

RUSSIAN HANDWRITING RECOGNITION BASED ON DEEP LEARNING

J.H. LIU, S. XIONG, Z.F. DANG, J. MA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Received April 3, 2025

Abstract. This paper presents a deep learning-based algorithm for Russian handwriting recognition. The algorithm combines the improved VGG network feature extraction capability and LSTM temporal modeling capability and introduces data enhancement and optimizer tuning strategies. Experimental results show that the algorithm provides significant improvement in recognition accuracy and training efficiency compared with existing methods.

Keywords: Russian handwriting recognition, deep learning, VGG network, LSTM network, data enhancement.

Introduction

Russian handwriting recognition is of great value in the field of information processing. With the increasing communication between China and Russia, the demand for automatic Russian handwriting recognition systems is growing. However, due to the complexity of the Russian Cyrillic alphabet and the diversity of writing styles, existing recognition systems are still deficient in terms of accuracy and speed.

In recent years, deep learning techniques have made significant progress in the field of text recognition [1]. However, there are relatively few specialized studies on Russian handwriting [2]. In this paper, based on the EasyOCR framework [3], the original model structure is optimized, and the system performance is significantly improved by introducing data enhancement strategies and optimizer parameter tuning [4].

Model Structure and Parameter Tuning

The model used in this paper is based on the EasyOCR framework, which combines LSTM (Long Short-Term Memory Network), VGG (Visual Geometry Group) Convolutional Neural Network, and CTC (Connectionist Temporal Classification) Loss Function. EasyOCR is an open-source optical character recognition framework that supports recognition of multiple languages. The original model was improved by adding data enhancement and optimizer settings and parameter filtering to increase recognition accuracy. The EasyOCR framework is shown in Figure 6.

VGG is a classical convolutional neural network architecture with powerful feature extraction capability. In this paper, VGG is used to extract features from handwritten body images to provide high-quality input for subsequent recognition.

LSTM is a special type of recurrent neural network (RNN) that can effectively handle long-term dependencies in sequence data [5]. In handwriting recognition, LSTM can capture the contextual information in the character sequence to improve the recognition accuracy [6].

CTC is a loss function for sequence annotation tasks, especially suitable for character sequence annotation in handwriting recognition. With the CTC loss function, the model can directly predict character sequences without pre-segmenting the input image.

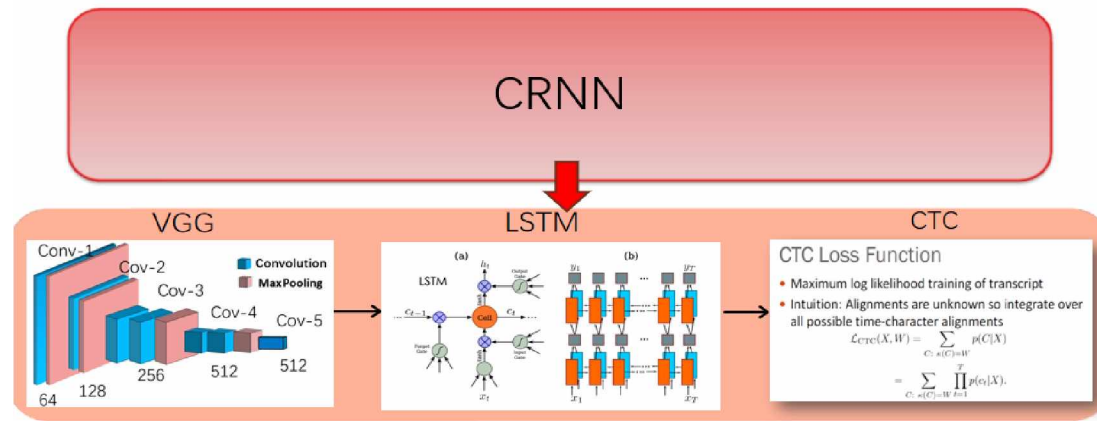


Figure 6. EasyOCR Framework

Parameter Tuning

In order to further optimize the model performance, we adjusted the parameters of the model. The specific adjustments are as follows:

Data Enhancement: By adding data enhancement techniques such as rotation, scaling, and distortion, the diversity of the training dataset is expanded, and the generalization ability of the model is improved.

