

Оптимизация процессов технического обучения кадрового состава вагоноремонтных предприятий за счет разработки и внедрения программного обеспечения

Поступила 24.10.2018

Рецензирование 01.11.2018

Принята к печати 02.11.2018

На предприятиях вагоноремонтного комплекса в течение последних пяти лет наблюдается интенсивный процесс пересмотра нормативной и технической документации. В этих условиях проблема поддержания необходимого уровня знаний работников является актуальной. Для ее решения перспективно использование программно-технических средств, позволяющих в реальном режиме времени планировать и проводить технические занятия для изучения новой документации, объективно определять уровень знаний работников и оценивать их подготовленность к изменению технологического процесса.

Целью работы является создание сетевой компьютерной системы технического обучения, которая позволит повысить эффективность процесса технических занятий и достоверность результатов проверки знаний работников компании. Разработано программное обеспечение для организации технических занятий и проверки знаний по основным технологиям вагонных ремонтных депо: сварка, колесно-роликовый цех, участки ремонта автосцепки и тележки, производственный участок неразрушающего контроля. Предложены и реализованы методы верификации и идентификации результатов обучения специалистов. В основе алгоритмов идентификации заложен анализ поведенческих параметров пользователя: времени нажатия на клавиши и скорости перемещения манипулятора. В ходе проведенных исследований удалось разработать систему оценивания подлинности результатов обучения с вероятностью более 95 %.

Ключевые слова: вагоноремонтный комплекс, организация производства, технические занятия, управление знаниями персонала, идентификация работников, верификация результатов технических занятий.

Введение

За последние годы на территории Российской Федерации зафиксированы неоднократные случаи выхода из строя ходовых частей подвижного состава. Одной из причин их возникновения являются усталостные дефекты, своевременно не выявленные из-за недостатка опыта и знаний в области профессиональной деятельности специалистов вагоноремонтных предприятий [1]. Использование сетевых компьютерных программ позволит специалистам дистанционно и без отрыва от производства осваивать учебные материалы в рамках профессиональной деятельности, своевременно узнавать об актуальных изменениях в нормативно-технической документации. В настоящее время широкое распространение получили системы, используемые для управления дистанционным обучением, например: Moodle, Edmodo, Schoology. Все перечисленные системы обладают обширным функционалом, возможностью гибкой настройки, модулями управления учебными материалами и формирования статистики и пр. Но необходимость тонкой настройки системы под

конкретные потребности, отсутствие качественной технической поддержки и избыточный функционал повышают сложность использования этих систем для технического обучения специалистов вагоноремонтных предприятий.

При проведении дистанционного технического обучения невозможно гарантировать достоверность полученных результатов обучения [2]. Остро стоит проблема выявления попыток фальсификации результатов обучающимися специалистами, например, прохождения учебных тестов одним специалистом вместо другого.

Современными исследователями упоминается «цифровой почерк» пользователя – уникальные количественные характеристики, называемые поведенческими параметрами, которые определяются в процессе взаимодействия пользователя с манипуляторами ввода/вывода [3, 4]. Целью работы является разработка методики определения достоверности результатов при техническом обучении специалистов вагоноремонтных предприятий на основе анализа поведенческих параметров обучающихся.

Использование компьютерных программ для обучения

Исследования поведенческих параметров пользователей проводились среди специалистов вагоноремонтных предприятий. Было разработано специализированное сетевое программное обеспечение, способное осуществлять техническое обучение без отрыва от производства [5]. Для реализации необходимого функционала наиболее предпочтительной является клиент-серверная архитектура [6]. В качестве хранилища учебных материалов и результатов используется база данных под управлением системы управления базами данных MSSQLServer [7].

В вагоноремонтных депо работают специалисты неразрушающего контроля, занимающиеся различными элементами подвижного состава, для которых значительно различаются нормативно-техническая документация и учебные материалы [8]. Поэтому система технического обучения проектировалась с возможностью иерархического разделения учебного материала на несколько независимых уровней. Предусматривалась возможность индивидуального планирования учебного процесса для каждого подразделения.

