

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ПОМОЩНИК НАЧАЛЬНИКА ШТАБА НА ПОЖАРЕ

Лахвич В.В., Сивуда А.В.

*Цель.* Экспериментальное определение времени, затрачиваемого на сбор информации и последующее принятие решения начальником штаба на пожаре при аудиальном и визуальном получении информации; разработка электронного помощника начальника штаба на пожаре для сбора, обработки, передачи и визуализации данных о пожарных автоцистернах.

*Методы.* Теоретический анализ, моделирование.

*Результаты.* Обоснованы преимущества получения и обработки данных в виде визуализированной графической информации по сравнению с аудиальным получением той же информации о работе подразделений на пожарных автоцистернах при ликвидации чрезвычайных ситуаций. При визуальном получении визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным (приблизительно в 8 раз), но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее (на 27 %). Разработан опытный образец программно-аппаратного модуля для сбора, обработки, передачи и визуализации параметров пожарной автоцистерны, таких как объем воды в цистерне, объем пенообразователя, включение коробки отбора мощности, напряжение питания в бортовой электроцепи автомобиля, геопозиционирование автомобиля.

*Область применения исследований.* Тушение пожаров и ликвидация чрезвычайных ситуаций, на которых сосредоточено значительное количество пожарной техники.

*Ключевые слова:* пожарный аварийно-спасательный автомобиль, автоцистерна, связь.

(Поступила в редакцию 4 января 2024 г.)

### Введение

Крупные пожары, на которых задействовано значительное количество пожарной техники, предъявляют высокие требования к организации штаба тушения такого пожара. Весьма острым вопросом является оперативный сбор и обобщение информации штабом, что непосредственно влияет на время принятия решения руководителем тушения пожара. Особенно ценным становится временной фактор, если такое решение связано (или может быть связано) с действиями, предполагающими большие временные и ресурсные затраты (перегруппировка технических средств, смена позиций ствольщиков и т.п.).

На сегодня в странах ЕАЭС отсутствуют разработки в области телеметрии данных о пожарной аварийно-спасательной технике.

При быстро меняющейся обстановке на пожаре информация носит оперативный характер и используется для принятия решений и выработки управляющих действий, в то же время при задержках при приеме-передаче сообщений она довольно быстро способна устаревать. В результате управление может оказаться неэффективным. Для устранения этого руководитель (оператор) должен экстраполировать полученную информацию на некоторое время вперед, т.е. осуществлять прогнозирование изменения информации во времени. От точности прогноза будет зависеть эффективность управления [1; 2].

Особенно остро информация устаревает на пожарах и чрезвычайных ситуациях, где задействовано более 10 отделений на основной и специальной пожарной аварийно-спасательной технике. И одной из главных причин этого является симплексность голосовой УКВ-радиосвязи, используемой в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям. Если руководитель тушения пожара начинает собирать информацию с использованием голосовой

УКВ-радиосвязи, все участники тушения пожара в это время ограничены в использовании способов обмена информацией.

С целью оценки времени, затраченного на сбор и получение оперативной информации на пожаре, был проведен анализ записей переговоров по голосовой УКВ-радиосвязи с пожарами, произошедших в Брестской области в 2023 г., для тушения которых привлекалось наибольшее количество пожарных автоцистерн. Оценивалось количество выходов в радиоэфир с запросом информации о каком-либо параметре пожарной автоцистерны, а также время выходов в эфир. В подсчете времени учитывались ответы абонентов о принятии информации. Результаты анализа приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Результаты анализа времени, затраченного на сбор и получение оперативной информации о работе пожарной автоцистерны**

Дата и место пожара	Количество автоцистерн	Количество выходов в эфир	Суммарное эфирное время, с
23.10.2023, Брест	13	101	1525
15.08.2023, Пинск	12	87	1234
11.09.2023, Ганцевичский р-н	8	63	921

В целях сокращения эфирного времени, затрачиваемого на сбор, обработку и передачу оперативной информации, предлагается использовать визуальный способ передачи информации.