Optimizer settings: The Adam optimizer is used and parameters such as learning rate and momentum are adjusted to accelerate the convergence speed of the model.

Parameter filtering: Unnecessary parameters in the model are filtered out by regularization techniques to reduce the risk of overfitting.

Experimental results and comparative analysis

The experiment used the Cyrillic handwriting dataset, which contains many images of Russian handwriting, covering a wide range of writing styles and fonts.

The experiments were conducted in the following environment: PyTorch, CUDA 12, Python 3.

The original algorithm (blue and red lines) drops rapidly in training loss, but the validation loss stabilizes or even rises slightly after an initial drop, indicating possible overfitting.

The new algorithm (green and purple lines) shows a steadier decline in both training and validation losses, and the final loss values are lower than those of the original algorithm, showing better generalization. The comparison of training and validation losses is shown in Table 1.

Table 1. Comparison of training and validation losses

Iterations	Original algorithm train loss	Original algorithm valid loss	My algorithm train loss	My algorithm valid loss
10000	0,1	1,5	0,25	0,9
20000	0,05	1,8	0,1	1,0
30000	0,05	2,1	0,05	1,2
40000	0,05	2,2	0,05	1,3
50000	0,05	2,2	0,05	1,4

The accuracy of the original algorithm rose rapidly in the early stages but then grew slowly and eventually stabilized at about 30 %.

The accuracy of the new algorithm continues to rise throughout the training process, eventually reaching about 42 %, showing better learning ability and higher accuracy. A comparison of the training accuracies is shown in The total training time of the original algorithm grows linearly with the number of iterations, eventually reaching about 6000 seconds.

The total training time of the new algorithm grows at a slower rate, eventually totaling about 5000 seconds, showing greater time efficiency throughout the training process. Comparison of total training time is shown in Table 3.

Loss: The new algorithm performs better on both training and validation loss, showing better generalization and lower error.

Accuracy: The new algorithm is more accurate, showing that it learns better on the training data.

Training time: The new algorithm shows higher efficiency in both per 2000 iterations and total training time, although the difference is not significant, it may have a significant advantage in large-scale training.

Overall performance: The new algorithm outperforms the original algorithm in terms of loss, accuracy, and training time, showing improvements in model optimization and training efficiency.

Table 2.

The total training time of the original algorithm grows linearly with the number of iterations, eventually reaching about 6000 seconds.

The total training time of the new algorithm grows at a slower rate, eventually totaling about 5000 seconds, showing greater time efficiency throughout the training process. Comparison of total training time is shown in Table 3.

Loss: The new algorithm performs better on both training and validation loss, showing better generalization and lower error.

Accuracy: The new algorithm is more accurate, showing that it learns better on the training data.

Training time: The new algorithm shows higher efficiency in both per 2000 iterations and total training time, although the difference is not significant, it may have a significant advantage in large-scale training.

Overall performance: The new algorithm outperforms the original algorithm in terms of loss, accuracy, and training time, showing improvements in model optimization and training efficiency.

Table 2. Training accuracy comparison

Iterations	Original algorithm accuracy	Our algorithm accuracy
10000	25 %	32 %
20000	25 %	35 %
30000	27 %	36 %
40000	27 %	36 %
50000	30 %	42 %

Table 3. Comparison of total training time

Iterations number	Original algorithm total time, s	My algorithm total time, s
50000	6000	5000

Conclusion

In this paper, the accuracy and speed of Russian handwriting recognition are significantly improved by optimizing the model structure and parameter adjustment. Experimental results show that the improved model outperforms the original algorithm in terms of training time and total training time, demonstrating higher efficiency and better performance. Future work will explore deeper network structures to further improve performance, investigate more efficient feature extraction methods, and apply the model to handwriting recognition in other languages, as well as explore deployment and optimization on mobile devices.

