

Экономическое обоснование проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе

Е.В. Стародубцев^а, А.М. Патрусова^б

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

^аst8ev@ya.ru, ^бpatrusova@mail.ru

Статья поступила 15.11.2020, принята 09.03.2021

В статье отражены прикладные аспекты разработки и применения систем автоматизации процессов удаленного контроля температуры пассажирского вагона восстановительного поезда. Целью статьи является экономический расчет и обоснование поэлементного состава системы удаленного контроля температур в поезде. Актуальность данного направления исследований обусловлена необходимостью экономического обоснования прикладных технических решений по совершенствованию производственного процесса. Раскрыта сущность проектного решения удаленного контроля температур в поезде. Проведен выбор структурных элементов системы удаленного контроля температур в поездном составе. Приведены результаты ориентировочных экономических расчетов на установку элементов системы удаленного контроля температур на автоматизированном рабочем месте дежурного по восстановительному поезду. Рассмотрены отдельные категории с учетом необходимости экономической оценки предлагаемого решения: капитальные (единовременные) затраты; экономический эффект; экономическая эффективность. В статье представлены затраты на структурные элементы проектного решения удаленного контроля температур в поездном составе; затраты на разработку, установку и настройку оборудования проектного решения.

Ключевые слова: система контроля температуры; смета затрат; статьи расходов; восстановительный поезд; Arduino; Majordomo; программируемый микроконтроллер.

Economic justification of the design solution for remote temperature control in the train

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

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

^ast8ev@ya.ru, ^bpatrusova@mail.ru

Received 15.11.2020, accepted 09.03.2021

The article reflects the applied aspects of the development and application of automation systems for remote control of the temperature of a passenger car of a recovery train. The purpose of the article is the economic calculation and justification of the element composition of the remote temperature control system in the train. The relevance of this research area is due to the need for economic justification of applied technical solutions for improving the production process. The essence of the design solution for remote temperature control in the train is revealed. The selection of structural elements of the remote temperature control system in the train composition is carried out. The results of approximate economic calculations for the installation of elements of the remote temperature control system at the automated workplace of the recovery train attendant are presented. Separate categories are considered, taking into account the need for an economic assessment of the proposed solution: capital (one-time) costs; economic effect; economic efficiency. The article presents the costs of structural elements of the design solution for remote temperature control in the train; the costs of developing, installing and configuring the equipment of the design solution.

Keywords: temperature control system; cost estimate; cost items; recovery train; Arduino; Majordomo; programmable microcontroller.

1. Введение. Экономический аспект реализации прикладных технических решений заключается в определении структуры, содержания затрат, а также выявлении экономического и/или социального эффекта реализации рассматриваемого решения.

Данная статья является логическим продолжением работы [1] и содержит материалы, раскрывающие поэлементный состав системы удаленного контроля температур в поезде и ориентировочные экономические расчеты.

Целью статьи являются экономический расчет и обоснование поэлементного состава системы удаленного контроля температур в поезде.

Структура работы представлена пятью разделами. Во 2-м разделе раскрыта сущность проектного решения удаленного контроля температуры в поезде. В 3-м разделе проведен выбор структурных элементов системы удаленного контроля температур в поездном составе. В 4-м разделе приведены результаты ориентировочных экономических расчетов на установку элементов системы удаленного контроля температур на автоматизированном рабочем месте дежурного по восстановительному поезду (ВП). 5-й раздел включает результаты работы и перспективу применения предложенных исследований.