Действительная разница между аудиальным и визуальным получением информации руководителем тушения пожара была определена экспериментально. В проведении экспериментов приняли участие 11 работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, проходящих службу в должностях старшего начальствующего состава оперативно-тактического блока (начальники дежурных смен, начальники ПАСЧ, работники ШЛЧС).

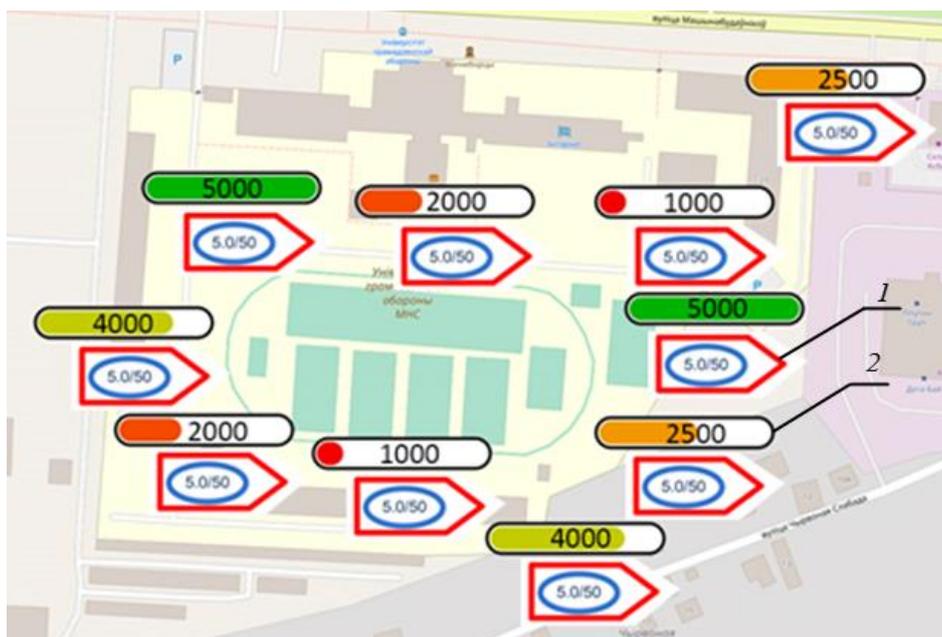
Критерием принятия решения испытуемыми в обоих этапах являлся расчет возможного объема получения воздушно-механической пены средней кратности исходя из суммарного количества воды в автоцистернах.

На первом этапе эксперимента испытуемому нужно было с использованием голосовой радиосвязи собрать информацию от работающих на условном пожаре 10 автоцистерн о количестве воды в каждой цистерне для принятия решения. Испытуемый в боевой одежде и снаряжении располагался на улице за штабным столом и последовательно вызывал с использованием УКВ-радиосвязи «водителей», которые сообщали ему количество воды в «закрепленной» за ними автоцистерне. «Водители» находились в учебном классе. После сбора данных и принятия решения испытуемый менялся с «водителем». Количество воды в цистерне для каждого «водителя» менялось для каждого испытуемого и было написано на перевернутом листе бумаги, который лежал на столе перед каждым «водителем». «Водителю» переворачивать лист разрешалось только после того, как испытуемый запрашивал у него информацию. Определение времени начала сбора информации начиналось в момент выхода испытуемого в эфир и заканчивалось с окончанием сообщения в эфире от последнего «водителя». Этот же момент принимался за начало принятия решения; концом принятия решения являлось произнесение испытуемым вслух возможного объема воздушно-механической пены средней кратности. Результаты сбора данных с использованием голосовой радиосвязи представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Время получения информации и принятия решения с использованием голосовой радиосвязи**