References

1. A. B. Ivanov. // Pattern Recognition and Image Analysis. 2023.
2. E. V. Petrova., D. A. Snimov. // Journal of Pattern Recognition. 2022.
3. M. I. Kuznetsov. // Journal of Computer Science. 2021.
4. R. A. Johnson., J. B. Smith. // International Conference on Pattern Recognition. 2020. P. 456–478.
5. L. N. Petrov. // Journal of Artificial Intelligence. 2023. P. 789–812.
6. K. L. Brown. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2022. P. 901–923.

ЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБЩЕГО УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Е.А. СЕМЕНЧЕНКО, В.В. КОСТРИЦКИЙ, Р.П. БОГУШ

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой

Поступила в редакцию 31 марта 2025

Аннотация. В данной статье рассмотрены особенности создания электронного средства обучения (ЭСО) «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» для изучения студентами устройства и диагностирования технического состояния автомобиля. Представлена разработанная функциональная схема ЭСО и программная реализация на ее основе ЭСО. Описаны особенности использования, примеры работы модулей ЭСО, представлена общая структура отчета, формируемого по результатам изучения материала студентами.

Ключевые слова: инженер-механик, интерактивное образование, симулятор.

Введение

Высшее образование в Республике Беларусь постепенно переходит в инновационный режим развития, в котором необходимо учитывать мировые нормы и стандарты образовательных систем [1]. Такая тенденция затрагивает все направления, включая подготовку инженерно-технических работников. Одним из эффективных способов приобретения первоначальных знаний и навыков при подготовке инженеров-механиков, осуществляющих обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, в рамках данного направления является применение электронных средств обучения (ЭСО), поскольку электронные средства обучения превосходят по наглядности, возможностям поиска и навигации традиционные средства [2].

Целью представленной работы является разработка ЭСО, позволяющего внедрить дидактический метод активного обучения в образовательный процесс для повышения качества подготовки инженеров-механиков, осуществляющих обслуживание и ремонт транспортных средств, в частности в вопросе диагностики технического состояния автомобилей. При этом необходимо предусмотреть следующие основные способы применения ЭСО:

1. Дистанционное обучение. ЭСО может применяться для удаленного обучения в случаях, когда нет возможности у студентов посещать очные занятия.

2. Дополнительный образовательный ресурс. Эффективная помощь студентам по повышению уровня знаний по дисциплинам, которые связаны с общим устройством и диагностикой технического состояния автомобиля.

3. Подготовка к экзаменам по профильным дисциплинам. ЭСО может использоваться как онлайн-тренажер, повышающий эффективность подготовки к экзаменам, так как пользуясь приложением студент совершенствует навыки, необходимые при диагностике технического состояния основных систем автомобиля.

4. Обратная связь и контроль успеваемости. ЭСО предполагает формирование отчета по результатам работы с конкретным студентом, в котором указывается время, затраченное на диагностику технического состояния автомобиля и устранение неисправности, сама неисправность, причина завершения работы в выбранной системе (нарушение техники безопасности или самостоятельное завершение работы студентом), а также ход работы, который заполняет пользователь самостоятельно. По этим данным преподаватель сможет оценить

уровень знаний студента, выделить вопросы, требующие дополнительной проработки для повышения профессиональных компетенций, углубления знаний по отдельным темам.

5. Подготовка или переподготовка кадров. ЭСО может значительно ускорить и упростить процесс обучения или переподготовки кадров, так как они получают свободный доступ к тренажеру в любое время и в удаленном режиме.

Функционал ЭСО «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля»

Разработанное средство электронного обучения построено на основе модульной архитектуры и учитывает все перечисленные требования к областям его применения для изучения устройства, принципа работы и диагностирования различных систем автомобиля. Доступ к программному продукту обеспечивается в режиме пользователя и администратора, их возможности при работе с системой представлены на рис. 1.

