

Система удаленного контроля температур в поездном составе

Е.В. Стародубцев^a, А.М. Патрусова^b

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^a st8ev@ya.ru, ^b patrusova@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-9441-1254>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-5433-9614>

Статья поступила 07.09.2020, принята 14.09.2020

В статье рассматриваются вопросы обоснования и практического внедрения систем автоматизации процессов удаленного контроля температуры пассажирского вагона восстановительного поезда. Целью исследования является разработка научно-практических предложений по обоснованию состава и порядка функционирования автоматизированного рабочего места, обеспечивающего удаленный контроль температуры в поездном составе. Актуальность данного направления исследований обусловлена, в частности, тем фактом, что до настоящего времени эксплуатируются вагоны без централизованной системы контроля температуры. Управление системой отопления и кондиционирования происходит в ручном режиме, что требует постоянного задействования человеческих ресурсов. Доказана перспективность разработки недорогих систем, включающих в себя устройства на базе микроконтроллеров и программное обеспечение управления, которые позволят автоматизировать процессы контроля температуры в поездном составе без задействования значительных трудовых и финансовых затрат. Представленная система удаленного контроля за температурой воздуха и системой отопления пассажирского вагона позволяет удаленно, с пульта дежурного, контролировать температуру воздуха в вагонах восстановительного поезда, управлять устройствами отопления, включать или отключать электрооборудование (электрические тэны), контролировать заданный диапазон температур и своевременно через динамик оповещать дежурного о выходе показаний температур за установленный диапазон, что снижает риск закипания воды в котле, снижает пожароопасность и повышает готовность восстановительного поезда к выезду. Система имеет гибкую настройку и позволяет управлять электроприборами в вагоне в автоматическом режиме.

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место; система контроля температуры; восстановительный поезд; Arduino; MajorDoMo.

Remote control system for temperatures in the train

E.V. Starodubtsev^a, A.M. Patrusova^b

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^a st8ev@ya.ru, ^b patrusova@mail.ru

^a <https://orcid.org/0000-0001-9441-1254>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-5433-9614>

Received 07.09.2020, accepted 14.09.2020

This article discusses the issues of substantiation and practical implementation of automation systems for remote control of the temperature of the passenger carriage of the recovery train. The purpose of the article is to develop scientific and practical proposals to substantiate the composition and procedure for the functioning of an automated workstation that provides remote temperature control in a train. The relevance of this line of research, in particular, is due to the fact that cars are still in operation without a centralized temperature control system, the heating and air conditioning system is controlled manually, which requires the constant involvement of human resources. Prospects for the development of low-cost systems, including devices based on microcontrollers and control software, which will automate the temperature control processes in a train without engaging significant labor and financial costs, have been proven. The presented system of remote control over the air temperature and the heating system of the passenger car allows, remotely, from the attendant's control panel, to control the air temperature in the cars of the recovery train, control heating devices, turn on or off electrical equipment (electric heating elements), control the specified range temperatures and promptly, through the speaker, notify the attendant about the temperature readings outside the set range, which reduces the risk of boiling water in the boiler, reduces the fire hazard and increases the readiness of the recovery train to leave. The system has a flexible configuration and makes it possible to control electrical appliances in the car in automatic mode.

Keywords: workstation; temperature control system; recovery train; Arduino; MajorDoMo.

Введение. ОАО «Российские железные дороги» — российская государственная компания и важнейший оператор российской сети железных дорог, который не только оказывает услуги по перевозке грузов и пассажиров, но и поддерживает инфраструктуру железнодорожного пути и ком-

плексы хозяйственных предприятий, обеспечивающих техническую эксплуатацию и функционирование железнодорожного пути [1]. Результаты анализа эксплуатации подвижного состава за последние 10 лет показал, что в среднем в год происходит 25–30 происшествий, которые требуют

участия специализированных ремонтных бригад, к основной из которых относится восстановительный поезд [2].