	№ автоцистерны	Порядковый номер испытуемого начальника штаба									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время на аудиальное получение информации, с	1	15,83	15,48	16,02	16,56	15,83	16,30	14,90	16,19	14,72	16,18
	2	14,54	16,13	15,05	15,66	14,99	14,15	15,48	15,16	14,63	16,30
	3	15,88	14,23	16,14	15,53	15,21	15,55	16,45	16,07	15,93	15,22
	4	15,20	15,38	14,92	16,23	16,70	15,88	15,21	15,73	14,67	16,87
	5	14,84	15,21	14,21	15,10	14,37	15,07	15,06	14,45	15,26	16,83
	6	16,22	15,73	15,82	16,67	15,59	16,53	15,23	15,51	15,90	14,87
	7	14,33	14,42	15,67	15,82	14,96	15,88	15,79	15,24	15,44	16,21
	8	14,67	16,59	15,99	14,95	16,69	16,07	15,14	16,52	14,53	15,26
	9	15,94	14,37	14,84	16,10	15,90	16,29	15,64	16,95	16,17	16,42
	10	14,89	16,02	14,26	15,05	14,60	15,00	16,19	14,75	14,97	14,61
Общее время	152,34	153,56	152,92	157,67	154,84	156,72	155,09	156,57	152,22	158,77	
Время принятия решения, с	12,11	13,44	11,89	13,93	12,83	12,94	12,03	12,53	12,01	12,24	

На втором этапе эксперимента испытуемым предоставлялась графическая информация о работающих на пожаре 10 автоцистернах с указанным количеством воды в каждой цистерне (рис. 1).



1 – автоцистерна; 2 – количество воды в автоцистерне

**Рисунок 1. – Графическое представление данных для испытуемых**

Испытуемому нужно было перевернуть бумажную карточку с рисунком и обработать информацию для принятия решения. Определение времени начала получения информации начиналось в момент переворачивания бумажной карточки с нанесенной графической информацией и заканчивалось в момент произнесения испытуемым вслух суммарного количества воды в автоцистернах. Этот же момент принимался за начало принятия решения; концом принятия решения являлось произнесение испытуемым вслух возможного объема воздушно-механической пены средней кратности.

Результаты сбора данных с использованием графической информации представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Время получения информации и принятия решения с использованием графической информации

	Порядковый номер испытуемого начальника штаба									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время на визуальное получение информации, с	18,71	19,10	19,79	18,70	18,89	19,88	19,37	19,26	19,88	18,93
Время принятия решения, с	8,37	8,94	10,10	10,70	8,17	9,85	9,03	8,52	9,89	9,62

Сравнительные результаты экспериментов представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Сравнение результатов экспериментов

	Аудиальное получение информации	Визуальное получение информации
Среднее время, затраченное на сбор информации, с	155,07±1,65, $p = 0,95$	19,25±0,33, $p = 0,95$
Среднее время, затраченное на принятие решения, с	12,6±0,49, $p = 0,95$	9,32±0,60, $p = 0,95$

Рисунок 2 визуализирует влияние способа получения информации на время ее получения и время последующего принятия решения.