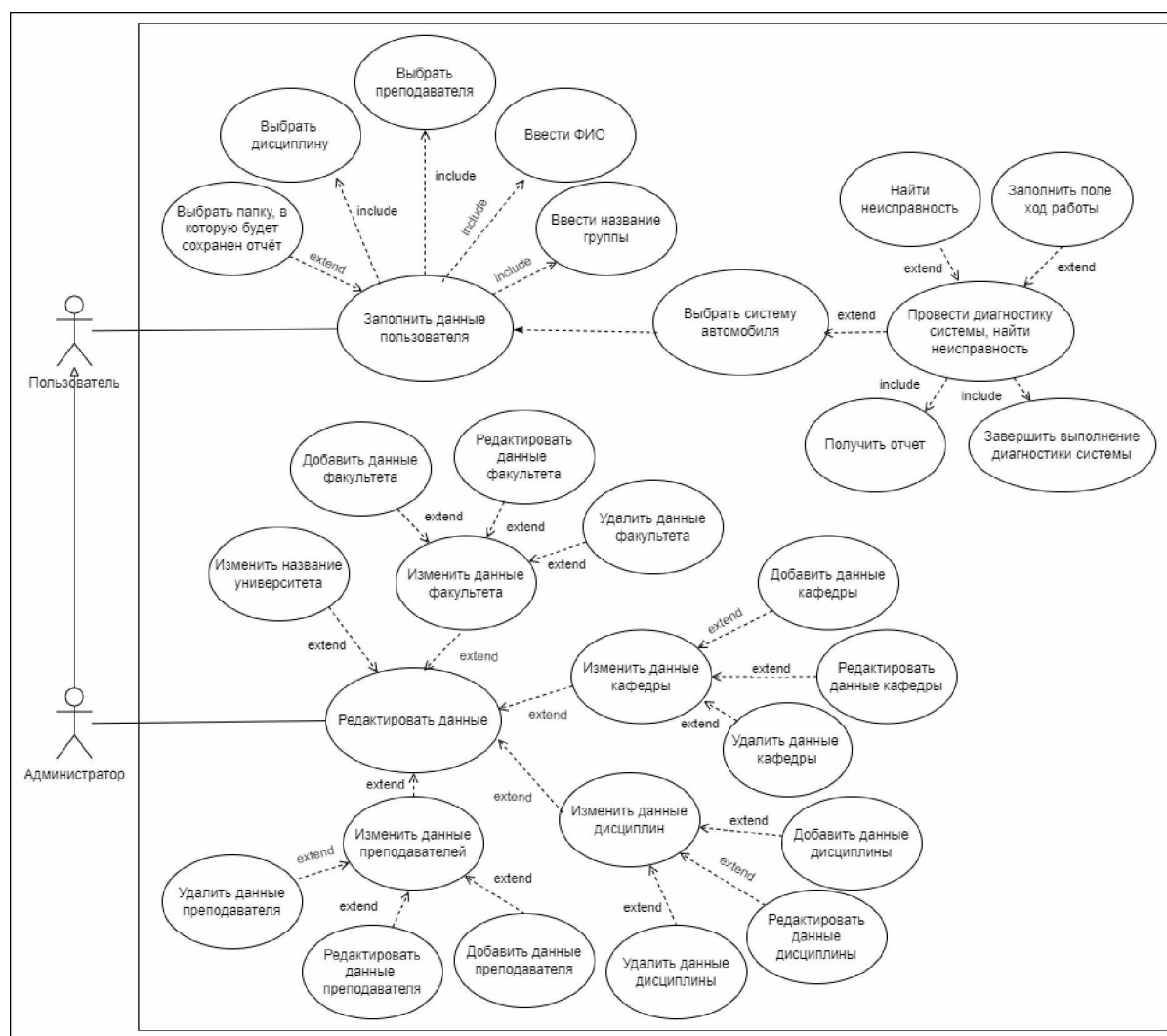


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Для корректной работы и выполнения поставленных задач определены требования к архитектуре приложения:

1. Масштабируемость. Данная характеристика позволит расширять возможности ЭСО как с точки зрения функционала, так и с точки зрения разнообразия автомобильных систем для диагностики.