Учебный материал состоит из списка учебных тем, которые включают в себя мультимедийное учебное пособие и набор интерактивных тестовых вопросов. Специалист, ответственный за техническое обучение, имеет возможность выбрать необходимые темы в соответствии со спецификой предприятия и установить контрольные даты проверки их усвоения [9]. Обучение осуществляется в три этапа: ознакомление с учебным материалом, учебное и контрольное тестирования. В процессе учебного тестирования пользователь имеет право использовать учебные материалы, отображается правильность или неправильность данного ответа. В режиме контрольного тестирования учебные материалы недоступны и итоговый результат известен только после завершения сеанса тестирования. Тема считается успешно освоенной, если в процессе учебного и контрольного тестирований пользователем дано правильных ответов на 80 процентов заданных вопросов или более.

Прогресс изучения каждой темы сохраняется на сервере. Обучение может быть про-

должено в любой момент на персональном компьютере с доступом к корпоративной сети [10]. В качестве статистической информации сохраняется количество правильных и неправильных ответов, количество просмотров учебного материала, длительность размышлений над заданным вопросом для каждого пользователя.

В зависимости от специфики предприятия обучение проводится по разным направлениям: контроль автосцепного устройства (Тест-Автосцепка), контроль автотормозов (Тест-Автотормоза), общие вопросы неразрушающего контроля (НКТест), контроль тележки (Тест-Тележка), контроль железнодорожных колес (Тест-Колесник) и сварочные работы в процессе ремонта ходовых частей подвижного состава (Тест-Сварщик). Длительность размышлений над вопросом незначительно различается для разных направлений, среднее значение составляет 8 с. Можно сделать вывод, что тестовые вопросы для разных направлений обучения одинаковы по сложности (рис. 1).

Средняя продолжительность обучения по теме по общим вопросам неразрушающего контроля отличается от значений по другим направлениям обучения в 1,5 раза и более (см. рис. 1). Это связано с большим объемом вопросов на знание нормативно-технической документации, для ответов на которые пользователи чаще пользуются учебным пособием.

Несмотря на выводы об одинаковой в среднем сложности тестовых вопросов, время, необходимое на освоение тем разными пользователями, различается. Например, пользователь А на освоение каждой темы из некоторого набора X тратит от 3 до 12 мин, пользователь Б – от 7 до 18 мин. Причем зависимость продолжительности освоения тем из набора X для исследуемых пользователей близка к линейной (рис. 2). Длительность освоения темы конкретным пользователем может зависеть от многих факторов: уровня внимания, количества остаточных знаний по теме и т. д.

Но наибольшее влияние на продолжительность выполнения заданий по теме оказывает количество неправильных ответов. В большинстве случаев эта зависимость является линейной (рис. 3).

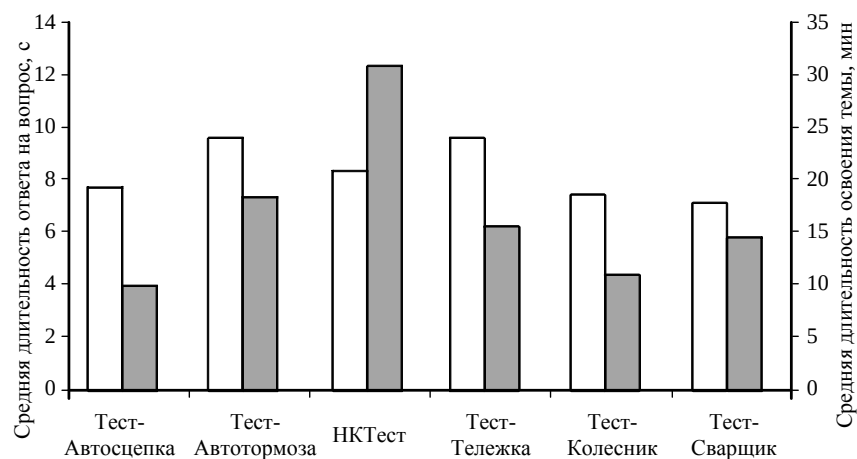


Рис. 1. Распределение длительностей размышления над вопросом и освоения темы для различных направлений обучения