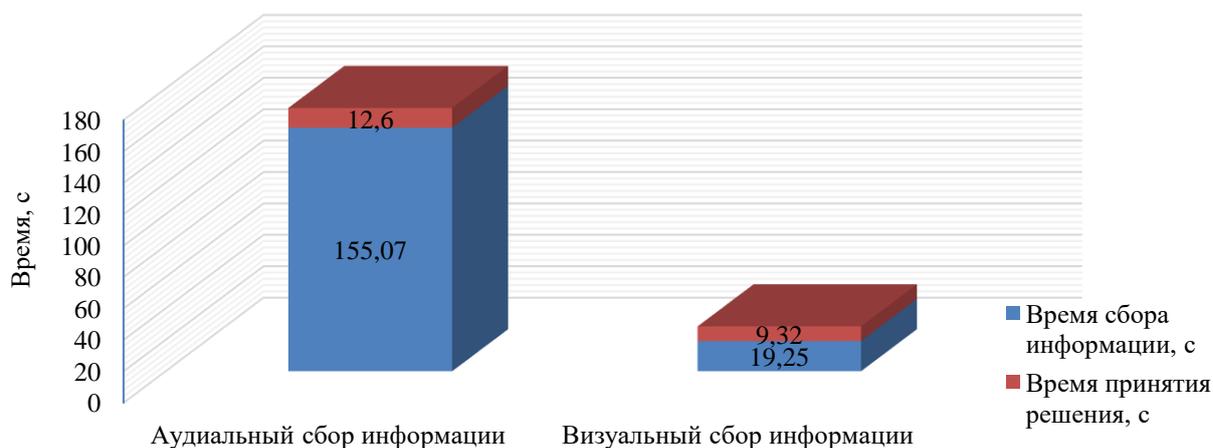


Рисунок 2. – Влияние способа получения информации на время ее получения и время последующего принятия решения

Исходя из результатов эксперимента можно сделать вывод, что визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным, но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее, т.е. время сбора информации оказывает значительное влияние на скорость принятия решения. Чем быстрее информация собирается, тем быстрее можно проанализировать ее и принять решение.

Очевидно, что, задействовав современные технологии автоматизации сбора, обобщения, передачи, систематизации и предоставления информации (системы телеметрии данных), можно не только увеличить скорость передачи информации, но и улучшить ее качество и точность принимаемых на ее основе решений, что позволит сохранить человеческие жизни и снизить ущерб от пожаров и других ЧС.

### Разработка программно-аппаратного модуля

**Аппаратная часть.** Современные пожарные автоцистерны, производимые, например, ООО «ПОЖНАБ», оснащаются множеством датчиков, позволяющих осуществлять визуальный контроль различных параметров. Так, на автоцистерне (далее – АЦ) АЦ 5,0-50 на шасси МАЗ (5309) серийно применяется система контроля уровня воды в цистерне, уровня пенообразователя, открытия дверей и отсеков, включения коробки отбора мощности и т.д. Данные собираются с датчиков, оцифровываются и передаются на пульты визуального

контроля, расположенные в кабине и в насосном отсеке. Передача данных на пультах осуществляется по стандарту CAN (Controller Area Network), что позволяет применить недорогостоящие электронные компоненты для обработки этой информации и передачи ее на сервер [3].

Для руководства тушением пожара значимыми данными, которые можно получить из CAN-шины современной автоцистерны, являются: количество воды в цистерне, количество пенообразователя в пенобаке, включение/выключение коробки отбора мощности, включение/выключение сцепления, напряжение в бортовой электросети (при заведенном двигателе и работающем генераторе около 28 В, при выключенном двигателе – около 24 В), температура (в кабине, на улице, охлаждающей жидкости). Кроме того, при использовании простейшей GPS-антенны можно получить данные геопозиционирования автоцистерны с точностью до метра.

Для преобразования данных CAN-шины автоцистерны и передачи их на сервер необходимо использовать микроконтроллер. Основное требование к аппаратным возможностям устройства – наличие достаточного объема памяти в управляющем микроконтроллере для хранения скриптов и обеспечения установки их интерпретатора. В качестве основы разработанного прототипа узла системы телеметрии использовался микроконтроллер ESP32. Выбор был обусловлен наличием у микроконтроллера флеш-памяти, модуля Wi-Fi и мощного микропроцессора. Также микроконтроллер имеет аппаратную поддержку криптографических операций и оптимизации энергопотребления, что позволяет использовать его для данного проекта системы телеметрии [4]. Для передачи данных на сервер использовался модуль SIM-800C ввиду его доступности и наличия библиотек для поддержки работы с микроконтроллером ESP32, а также работа в сетях GSM 2G, зона покрытия которой является наибольшей для территории Республики Беларусь<sup>1</sup>.