2. Ремонтопригодность. Это значит, что изменение одного модуля не требует изменения других модулей. Например, если одна из систем стала работать некорректно, то при ее ремонте другие системы и модули затронуты не будут.

3. Заменяемость модулей. Такое свойство системы позволит замещать модуль(-и) из одной автомобильной системы на новые, которые нужны только для определенной. В качестве примера можно привести панели с набором инструментов для диагностики. Для одной системы нужны одни приборы, а для другой иные.

4. Повторное использование. Для данного ЭСО означает, что можно использовать модули, которые были созданные для других систем в новой. Например, приборы для диагностирования автомобильных систем.

5. Упрощенное сопровождение. Разбитую на модули программу легче понимать и сопровождать.

С учетом сформулированных требований разработана модульная структура программы, которая, включает:

1. Модуль, отвечающий за данные пользователя. Содержит менеджеры данных пользователя, которые хранят информацию о пользователе (ФИО, группа, преподаватель и так далее) и менеджер составления отчета.

2. Модули, отвечающие за системы (переключение систем и контроль работы выбранной системы). Главный модуль содержит данные о существующих системах, префабы самих автомобильных систем (в данном случае это объекты, которые представляют из себя готовые схемы систем, загружаемые при выборе системы), менеджер, отдающий данные системы и ее префаб при запросе. Модули самих систем содержат менеджеры и контроллеры, обеспечивающие их стабильную работу.

3. Модули, отвечающие за элементы внутри системы (например, отвечающие за работу форсунок или панели передач). Данные модули содержат менеджеры и контроллеры, которые обеспечивают корректную работу элементов систем.

4. Модули, отвечающие за пользовательский интерфейс. Содержит менеджеры каждого вида окон, которые используются в программном продукте, менеджеры и контроллеры анимации.

Функциональная схема электронного средства обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» представлена на рис. 2.

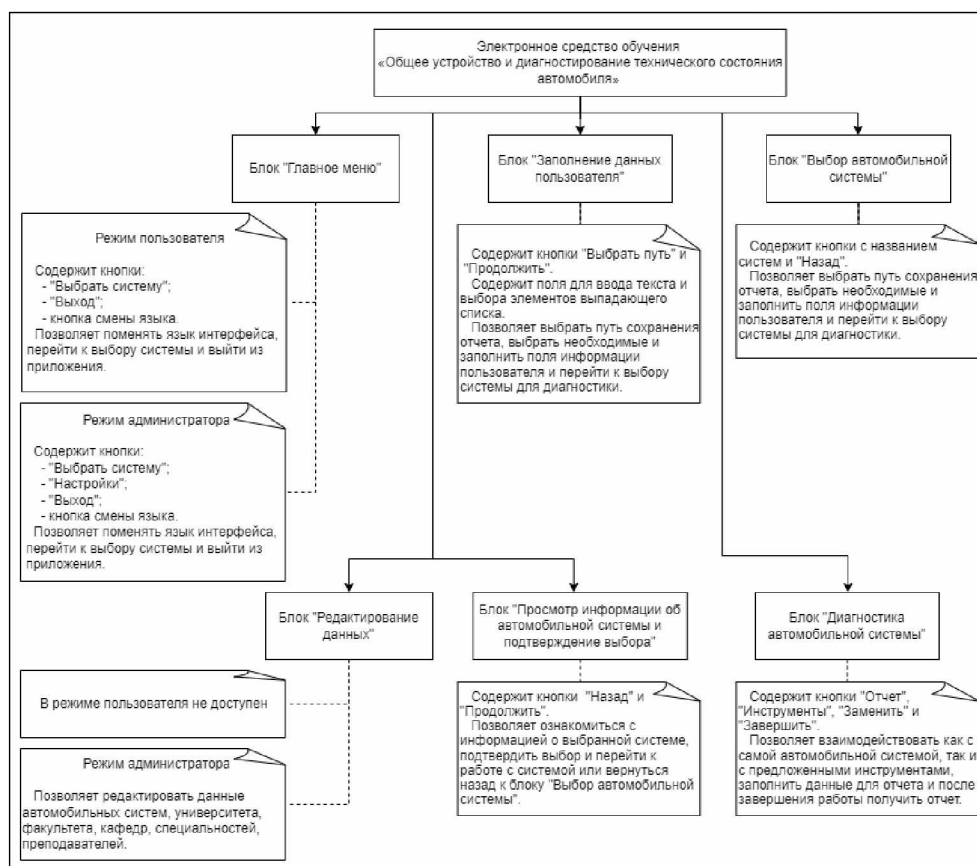


Рис. 2. Функциональная структура приложения

Программный продукт состоит из 6 блоков:

