulic diagnostics</i>
Программа ЭВМ на Python / <i>Software in Python</i>			
Тест 1	OK	FAIL	OK
Тест 2	OK	FAIL	OK
Тест 3	OK	FAIL	OK
Тест 4	OK	FAIL	OK
Case IH Service Advisor/ <i>Case IH Service Advisor</i>			
Тест 1	OK	OK	OK
Тест 2	OK	OK	OK
Тест 3	OK	FAIL	OK
Тест 4	OK	FAIL	OK

Список источников

1. Российская Федерация. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей»: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024683359 / Д.А. Москвичев, А.С. Гузалов, А.В. Евграфов, Д.А. Филимонов. № 2024682911; заявл. 02.10.2024; опубл. 14.10.2024. EDN: AKVBAS

2. Москвичев Д.А., Хакимов Р.Т. Особенности разработки компьютерной программы для систем управления тракторами сельскохозяйственного назначения на основе искусственного интеллекта // АгроЭкоИнженерия. 2024. № 4 (121). С. 29-37. EDN: OAPAPS

3. Митягин Г.Е., Москвичев Д.А., Пильщиков В.Л. Разработка программного обеспечения для организации технического обслуживания и ремонта автомобилей на автотранспортном предприятии // Международный технический журнал. 2024. № 5(93). С. 7-15. EDN: JNLSJN

4. Ахтаров Д.Н., Шорохов П.Н. Современные системы бортовой диагностики тракторов и автомобилей // Устойчивое научно-техническое развитие агропромышленного комплекса РФ: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, г. Екатеринбург, 30 октября 2023 г. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. С. 371-374. EDN: AFVOUG

5. Квашин В.П., Кузьмин Д.Е., Тухбатулин И.Р. и др. Некоторые пути поддержания тракторов и автомобилей в работоспособном состоянии // Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии АПК: Сборник материалов III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, г. Омск, 10 февраля 2022 г. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. С. 287-290. EDN: BRVLTX

Выводы

1. Разработанная программа для диагностики узлов и агрегатов тракторов на языке программирования Python позволяет диагностировать и своевременно выявлять неисправности основных узлов тракторов – таких, как двигатель, трансмиссия, гидравлическая система и электрическая система.

2. Тестирование показало, что программа определяет неисправности с высокой точностью и скоростью (в среднем – менее 5 мин). Скорость диагностирования программы ЭВМ Python на 5% выше и точнее, чем Case IH Service Advisor. В ходе испытаний пользователи отреагировали положительно, отметив, что программа предоставляет четкие и практические рекомендации по устранению выявленных неисправностей. Наладка интеграции с системами мониторинга и предиктивного обслуживания может повысить надежность эксплуатации тракторов на 30% и выше и уменьшить затраты на техническое обслуживание. Разработанная программа ЭВМ применима для отечественных и зарубежных тракторов.

3. Подтверждена гипотеза об эффективности отечественного ПО, разработанного с использованием языка программирования Python. Ее применение в агрономической практике станет важным инструментом в повышении эффективности работы техники и улучшении качества сервиса в сельском хозяйстве.

References

1. Certificate of state registration of software No. 2024683359 Russian Federation. “Maintenance and Repair of Vehicles”: No. 2024682911: applied on October 02, 2024: issued on October 14, 2024. D.A. Moskvichev, A.S. Guzalov, A.V. Evgrafov, D.A. Filimonov; applicant – Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. (In Russ.)

2. Moskvichev D.A., Khakimov R.T. Specific aspects of designing ai-based computer programs for control systems of agricultural tractors. *Agroekoinzhineriya*. 2024;4:29-37. (In Russ.)

3. Mityagin G.E., Moskvichev D.A., Pilshchikov V.L. Software development for organizing vehicle maintenance and repair at a motor transport enterprise. *International Technical Journal*. 2024;5:7-15. (In Russ.)

4. Akhtarov D.N., Shorokhov P.N. Modern systems of on-board diagnostics of tractors and cars. *Ustoychivoe nauchno-tekhnicheskoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa RF*: Proceedings of the All-Russian student scientific and practical conference, Yekaterinburg, October 30, 2023. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2023. Pp. 371-374. (In Russ.)

5. Kvashin V.P., Kuzmin D.E., Tukhbatulin I.R. et al. Some ways to keep tractors and cars in working condition. *Rol nauchno-issledovatel'skoy raboty obuchayushchikhsya v razvitiі APK*: Proceedings of the III All-Russian (National) scientific and practical conference, Omsk, February 10, 2022. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypina, 2022. Pp. 287-290. (In Russ.)