**Программная часть.** Передача данных на сервер может осуществляться по протоколам HTTP и MQTT. Как пишет Т.И. Курмаев [5], протокол MQTT показывает лучшие результаты: имеет меньшую среднюю задержку передачи данных при схожем объеме данных с HTTP, а также имеет большую пропускную способность, что определяет его как наиболее релевантный выбор для реализации системы телеметрии данных пожарной автоцистерны.

Для программирования микроконтроллера была выбрана интегрированная среда разработки ArduinoIDE, как официально поддерживаемая производителем микроконтроллеров ESP32 Espressif Systems. Кроме того, в указанной среде существуют готовые библиотеки TineGSMClient.h (для работы с модулем SIM-800C), PubSubClient.h (для работы с протоколом MQTT), SoftwareSerial.h (для работы с модулем GPS) [6]. Язык исходного кода C++. Объем исходного кода составил 279 строк, включая авторские комментарии. Общий алгоритм: код инициирует подключение микроконтроллера к GSM-сети и соединяется с MQTT-сервером. При успешном соединении начинает считывать и расшифровывать данные в CAN-шине, данные с GPS-антенны, данные с датчика температуры, а также входное напряжение на модуле питания от бортовой сети автомобиля. Все считанные данные собирает в MQTT-пакет вида [0.6,0.3,52.4789,23.64156,9.0,28.64] (где указанные данные разделены запятой) и отправляет этот пакет на сервер. После чего делает паузу в 5 с и повторяет сбор и отправку данных.

Получив данные на сервер, их можно визуализировать в любой удобный для руководителя тушения пожара (оператора) вид. В тестовом экземпляре серверной части системы данные имели вид, представленный на рисунке 3.

В перспективе данные можно группировать, сортировать и представлять в виде карты с наложением на нее графических пиктограмм, где каждая пиктограмма будет указывать

---

<sup>1</sup> Зона покрытия мобильной связью [Электронный ресурс] // МТС – мобильный оператор Беларуси: [www.mts.by](http://www.mts.by). – Режим доступа: <https://www.mts.by/help/obslyuzhivanie/zona-pokritiya/>. – Дата доступа: 17.09.2023.

реальное расположение автоцистерны на местности, а также текущую информацию о состоянии двигателя, коробки отбора мощности, количестве воды и пенообразователя. При нажатии на пиктограмму во всплывающем окне можно выводить подробную информацию о параметрах работы автоцистерны (рис. 4).



1 – текущая температура в салоне автоцистерны и ее график за 24 ч; 2 – текущее напряжение в бортовой сети автоцистерны и его график за 24 ч; 3 – текущий уровень воды в цистерне; 4 – состояние коробки отбора мощности (выключена); 5 – карта с текущим расположением автоцистерны; 6 – количество пенообразователя в пенобаке

Рисунок 3. – Графическое представление полученных данных с АЦ на опытном образце



Рисунок 4. – Представление полученных данных с нескольких АЦ на планшетном компьютере

### Заключение

Проведенный эксперимент показал, что визуальный сбор информации не только уменьшает время на сбор информации по сравнению с аудиальным (более чем в 8 раз), но и позволяет принимать решения на основе собранных данных быстрее (на 27 %), т.е. время сбора информации значительно влияет на скорость принятия решения. Предположительно, это обусловлено тем, что за продолжительное время сбора аудиальной информации мозг человека устает от ее сбора, при визуальном же сборе информации мозговая активность не тратится непосредственно на сбор, а собираемая информация сразу же начинает анализироваться для принятия решения.