1. «Главное меню». В режиме пользователя позволяет поменять язык интерфейса, перейти к выбору системы и выйти из приложения. В режиме администратора позволяет поменять язык интерфейса, перейти к выбору системы и выйти из приложения.

2. «Заполнение данных пользователя». Позволяет выбрать путь сохранения отчета, выбрать необходимые данные из выпадающего списка, заполнить поля информации пользователя и перейти к выбору системы для диагностики.

3. «Редактирование данных». В режиме пользователя не доступен. В режиме администратора позволяет редактировать данные автомобильных систем, университета, факультета, кафедр, специальностей, преподавателей.

4. «Выбор автомобильной системы». Позволяет выбрать путь сохранения отчета, выбрать необходимые и заполнить поля информации пользователя и перейти к выбору системы для диагностики.

5. «Просмотр информации об автомобильной системе и подтверждение выбора». Позволяет ознакомиться с информацией о выбранной системе, подтвердить выбор и перейти к работе с системой или вернуться назад к блоку «Выбор автомобильной системы».

6. «Диагностика автомобильной системы». Позволяет взаимодействовать как с самой автомобильной системой, так и предложенными инструментами, заполнить данные для отчета и после завершения работы получить отчет.

Тестирование модуля «Топливная система»

Одной из систем, реализованной в программном продукте, является топливная система. После ее выбора перед пользователем открывается экран, на котором отображаются: панель управления; схема системы; кнопки для вызова соответствующих вспомогательных окон; кнопка завершения выполнения лабораторной работы; таймер, который показывает время, затраченное на выполнение, а также меняет цвет в зависимости от того, какой интервал времени прошел: в пределах нормы – зеленый, при незначительном превышении – оранжевый, при длительном выполнении лабораторной работы – красный.

Пользователь может завести двигатель при помощи ключа, расположенного на панели управления. Нажать на педаль газа можно при изменении положения ползунка, расположенного слева от ключа зажигания. Система ведет себя так, как вел бы себя настоящий автомобиль, как с точки представленной информации на спидометрах, так и в звуковом сопровождении.

При заведенном двигателе отображаются указатели в виде стрелок, показывающие направление движения топлива, а под форсунками образуется распыляемое топливо, характерное для их реального рабочего состояния (рис. 3).

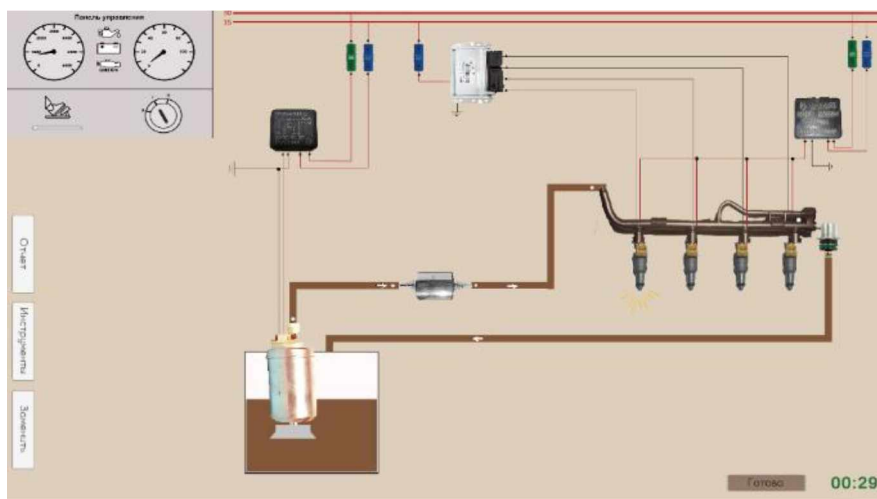


Рис. 3. Имитация работы двигателя

При нажатии на кнопку отчета откроется окно, в которое пользователь может записать все проделанные действия. Поскольку окно доступно все время, то данные в него могут

вноситься итерационно. Вкладка «Инструменты» (рис. 4) содержит инструменты, которые могут понадобиться для поиска неисправности.