Транспортная единица, называемая восстановительным поездом (ВП), представляет собой особое подразделение, главной задачей которого является ликвидация последствий аварийных ситуаций, произошедших на железнодорожных путях. Восстановительный поезд предназначен для ликвидации последствий транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, а также оказания помощи в пределах своих тактико-технических возможностей при ликвидации последствий происшествий природного и техногенного характера [3].

Стоит отметить, что большая часть поездного состава ремонтных подразделений имеет уже значительное время эксплуатации, но проводимые мероприятия по текущему и капитальному ремонту позволяют продлевать сроки службы без ущерба для эффективности проводимых мероприятий. Вместе с тем, довольно остро стоит вопрос о внедрении современных информационных технологий в процессы управления и системы обеспечения функционирования поездного состава. Автоматизированные информационные системы являются базовой составляющей надежного функционирования систем управления, безопасности и связи подразделений ОАО «РЖД», в том числе восстановительного поезда. Применение современных технологий по автоматизации процедур контроля параметров состояния внешних и внутренних элементов поездного состава позволит минимизировать человеческий фактор и в общем повысить надежность эксплуатации.

Актуальность данного направления исследований, в частности, обусловлена тем фактом, что по настоящее время эксплуатируются вагоны без централизованной системы контроля температуры. Управление системой отопления и кондиционирования происходит в ручном режиме, что требует постоянного задействования человеческих ресурсов. Видится перспективной разработка недорогих систем, включающих в себя устройства на базе микроконтроллеров и программное обеспечение управления, которые позволят автоматизировать процессы контроля температуры в поездном составе без задействования значительных трудовых и финансовых затрат.

В данной статье рассматриваются вопросы обоснования и практического внедрения систем автоматизации процессов удаленного контроля температуры пассажирского вагона восстановительного поезда.

Целью статьи является разработка научно-практических предложений по обоснованию состава и порядка функционирования автоматизированного рабочего места, обеспечивающего удаленный контроль температуры в поездном составе.

Структура работы представлена следующими элементами. Во втором разделе обсуждаются результаты работ исследователей из рассматриваемой предметной области. В третьем разделе представлены схема и общее описание функционирования предлагаемого решения. В четвертом разделе приведены результаты практического эксперимента по установке элементов системы удаленного контроля температур на автоматизированном рабочем месте дежурного по ВП. Пятый раздел содержит выводы по работе и направление будущих исследований

Обзор литературы. Анализ отечественных научных источников по предметной области статьи показал, что в прямой постановке вопроса задача разработки систем удаленного контроля температуры в поездном составе исследователями не решалась. Далее рассмотрим примеры работ, посвященных автоматизированным информационным системам управления, связи и безопасности в железнодорожной отрасли, имеющим косвенное отношение к рассматриваемой теме статьи.

В работе [4] авторы А.Д. Даукулова и др. предлагают информационную систему (ИС) ВП, позволяющую осуществлять быстрый сбор всей необходимой информации о происшествии, в ходе которой нужно определить характер аварии. Изучив технологию вызова восстановительного поезда и информационные системы, функционирующие на железнодорожном транспорте, авторами статьи была создана бизнес-модель информационной системы восстановительного поезда ИС ВП. Предложенная информационная система предназначена для помощи руководству и специалистам восстановительного поезда, а также ревизорскому и диспетчерскому аппарату дороги, службе безопасности движения и управления перевозками в ликвидации последствий чрезвычайных происшествий и восстановления движения и направлена на сокращение времени организации восстановительных работ. Ниже представлена структурная схема ИС ВП.