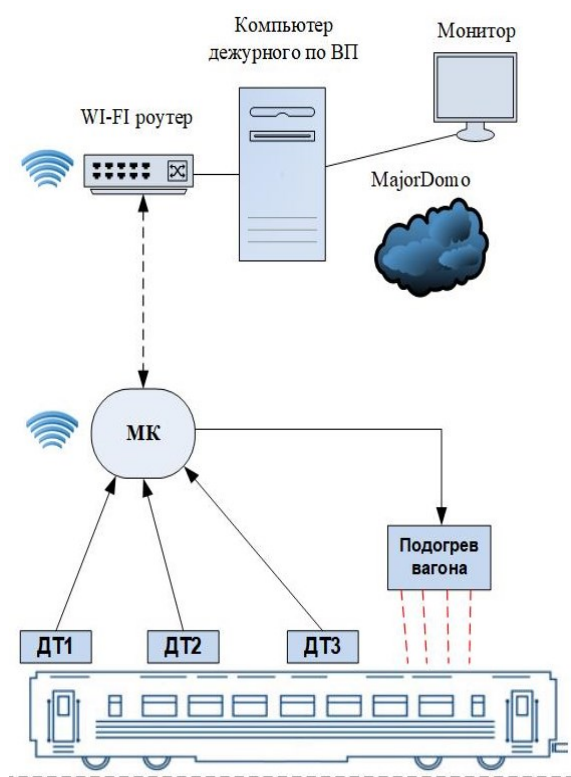


Рис. Схема функционирования системы удаленного контроля температур

2. Сущность проектного решения удаленного контроля температур в поездном составе. Проектное решение удаленного контроля температуры в поездном составе предполагает наличие следующего оборудования (см. рисунок):

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

- кабели, переходники и пр.

Датчики температуры установлены в системе отопления, на трубопроводах нагнетания теплоносителя в систему и его возврата обратно в котел и измеряют температуру воды в теплопроводе отопления; посредством отдельно расположенного датчика температуры в салоне пассажирского вагона измеряется температура воздуха. Сигналы с датчиков температуры поступают на запрограммированный микроконтроллер. Далее микроконтроллер передает данные с датчиков температуры на компьютер дежурного по ВП. Таким образом, на мониторе отображаются данные, полученные с датчиков температуры. Затем идет процедура обработки информации и выработки управляющего воздействия: сравнение полученных данных с требуемыми значениями температуры, подача команды на микроконтроллер для включения или отключения твердотельного реле, обеспечивающего включение или отключение подогрева вагона.

3. Выбор структурных элементов системы удаленного контроля температур в поезде. Анализ оборудования, представленного на российском рынке, позволил осуществить выбор следующей элементной базы:

- программируемый микроконтроллер на базе чипа ESP 8266 с встроенным WI-FI модулем (U-3.3В) [2];
- цифровой датчик температуры DS18B20 [3];
- твердотельное реле G3MB-202P (U-5В) [4];
- понижающий преобразователь напряжения (DC/DC 12В-5В) [5];
- контактор ABB ESB-24-04 [6];
- WI-FI-роутер NETGEAR JWNR2000 [7];
- персональный компьютер с минимальными системными требованиями.

Представленный выбор элементов обусловлен универсальностью предлагаемого оборудования с позиций соответствия характеристик, обозначенных в техническом задании. Например, выбранный тип микроконтроллера имеет загруженную прошивку, позволяющую осуществить подключение к другому микроконтроллеру; указанный датчик температуры обеспечивает широкий диапазон измерения температур и возможность получать питание от линии данных без использования внешнего питания; твердотельное реле обеспечивает бесконтактную коммутацию нагревательных элементов.

4. Экономическое обоснование проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе. Реализация данного этапа требует рассмотрение отдельных категорий с учетом необходимости экономической оценки предлагаемого решения.

Капитальные (единовременные) затраты включают стоимость структурных элементов проекта,

затраты на разработку, установку и настройку проектного оборудования, а также транспортные и прочие расходы.

Экономический эффект определяется по итогам оценки экономии на отопление на единицу пассажирского вагона восстановительного поезда.

Экономическая эффективность определяется как отношение эффекта к произведенным затратам, в данном случае к единовременным затратам по реализации проектного решения.

Таблица 1. Затраты на структурные элементы проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе

Наименование структурного элемента	Количество элементов, ед.	Стоимость элемента, тыс. р.	Затраты на проектное решение, тыс. р.
Аппаратная часть			
1. Микроконтроллер на базе чипа ESP 8266	1	0,5	0,5
2. Датчик температуры DS18B20	3	0,2	0,6
3. Модуль твердотельного реле G3MB-202P	1	0,5	0,5
4. Понижающий преобразователь напряжения (DC/DC 12В-5В) FDD03-55S4A	1	0,8	0,8
5. Контактёр АВВ ESB-24-04	1	3,1	3,1
6. WiFi-роутер 802.11n NETGEAR JWNR2000	1	2,1	2,1
7. Компьютер ACER Veriton EX2620G	1	10,9	10,9
8. ИБП APC Smart-UPS C SMC1500I	1	11,5	11,5
Итого			31,0
Аксессуары, кабели и пр.			
9. Кабель сетевой UTP, cat.5E, 50м.	1	1,6	1,6
10. Кабель USB3.0, 1,5м	1	0,8	0,8
11. Расходные материалы	1	1,5	1,5
Итого			3,9
Всего			34,9