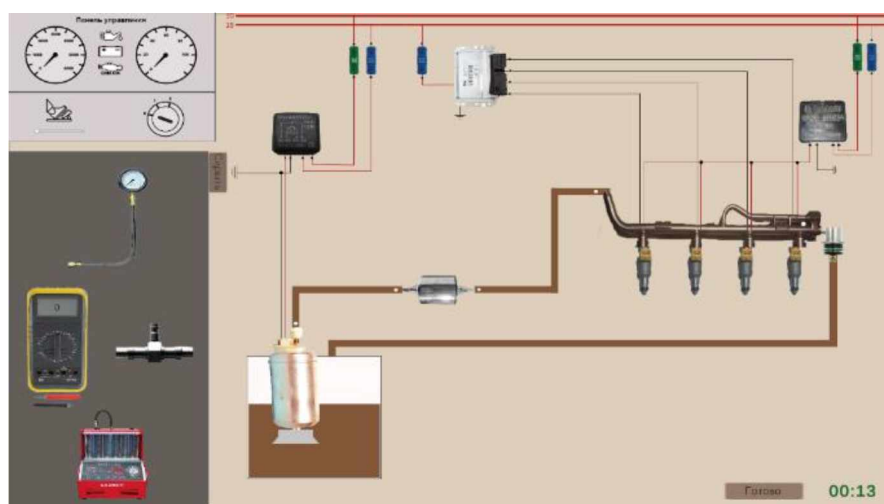


Рис. 4. Вкладка «Инструменты»

В данном примере все инструменты за исключением прибора для диагностики форсунок можно перетаскивать по экрану и присоединять к элементам схемы системы. Точки соединения тройника и манометра обозначены белым кругом на проводах, а места, к которым можно присоединить щупы мультиметра, обозначены черными точками. Учитывается правильность подключения щупов. Если манипуляция выполнена неправильно, прибор работать не будет. При серьезных нарушениях, способных стать причиной травмы, повреждения прибора или изучаемой системы автомобиля, будет выведено сообщение о нарушении требований техники безопасности с последующим принудительным завершением лабораторной работы, экзамена или иной проверки знаний. Такими нарушениями могут стать попытка подключить прибор при заведенном двигателе или при не снятом предохранителе.

При нажатии на устройство для диагностики форсунок открывается новый экран (рис. 5), на котором отражены: прибор для диагностики форсунок; ультразвуковая ванна для прочистки форсунок; все вкладки, что и на основном, но без «Инструменты»; кнопка возвращения обратно к основному экрану.

Программный продукт помогает пользователю ознакомиться с порядком определения состояния форсунок. Если их последующая прочистка в ультразвуковой ванне не приносит положительного результата, выполняется замена на новые.