В работе [5] рассмотрен вариант построения информационных систем обеспечения безопасности работы грузоподъемных кранов восстановительного поезда. Каждый модуль информационной системы безопасности может выполнять функции приемника, передатчика и ретранслятора радиосигнала для передачи информации и содержит модем, микроконтроллер и источник питания. К микроконтроллеру, в зависимости от назначения модуля, могут быть подключены цифровые и

аналоговые датчики, органы управления (кнопки, клавиши, переключатели) и исполнительные устройства (электронные силовые ключи). Рассмотренная система позволяет обеспечить надежность передачи информационных и управляющих сообщений, в том числе сигналов аварийного отключения механизмов крана, путем самоорганизации сети при изменении условий работы или пространственного положения узлов крана.

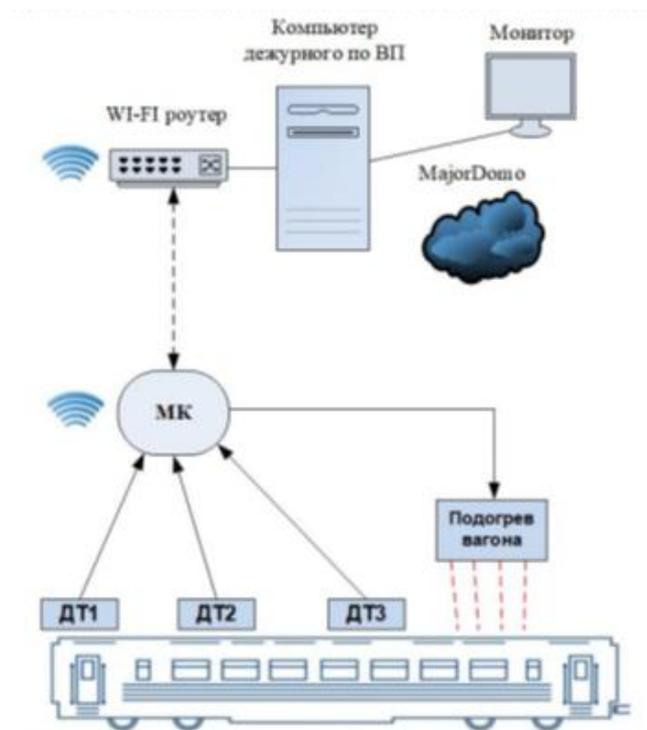


Рис. 1. Схема функционирования системы удаленного контроля температуры

Что касается системы контроля температуры в пассажирских вагонах, то ее функционирование происходит в соответствии с ГОСТ 33885-2016 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Методы испытаний по санитарно-гигиеническим и экологическим показателям» [6]. В современных поездах уже в базовую комплектацию чаще всего входит автоматическая система кондиционирования и контроля температуры в пассажирских вагонах. На отечественном рынке разработкой и поставкой систем кондиционирования занимаются несколько предприятий, к самым крупным из которых относятся ОАО «Тверской вагоностроительный завод», «Элсокс», ЗАО «Лантеп», «Циркон-Сервис» и некоторые другие [7–9]. Стоимость комплекта на один вагон может достигать нескольких миллионов рублей. Несмотря на максимальную степень автоматизации процессов контроля температуры в вагоне, системы вышеуказанных производителей не позволяют вести статистику температурного режима в вагонах и сохранение температурных показаний в базе данных. В

случае с поездным составом, в котором отсутствует центральная система кондиционирования, возникает проблема необходимости постоянного контроля температурного режима, что значительно отвлекает ресурсы проводников и дежурных поездам.

Описание предлагаемого решения. В комплект минимально необходимого состава оборудования системы удаленного контроля температуры входят (рис. 1):

- микроконтроллер (МК) с встроенным модулем WI-FI;
- цифровой датчик температуры (ДТ);
- твердотельное реле;
- понижающий преобразователь напряжения;
- WI-FI-роутер;
- персональный компьютер;
- программное обеспечение системы домашней автоматизации MajorDoMo;
- кабели, переходники и др.