Как правило, «смета затрат — это документ, в котором отражаются совокупные затраты, связанные с производством или передачей продукции (услуг) без подразделения затрат по видам продукции. В смете затраты группируются по одноименным экономическим элементам затрат: материальные затраты; оплата труда; страховые взносы в социальные фонды; амортизация и прочие затраты» [8]. Учет особенностей реализации проектных решений позволяет изменить указанную структуру, например, провести расчет затрат на оборудование, оплату труда с учетом страховых взносов, прочие затраты.

Проведем расчет затрат на создание и внедрение системы удаленного контроля температур пассажирского вагона ВП. Капитальные затраты в рассматриваемом проекте складываются из затрат на приобретаемое оборудование, проектно-исследовательские работы; экспертизу проектной документации; программные, монтажные и пусконаладочные работы; транспортные расходы и прочие расходы.

Затраты на структурные элементы проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе представлены в виде двух групп: на аппаратную часть и на аксессуары, кабели и пр. (табл. 1) и составляют 34,9 тыс. р.

Определим организационные задачи реализации данного проекта. К реализации проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе предполагается привлечение пяти специалистов:

- руководитель — осуществляет общее руководство разработкой системы, обеспечивает порядок взаимодействия с поставщиками, согласование документов с Заказчиком проекта;
- технический писатель — выполняет всю необходимую документацию по разработке и функционированию системы;
- два инженера, один из них — программист, в функционал которого входят программирование микроконтроллера и установка оборудования; другой — отвечает за установку элементов системы в местах размещения;
- сетевой администратор — обеспечивает настройку сетевых устройств и сервера MajorDoMo.

В табл. 2 представлен расчет затрат в объеме 250 тыс. р. на разработку, установку и настройку оборудования системы удаленного контроля температур. После расчета затрат на приобретение структурных элементов проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе, затрат на разработку, установку и настройку оборудования проектного решения можно определить итоговые единовременные

затраты на проект в объеме 330,9 тыс. р. (см. табл. 3).

Учитывая, что до внедрения системы электрические ТЭНы вагона обогревали вагон на полную мощность, и коэффициент загруженности равнялся 1, после внедрения системы удаленного контроля этот коэффициент снижен на 0,2 и равен 0,8.

Таблица 2. Расчет затрат на разработку, установку и настройку оборудования проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе

Вид работы	Должность исполнителя	Заработная плата с учетом страховых взносов, тыс. р.
Общее руководство	Руководитель	64
Разработка технической документации, инструкции пользователям, правил работы с системой удаленного контроля температур	Технический писатель	40
Определение программной логики работы системы, программирование микроконтроллера	Инженер-программист	86
Установка элементов системы удаленного контроля температур	Инженер	43
Подключение и настройка коммутационного оборудования, Wi-Fi роутера, компьютера дежурного по ВП, сервера MajorDoMo	Сетевой администратор	12
Итого		250

В табл. 4 приведен расчет затрат электроэнергии на один вагон восстановительного поезда. Учитывая мощность ТЭНов с коэффициентом загруженности равным 1 (до внедрения системы) и равным 0,8 (после внедрения), расход электроэнергии равен 73 350 и 50 976 кВт*ч соответственно. Сравнивая эти показания, получаем разницу: $73\ 350 - 50\ 976 = 22\ 374$ кВт*ч, что при тарифной ставке за один киловатт 3,18 р. в денежном эквиваленте дает экономический эффект по использованию системы удаленного контроля температуры в одном вагоне в размере 71 149 р. Эксплуатация пяти вагонов восстано-

вительного поезда будет давать экономию в размере более 355 тыс. р. в год.

Данные расчеты позволяют говорить об окупаемости проекта за один год с учетом отсутствия необходимости выполнения для каждого вагона некоторых работ технического писателя и инженеров.