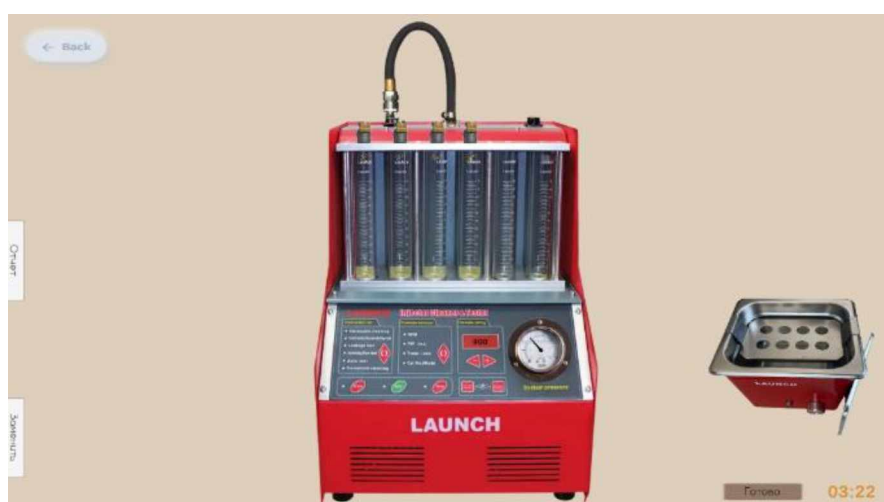


Рис. 5. Диагностика форсунок

Отчет о проделанной работе формируется автоматически. Он содержит всю необходимую информацию (рис. 6). При завершении работы из-за нарушения требований техники безопасности, соответствующая информация также отражается в отчете.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени
Евфросинии Полоцкой»

Кафедра автомобильного транспорта
Механико-технологический факультет

Отчет к лабораторной работе «Топливная система»

Студент: Семенченко Екатерина Андреевна
Группа: 24м-ИТП

Время начала выполнения: 26 марта 2025 . 19:32:20
Время окончания выполнения: 26 марта 2025 . 19:38:20
Общее время выполнения: 00:05:59

Состояние системы: Система исправна

Тип системы: Топливная система

Причина неисправности: Одна из форсунок качает топлива на 5% меньше остальных

Причина принудительного завершения выполнения лабораторной работы: Не было обнаружено
причины для принудительного завершения выполнения лабораторной работы.

Ход работы

Двигатель заводится с первой попытки. Стрелка колеблется между 600 и 900. Максимальное количество оборотов — 4000. Манометр показывает 3 бара при первом положении ключа и при нажатии на педаль газа. Мультиметр показывает 12 В при первом положении ключа и 14 В при заведенном двигателе.

Были проверены форсунки. Одна из них качала 50 мл топлива, в то время как остальные — 70 мл.

Прочистка форсунок не дала никаких результатов. После замены форсунки все 4 стали качать по 70 мл. Двигатель заводится с первого раза. Стрелка показывает 900 оборотов. Максимальное количество — 6000.

Причина неисправности: одна из форсунок в неисправном состоянии.

Рис. 6. Пример содержания отчета, который был составлен после завершения работы с системой, инициированной пользователем

Заключение

Таким образом, предлагаемое средство электронного обучения «Общее устройство и диагностирование технического состояния автомобиля» позволяет более широко и гибко внедрять инновационный дидактический метод активного обучения в образовательный процесс кафедры автомобильного транспорта Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой путем использования приложения как на этапе подготовки, так при контроле знаний уже работающих сотрудников предприятий автомобильной отрасли. Поведение систем, которые реализованы в данном программном продукте, максимально приближены к реальным режимам работы систем автомобиля.

AN ELECTRONIC TOOL FOR STUDYING THE GENERAL STRUCTURE AND PRINCIPLES OF DIAGNOSING THE TECHNICAL CONDITION OF A CAR

E.A. SEMENCHENKO, V.V. KOSTRITSKIY, R.P. BOHUSH

Abstract. This article discusses the features of creating an electronic learning tool (e-Learning Tool) «An electronic tool for studying the general structure and principles of diagnosing the technical condition of a car» for students to study the device and diagnose the technical condition of the car. The developed functional scheme of e-Learning Tool and the software implementation of e-Learning Tool based on it are presented. The features of use, examples of the work of e-Learning modules are described, the general structure of the report formed based on the results of studying the material by students is presented.

Keywords: mechanical engineer, interactive education, simulator.

Список литературы

1. Рыло, Т.В., Дубина Л.П. // Идеи. Поиски. Решения: сборник статей и тезисов XII Международной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов. 2018. С. 55– 59.
2. Черных Т.А., Рубцова Ю.А. // Открытое образование. 2018. №22(2). С. 54–60.