Микроконтроллер с встроенным модулем WI-FI размещается на равноудаленном расстоянии от датчиков температур внутри пассажирского вагона. Два цифровых датчика температур монтируются на трубопроводах «подачи» и «обратки» системы отопления. Один датчик температуры монтируется в салоне пассажирского вагона. Твердотельное реле монтируется рядом с тумблером переключения схемы отопления. Понижающий преобразователь напряжения монтируется к бесперебойному источнику питания напряжением 12 В пожарной сигнализации пассажирского вагона. WI-FI-роутер устанавливается в помещении дежурного по ВП, не далее 300 м от микроконтроллера. Персональный компьютер устанавливается на рабочем месте дежурного по ВП.

Проведенный анализ доступной на российском рынке элементной базы позволил осуществить выбор необходимого оборудования, к которому относятся:

- программируемый микроконтроллер на базе чипа ESP 8266 с встроенным WI-FI модулем (U-3.3В) [10; 11];
- цифровые датчики температуры DS18B20 (диапазон измерения от -50 до $+120$ $^{\circ}\text{C}$, U-5В) [12];
- твердотельное реле G3MB-202P (U-5В) [13];
- понижающий преобразователь напряжения (DC/DC 12В–5В) [14];
- контактор с рабочим напряжением ~ 380 В;
- WI-FI-роутер;
- персональный компьютер дежурного по ВП с минимальными системными требованиями.

Технология передачи данных по WI-FI-сети была выбрана как наиболее подходящая в заданных условиях.

Результаты практического эксперимента.

Система удаленного контроля температур функционирует следующим образом. Предварительно программируемый и смонтированный в пассажирском вагоне микроконтроллер собирает данные с двух датчиков температуры, установленных на системе отопления, непосредственно на трубопроводах «подачи» и «обратки», измеряющих температуру воды в трубопроводе отопления, а также одного отдельно расположенного датчика температуры в салоне вагона, измеряющего температуру воздуха. Далее микроконтроллер передает данные с датчиков температур по протоколу MQTT через WI-FI-роутер, расположенный в зоне доступа микроконтроллера до 300 м, и далее по локальной сети непосредственно на компьютер дежурного по ВП. На компьютере развернут веб-сервер MajorDoMo, который через веб-браузер Google Chrome или Microsoft Explorer отображает данные, полученные с датчиков температур, на мониторе дежурного по ВП (рис. 2). Далее значения полученных температур обрабатываются, сравниваются с заложенными в систему, и, если они выше или ниже заранее определенного диапазона, система дает команду на микроконтроллер для включения или отключения твердотельного реле R1, которое управляет катушкой K1 контактора D1 и включает или отключает подогрев вагона.

В цепи управления катушки K1 контактора D1 предусмотрен трехпозиционный тумблер, с помощью которого схема отопления переключается с автоматического режима управления на ручной режим.

1-е положение тумблера, «автомат» (замкнуты контакты 1, 2), — питание катушки K1 контактора D1 управляется через микроконтроллер ESP8266 посредством включения или отключения твердотельного реле R1.

2-е положение тумблера, «выкл» (замкнуты контакты 3, 4), — питание катушки K1 контактора D1 разомкнуто, отопление выключено.

3-е положение тумблера, «ручное» (замкнуты контакты 5, 6), — питание катушки K1 контактора D1 подается «напрямую», в обход цепи управления автоматикой.

Данный тумблер предусмотрен для управления системой отопления. На случай выезда восстановительного поезда с базы дислокации и потери сигнала WI-FI, дежурный по восстановительному поезду имеет возможность переключить его на ручное управление, для того чтобы система отопления вагона продолжала работать.

Микроконтроллер, датчики температуры и твердотельное реле получают электропитание через понижающий преобразователь напряжения DC/DC 12В–5В, потребляют 70 мкА и подклю-

ны к бесперебойному питанию, с напряжением 12В, пожарной сигнализации пассажирского вагона, что не требует дополнительных затрат на приобретение дополнительного понижающего трансформатора и позволяет передавать данные с датчиков, даже при отключенном электропитании вагона, например, при маневрах.