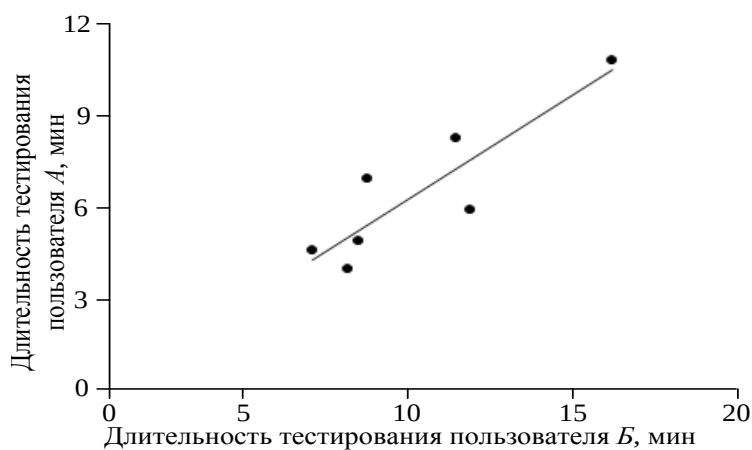


Рис. 2. Зависимость длительностей освоения тем пользователями А и Б

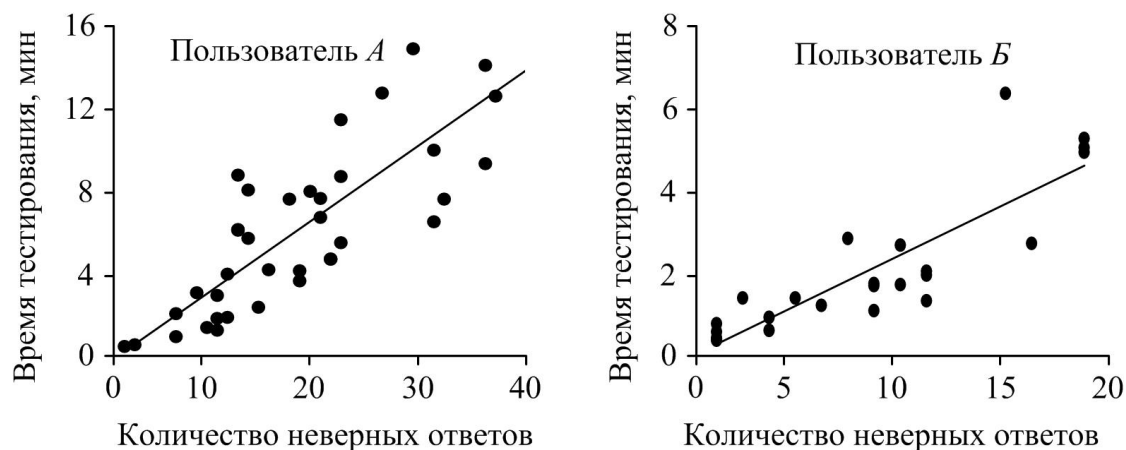


Рис. 3. Зависимость времени, необходимого на освоение темы, от количества неправильных ответов

Верификация результатов

В системе технического обучения используется одноэтапная аутентификация по много-разовым паролям. Пользователь вводит свой идентификатор (логин) и многоразовый па-

роль. При совпадении введенных данных с эталонными, хранящимися на сервере, аутен-тификация считается успешной. После этого происходит авторизация пользователя с предоставлением доступа к соответствующим

учебным материалам и результатам. Для системы, обрабатывающей общедоступные персональные данные, такое ограничение доступа является достаточным.