Таблица 3. Единовременные затраты на реализацию проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе

Статьи расходов	Стоимость, тыс. р.
Стоимость оборудования	34,9
Проектно-исследовательские работы, разработка бизнес-плана	20,5
Разработка проектной документации, программные, монтажные и пусконаладочные работы	250,0
Транспортные расходы	5
Прочие затраты	20,5
Итого по проекту	330,9

5. Заключение. Предложенное проектное решение удаленного контроля температуры в поездном составе не уступает аналогам систем кондиционирования крупных производителей [9-11] по стоимости внедрения и эксплуатации, срокам изготовления, установки и пр., что на первом этапе позволило сделать предварительный вывод об экономической целесообразности предлагаемого решения. Проблема формирования и развития кадрового потенциала организаций в современных экономических условиях раскрывает необходимость наличия профессионально подготовленных специалистов при решении подобных производственных задач [12].

В работе предложено решение организационных задач реализации проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе с привлечением таких специалистов, как руководитель, технический писатель, инженеры, сетевой администратор, и предложены функциональные задачи.

В статье проведен расчет затрат на приобретение оборудования для реализации проектного решения удаленного контроля температуры в поездном составе в размере 34,9 тыс. р., а также затрат на разработку, установку и настройку оборудования проектного решения в размере 250 тыс. р.; определены итоговые единовременные затраты на проект в объеме 330,9 тыс. р., окупаемость которых произойдет за достаточно короткий период времени — один год.

Таблица 4. Потребление электроэнергии на отопление пассажирского вагона № 37808151 по восстановительному поезду ВП-11 станции «Северобайкальск» в 2020 г.

Состояние	Номинальная активная мощность, кВт	Коэффициент использования мощности	Коэффициент использования нагрузки	Приведенная мощность электрообогревателя, кВт	Расход электроэнергии, <i>месяцы года/кВт*ч</i>												
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого
До внедрения системы	25	1	1	25	17 050	11 200	7 750	6 750	-	-	-	-	-	6 200	12 000	12 400	73 350
После внедрения системы	25	0,8	0,8	16	10 912	11 200	4 960	4 320	-	-	-	-	-	3 968	7 680	7 936	50 976

Литература

1. Стародубцев Е.В., Патрусова А.М. Система удаленного контроля температур в поездном составе // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 3 (47). С. 50-54.
2. Худяков С.В., Самохвалова С.Г. Использование микроконтроллера ESP8266 01. Программирование с помощью Arduino IDE // Постулат. 2016. № 12. С. 9.
3. Ds18b20 - Чип и Дип - Сообщество разработчиков // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/ds18b20/> (дата обращения: 10.10.2020).
4. Твердотельные реле OMRON G3MB-202P // [Электронный ресурс]. URL: http://www.avrobot.ru/product_info.php?products_id=2561 (дата обращения: 10.10.2020).
5. DC-DC преобразователи (Конверторы) - Сообщество разработчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog-show/dc-dc-converters/> (дата обращения: 10.10.2020).
6. Модульный контактор ABB ESB 24-04 [Электронный ресурс]. URL: <http://roomelectro.ru/714172/> (дата обращения: 10.10.2020).
7. Беспроводной маршрутизатор NETGEAR JWNR2000 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ixbt.com/comm/netgear-jwnr2000.shtml> (дата обращения: 10.10.2020).
8. Коварда В.В., Шипулина К.В. Классификация производственных затрат и структура издержек энергетических предприятий // Аллея науки. 2019. Т. 2. № 1 (28). С. 298-307.
9. Система кондиционирования воздуха пассажирского вагона. Единый депозитарий результатов интеллектуальной деятельности [Электронный ресурс]. URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.5933.html> (дата обращения: 10.10.2020).
10. Современные системы кондиционирования поездов [Электронный ресурс]. URL: https://www.hvac-school.ru/vestnik_ano/vestnik_ano_ukc_universitet_28/sovremennie_sistemi_2/ (дата обращения: 10.10.2020).
11. Системы кондиционирования в поездах. Мир климата [Электронный ресурс]. URL: https://mir-klimata.info/archive/2012_2/sistemi_kondicionirovaniya_v/ (дата обращения: 10.10.2020).
12. Patrusova A.M., Vahrusheva M.Y. Process management: Some implementation aspects. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. 753 (8). 082028.