Заключение. Представленная система удаленного контроля за температурой воздуха и системой отопления пассажирского вагона позволяет удаленно, с пульта дежурного, контролировать температуру воздуха в вагонах восстановительного поезда, управлять устройствами отопления, включать или отключать электрооборудование (электрические тэны), контролировать заданный диапазон температур и своевременно через динамик оповещать дежурного о выходе показаний температур за установленный диапазон, что снижает риск закипания воды в котле, уменьшает пожароопасность и повышает готовность восстановительного поезда к выезду. Система имеет гибкую настройку и позволяет управлять электроприборами в вагоне как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Разработанная система удаленного контроля температур пассажирского вагона позволит сэкономить время выполнения обязанностей дежурным по восстановительному поезду и получить эффект в виде высвободившихся трудовых ресурсов, ориентировочно 4 ч ежемесячно.

Организационно-экономические расчеты по разработке и внедрению системы удаленного контроля за температурой воздуха пассажирского вагона показали, что по характеристикам стоимости внедрения и эксплуатации, сроку изготовления и установки представленное решение в 9–11 раз эффективнее по финансовым затратам относительно аналогов систем кондиционирования крупных производителей и в 1,5–2 раза — по временным, что позволяет сделать вывод об экономической целесообразности предлагаемого решения.

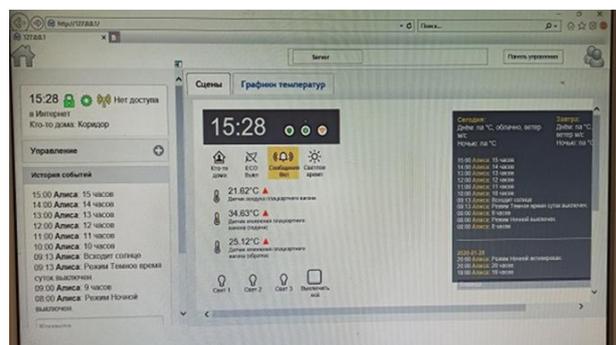


Рис. 2. Веб-сервер MajorDoMo

Наряду с проведенными исследованиями одним из важнейших факторов их практической ре-

ализации является качество трудовых ресурсов российских организаций [15]. Становится важным установление таких социальных пропорций в основных характеристиках персонала организаций, которые способствуют ее росту и развитию, в том числе за счет привлечения и закрепления в кадровом составе как профессионально подготовленных специалистов, так и других трудовых ресурсов. Это актуализирует проблему формирования и развития трудового потенциала организаций в современных экономических условиях.

Литература

1. ОАО «Российские железные дороги» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rzd.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
2. Васильев Н.В., Родионов Р.А., Комаров О.И. Восстановительные работы на железных дорогах. М.: Транспорт, 1999. 167 с.
3. Об утверждении Положения о восстановительном поезде: распоряжение ОАО «РЖД» № 2743/р от 21 дек. 2018 г. 12 с.
4. Даукулова А.Д., Ступак А.В., Моисеев Ю.А. Информационная система восстановительного поезда // Прикладная математика и информатика: современные исслед. в области естественных и технических наук: материалы V Междунар. науч.-практической конф. (школы-семинара) молодых ученых (22-24 апр. 2019 г.). Тольятти, 2019. С. 518–522.
5. Тихонов Ю.Б. Повышение безопасности работы грузоподъемных кранов восстановительного поезда // Изв. Транссиба. 2015. № 3 (23). С. 34–40.
6. ГОСТ 33885-2016. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Методы испытаний по санитарно-гигиеническим и экологическим показателям. Введ. 09.01.2017. М.: Стандартинформ, 2017. 42 с.
7. Система кондиционирования воздуха пассажирского вагона. Единый депозитарий результатов интеллектуальной деятельности [Электронный ресурс]. URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.5933.html> (дата обращения: 18.08.2020).
8. Современные системы кондиционирования поездов [Электронный ресурс]. URL: https://www.hvac-school.ru/vestnik_ano/vestnik_ano_ukc_universitet_28/sovremennye_sistemi_2/ (дата обращения: 18.08.2020).
9. Системы кондиционирования в поездах. Мир климата [Электронный ресурс]. URL: https://mir-klimata.info/archive/2012_2/sistemi_kondicionirovaniya_v/ (дата обращения: 18.08.2020).
10. Сообщество разработчиков – esp8266 [Электронный ресурс]. URL: <https://esp8266.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
11. Худяков С.В., Самохвалова С.Г. Использование микроконтроллера ESP8266 01. Программирование с помощью Arduino IDE // Постулат. 2016. № 12. С. 9.
12. Ds18b20 – Чип и Дип. Сообщество разработчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/ds18b20/> (дата обращения: 18.08.2020).
13. Твердотельные реле OMRON G3MB-202P [Электронный ресурс]. URL: http://www.avrobot.ru/product_info.php?products_id=2561 (дата обращения: 18.08.2020).