6. Kolesnikov N.P., Zolototrubov V.V., Vtorov V.S. Diagnostics of John Deere tractors using the service advisor software package

6. Колесников Н.П., Золототрубов В.В., Второв В.С. Диагностика тракторов John Deere с помощью программного комплекса Service Advisor на примере проверки относительной компрессии // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции, г. Воронеж, 31 января 2025 г. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2025. С. 23-27. EDN: INDJYD

7. Союнов А.С., Демчук Е.В., Прокопов С.П. и др. Разработка прототипа прибора для экосистемы мониторинга и диагностики тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2025. № 1 (40). EDN: TNUFKI

8. Тарасенко В.Е., Ролич О.Ч., Якубович О.А., Козлов А.В. Алгоритмы обработки сигналов при комплексном диагностировании автотракторных двигателей многоканальной интегрированной системой // Труды НАМИ. 2021. № 1 (284). С. 6-15. <https://doi.org/10.51187/0135-3152-2021-1-6-15>

9. Табаков П.А., Агафонов А.В., Табаков В.П. и др. Уровень ремонтпригодности трактора МТЗ // The Scientific Heritage. 2021. № 68-1 (68). С. 58-62. EDN: RHWWTW

10. Хабардин В.Н. Определение технико-экономических показателей технического обслуживания машин при их односезонном использовании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 183-187. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-91-5-183-187>

11. Инсафуддинов С.З., Веледов М.И., Абдразаков Ф.Г. Метод и технология непрерывной предиктивной диагностики автотракторных и комбайновых двигателей // Агротехника и энергообеспечение. 2024. № 4 (45). С. 93-101. EDN: PTRSJB

12. Кузнецова Э.В., Успенский И.А., Юхин И.А. и др. Совершенствование диагностирования тракторов агропромышленного комплекса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2025. Т. 17, № 1. С. 135-142. EDN: EMAAYO

13. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019;6(3):5289-5292. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2592821>

14. Kumar S., Pranav P.K., Pal A. Effect of hitch distance on haulage performance for 2WD tractors: A theoretical analysis. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2020;18(2): e0203. EDN: XSQAIR

15. Selivanov N.I., Kuznetsov A.V., Averjanov V.V. et al. Wheeled tractors adaptation to zonal tillage technologies. JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 42066. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042066>

using the relative compression test example. *Trends in the development of technical means and technologies in the agro-industrial complex*: Proceedings of the International scientific and practical conference, Voronezh, January 31, 2025. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2025. Pp. 23-27. (In Russ.)

7. Soyunov A.S., Demchuk E.V., Prokopov S.P. et al. Development of a prototype device for the ecosystem of monitoring and diagnostics of tractors and self-propelled agricultural machinery. *Elektronniy nauchno-metodicheskiy zhurnal Omskogo GAU*. 2025;1(40). (In Russ.)

8. Tarasenko V.E., Rolich O.Ch., Yakubovich O.A., Kozlov A.V. Signal processing algorithms for multichannel integrated engines complex diagnostics for automobiles and tractors. *Trudy NAMU*. 2021;(1):6-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.51187/0135-3152-2021-1-6-15>

9. Tabakov P.A., Agafonov A.V., Tabakov V.P. et al. Level of repairability of the MTZ tractor. *The Scientific Heritage*. 2021;68-1:58-62. (In Russ.)

10. Khabardin V.N. Determination of technical and economic indicators of maintenance of machines during their single-season use. *Izvestiya orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;3:183-187. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-91-5-183-187>

11. Insafuddinov S.Z., Veledov M.I., Abdrazakov F.G. Method and technology of continuous predictive diagnostics of automotive tractor and combine engines. *Agrotehnika i energoobespechenie*. 2024;4:93-101. (In Russ.)

12. Kuznetsova E.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Gorokhov A.A. Improving the diagnostics of tractors of the agro-industrial complex. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2025;17(1):135-142. (In Russ.)

13. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019;6(3):5289-5292. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2592821>

14. Kumar S., Pranav P.K., Pal A. Effect of hitch distance on haulage performance for 2WD tractors: A theoretical analysis. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2020;18(2): e0203.

15. Selivanov N.I., Kuznetsov A.V., Averjanov V.V. et al. Wheeled tractors adaptation to zonal tillage technologies. JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 42066. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042066>

Информация об авторах

Дмитрий Александрович Москвичев, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; SPIN-код: 3787-0273, AuthorID: 964662; moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>

Author Information

Dmitry A. Moskvichev, Csc (Eng), Senior Lecturer, Department of Tractors and Automobiles, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., moskvichev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-7082-4876>

Статья поступила 03.04.2025, после рецензирования и доработки 20.06.2025; принята к публикации 23.06.2025

Received 03.04.2025; Revised 20.06.2025; Accepted 23.06.2025