В случае необходимости прохождения учебных материалов в определенный срок (например, при контроле руководства) и отсутствии личной заинтересованности пользователя в освоении учебной информации повышается вероятность фальсификации результатов. Система не способна отказать в авторизации пользователю *А*, если он правильно ввел пару логин-пароль пользователя *Б*. Следовательно, использование одноэтапной аутентификации по многозачетным паролям не позволяет на достаточном уровне защитить от попыток фальсификации результатов.

В процессе взаимодействия с манипуляторами ввода/вывода персонального компьютера каждый пользователь характеризуется собственным «цифровым почерком», состоящим из множества параметров, например: скорости печати, распределения задержек между нажатиями клавиш клавиатуры при печати определенных последовательностей, силы и длительности нажатия на клавиши клавиатуры и компьютерной мыши, скорости перемещения курсора. Для определения силы нажатия на клавиши необходимо использование специализированных манипуляторов ввода/вывода, что делает невозможным использование данных параметров для массового исследования.

В качестве анализируемых поведенческих параметров использовалась длительность нажатия на левую клавишу мыши в процессе обуче-

ния. В ходе исследования было определено, что длительность нажатия на левую клавишу мыши для большинства пользователей находится в пределах от 80 до 1 000 мкс. Анализ длительности нажатия за сеанс обучения показал, что для разных пользователей характерно разное распределение длительности нажатий (рис. 4).

Анализ нажатий на клавишу мыши при изучении некоторого набора тем *У* показал, что среднее значение длительности для пользователя *А* составило 110 мкс, для пользователя *Б* – 340 мкс, это соответствует ранее полученным распределениям (см. рис. 4). Значения стандартных отклонений длительности нажатий при изучении тем из набора *У* пользователями *А* и *Б* находятся в пределах 20 мкс, что свидетельствует о незначительном и одинаковом для разных испытуемых разбросе экспериментальных данных (рис. 5).

Длительность нажатия на клавишу мыши конкретным пользователем является случайной величиной с нормальным распределением (см. рис. 4), для которого однозначно и с некоторой точностью определены среднее арифметическое значение μ и стандартное отклонение σ . Следовательно, в случае выхода значения длительности из диапазона $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$, с вероятностью 95 % можно утверждать, что нажатие не принадлежит анализируемому пользователю. При однократном выходе значения из доверительного интервала судить о фальсификации невозможно. Но в случае, если все нажатия в процессе прохождения конкретной темы отличаются от значений, ха-

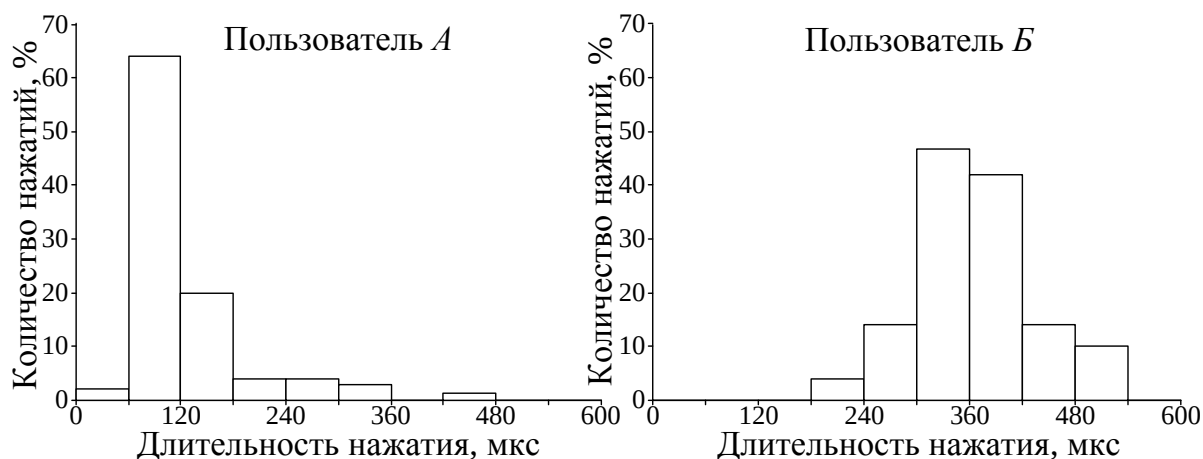


Рис. 4. Распределение длительности нажатия на клавишу мыши для пользователей *А* и *Б*