Таким образом, алгоритм, реализованный с помощью программного обеспечения, дает возможность автоматического дистанционного управления температурой, а внедрение автоматизированного рабочего места системы удаленного контроля температуры пассажирского вагона позволит улучшить качество труда, повысить социальные и экономические показатели работы дежурного по восстановительному поезду и в целом обеспечить готовность восстановительного поезда к выезду для проведения аварийно-восстановительных работ.

14. DC-DC преобразователи (Конвертеры). Сообщество разработчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog-show/dc-dc-converters/> (дата обращения: 18.08.2020).

References

1. JSC «Russian Railways» // [Electronic resource]. URL: <https://www.rzd.ru/> (date of access 08/18/2020)
2. Restoration work on railways / NV. Vasiliev, R.A. Rodionov., O. I. Komarov., Ed. V.M.Shitova, N.A. Sheludko – M.: Transport. 1999 167 p.
3. Order of JSC «Russian Railways» № 2743 / r of december 21, 2018 «On approval of the Regulations on the recovery train»
4. Daukulova AD, Stupak AV, Moiseev Yu. A. Information system of the recovery train // Applied mathematics and informatics: modern research in the field of natural and technical sciences. 2019. P. 518–522.
5. Tikhonov Yu. B. Improving the safety of hoisting cranes of a recovery train // Izvestia Transsib. 2015. № 3 (23). P. 34–40.
6. GOST 33885-2016 «Locomotive-hauled passenger cars. Test methods for sanitary and hygienic and environmental indicators»
7. Air conditioning system of a passenger car – Unified depository of intellectual activity results // [Electronic resource]. URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.5933.html> (date of access 08/18/2020)
8. Modern air conditioning systems for trains // [Electronic resource]. URL: https://www.hvac-school.ru/vestnik_ano/vestnik_ano_ukc_universitet_28/sovremennye_sistemi_2/ (date of access 08/18/2020).
9. Air conditioning systems in trains - Climate World // [Electronic resource]. URL: https://mir-klimata.info/archive/2012_2/sistemi_kondicionirovaniya_v/ (date of access 08/18/2020).
10. esp8266 – Community of developers // [Electronic resource]. URL: <https://esp8266.ru/> (date of access 08/18/2020).
11. Khudyakov S. V., Samokhvalova S. G. Using the ESP8266 01 microcontroller. Programming with the help of the Arduino IDE // Postulate. 2016. № 12. P. 9.
12. Ds18b20 – Chip and Dip – Community of developers // [Electronic resource]. - URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/ds18b20/> (date of access 18.08.2020).
13. Solid-state relays OMRON G3MB-202P // [Electronic resource]. – URL: http://www.avrobot.ru/product_info.php?products_id=2561 (date of access 08/18/2020).
14. DC-DC converters (Converters) - Community of developers // [Electronic resource]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog-show/dc-dc-converters/> (date of treatment 08/18/2020).