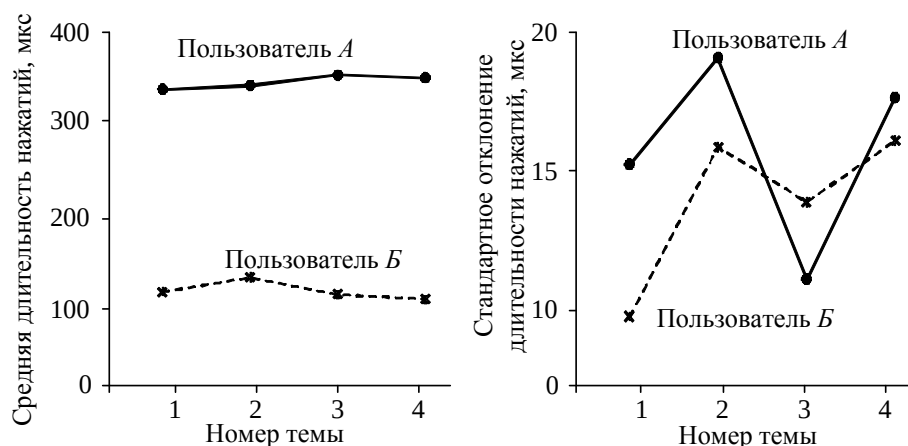


Рис. 5. Среднее значение и стандартное отклонение длительности нажатия клавиши мыши при изучении разных тем пользователями А и Б

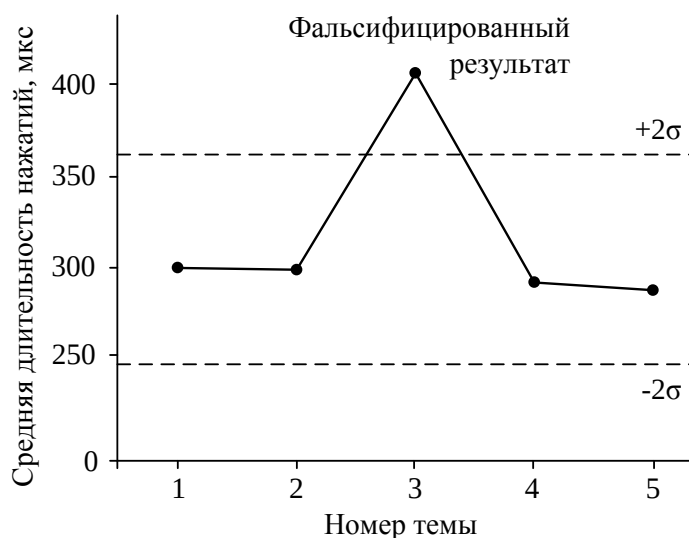


Рис. 6. Средние значения длительности нажатия на клавишу мыши при изучении разных тем

рактерных для пользователя, результаты считаются фальсифицированными (рис. 6).

В процессе анализа результатов технического обучения специалистов неразрушающего контроля было выявлено предприятие, на котором в пяти из 27 тестов зафиксирована фальсификация результатов – прохождение тестирования одним пользователем вместо другого. В масштабах всей системы технического обучения попытки фальсификации не превышают 1 % от общего количества результатов.

На практике возможна ситуация, когда разные пользователи характеризуются одинаковыми значениями длительности нажатия на клавишу мыши. Кроме того, на значения описанных параметров влияет множество факто-

ров: степень усталости пользователя, используемое оборудование и т. д. Поэтому для более точного определения фальсифицированных результатов перспективно использовать совокупность нескольких различных поведенческих параметров.

Заключение

В результате работы была предложена архитектура системы, позволяющей повысить эффективность технического обучения путем использования решений, уменьшающих затрачиваемое на обучение время, что способствует увеличению времени основной деятельности и, следовательно, повышает производительность труда специалистов вагоноремонтных предприятий.

Предложена методика, способная выявить попытки фальсификации результатов с вероятностью 95 %. Специалистами одного из предприятий было сфальсифицировано более 20 % результатов. В масштабах всей системы обучения количество попыток фальсификации не превышает 1 %. Расширение перечня анализи-

руемых поведенческих параметров позволит повысить достоверность определения цифрового почерка пользователя. В дальнейшем выявленные закономерности изменения поведенческих параметров планируется использовать для идентификации пользователя.

Библиографический список

1. Воробьев В. С., Брызгалова Р. М., Репина И. Б. Человеческий фактор в системе отказов технических средств железнодорожного транспорта // Наука и транспорт. 2012. № 3. С. 42–46.
2. Developing Distance Learning Environments in the Context of Cross-Border Cooperation / S. Fuicu, M. Popa, D. Dobrilovic, M. Marcu, R. Bogdan // Brain: Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. 2017. № 8. P. 52–58.
3. Mahfouz A., Mahmoud T., Eldin A. A Survey on Behavioral Biometric Authentication on Smartphones // Journal of Information Security and Applications. 2017. № 37. P. 28–37.
4. M. Biasutti. A comparative analysis of forums and wikis as tools for online collaborative learning // Computers & Education. 2017. № 12. P. 158–171.
5. Collins L., Liang X. Task relevance in the design of online professional development for teachers // The Turkish Online Journal of Distance Education. 2014. № 15. P. 268–281.
6. ГОСТ Р 43.0.11–2014. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности. Базы данных в технической деятельности. М., 2015.
7. ГОСТ 12.0.004–2015. Организация обучения безопасности труда. М., 2017.
8. Разуваев И. В., Сучков Е. А. Аналитическая верификация результатов акустико-эмиссионного мониторинга в комплексах интегрального мониторинга состояния опасных производственных объектов // Дефектоскопия. 2014. № 4. С. 31–40.
9. Пат. 2625554 С1 Российская Федерация, МПК⁷ G 09 В 3/06. Способ тестирования и/или опроса удаленных пользователей / Бехер С. А., Попков А. А. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС). №2016117427 ; заявл. 04.05.2016 ; опубл. 14.07.2017, Бюл. № 20. 7 с. : ил.
10. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2017610808. Программа идентификации пользователей в процессе удаленного тестирования / Бехер С. А., Попков А. А. ; заявитель и правообладатель СГУПС. № 2017610808 ; заявл. 10.01.2017 ; рег. 18.01.2017. 1 с.

A. D. Abramov, S. A. Bekher, A. A. Popkov

Optimization of Technical Training Processes for Personnel of Car-Repair Enterprises through the Development and Implementation of Software

Abstract. At the enterprises of the car-repair complex during the last five years an intensive process of regulatory and technical documentation revision has been observed. In these circumstances, the problem of maintaining the necessary knowledge level of workers is relevant. To solve it, it is promising to use software and hardware tools that allow real-time planning and conducting technical studies to study new documentation, objectively determine the level of employees' knowledge and evaluate their readiness to change the technological process.

The aim of the work is to create a network computer system for technical training, which will improve the efficiency of technical studies and the accuracy of company employees knowledge testing. Methods of verification and identification of training specialists' results have been proposed and implemented. The identification algorithms are based on the analysis of user behavioral parameters: the time at which the keys are pressed and the speed at which the manipulator moves. In the course of the research, it was possible to develop a system for evaluating the authenticity of learning outcomes with a probability of more than 95 %.

Key words: car-repair complex; production organization; technical classes; personnel knowledge management; employee identification; verification of the technical classes' results.

Абрамов Андрей Дмитриевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: abramov@stu.ru

Бехер Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электротехника, диагностика и сертификация» СГУПС. E-mail: beher@stu.ru

Попков Артем Антонович – инженер-программист НИИ «Физические методы контроля качества» СГУПС. E-mail: zabagy@gmail.com