Для предоставления руководителю тушения пожара оперативной информации о параметрах работы технических средств в визуальном виде целесообразно задействовать современные средства сбора, обработки, передачи и предоставления информации (средства телеметрии), аналоги которых широко применяются в коммерческой сфере (каршеринг, кикшеринг и т.п.). Предложенный инновационный программно-аппаратный модуль для пожарной автоцистерны, состоящий из малогабаритного (5×5×3 см) устройства, подключаемого к CAN-шине пожарной автоцистерны, позволяет обрабатывать такие параметры, как объем воды в цистерне, объем пенообразователя, включение коробки отбора мощности, напряжение бортовой электрической цепи, геопозиционирование автомобиля, а в перспективе также расход топлива и давление на насосе. Модуль имеет достаточно низкую себестоимость (суммарная стоимость электронных компонентов составляет около 40 бел. руб. по состоянию на начало 2024 г.), которая при серийном производстве может стать еще меньше.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Душков, Б.А. Основы инженерной психологии: учеб. для вузов / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 573 с. – ISBN 5-8291-0159-9.
2. Ефимов, А.Н. Информация: ценность, старение, рассеяние / А.Н. Ефимов. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
3. Полупроводниковая электроника / коллектив авторов – сотрудников компании Infineon Technologies; перевод с англ. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 592 с. – ISBN 978-5-97060-312-3.
4. Иващенко, Н.В. Разработка концепции и прототипа программно-конфигурируемой системы телеметрии / Н.В. Иващенко, К.С. Мулярчик // Сб. работ 74-й науч. конф. студентов и аспирантов Белорусского государственного университета, Минск, 15–24 мая 2017 г. В 3 ч. – Минск: БГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 211–214. – Url: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/191751>.
5. Курмаев, Т.И. Сравнение протоколов передачи данных в интернете вещей / Т.И. Курмаев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1 (115), Ч. 1. – С. 45–47. – DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. – EDN: КЕНВОВ.
6. Блум, Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. 2-е изд.: пер. с англ. / Дж. Блум. – СПб.: БХВ-Петербург; 2020. – 529 с. – ISBN 978-5-9775-6736-7.

**Электронный помощник начальника штаба на пожаре**  
**Electronic assistant to the chief of fire staff**

***Лаквич Вячеслав Вячеславович***

кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», кафедра ликвидации  
чрезвычайных ситуаций, начальник кафедры  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: slavaspec@rambler.ru  
SPIN-код: 5450-0192

***Vyacheslav V. Lakhvich***

PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Chair of Emergency Elimination,  
Head of the Chair  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: slavaspec@rambler.ru  
ORCID: 0000-0001-7601-305X

***Сивуда Антон Владимирович***

Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», факультет подготовки  
руководящих кадров, магистрант  
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,  
220118, г. Минск, Беларусь  
Email: sivuda@gmail.com

***Anton V. Sivuda***

State Educational Establishment «University  
of Civil Protection of the Ministry for Emergency  
Situations of the Republic of Belarus»,  
Administration Training Faculty,  
graduate student  
Address: Mashinostroiteley str., 25,  
220118, Minsk, Belarus  
Email: sivuda@gmail.com  
ORCID: 0009-0004-8408-2644

## ELECTRONIC ASSISTANT TO THE CHIEF OF FIRE STAFF

**Lakhvich V.V., Sivuda A.V.**

*Purpose.* Experimental determination of the time spent on information collection and subsequent decision-making by the chief of staff at the fire at auditory and visual acquisition of information; development of an electronic assistant to the chief of staff at the fire for the collection, processing, transmission and visualization of data on fire tankers.

*Methods.* Theoretical analysis, modeling.

*Findings.* The advantages of obtaining and processing data in the form of visualized graphic information in comparison with auditory acquisition of the same information about the work of units on fire tankers during emergency response are substantiated. At visual reception visual information gathering not only reduces time for information gathering in comparison with auditory (approximately in 8 times), but also allows to make decisions on the basis of the collected data faster (by 27 %). A prototype of a hardware-software module for collection, processing, transmission and visualization of fire tanker parameters, such as the volume of water in the tank, the volume of foaming agent, power take-off, power supply voltage in the on-board electric circuit of the vehicle, geopositioning of the vehicle, has been developed.

*Application field of research.* Extinguishing fires and eliminating emergency situations, which involve a significant amount of equipment.

*Keywords:* fire rescue vehicle, tanker truck, communications.

(The date of submitting: January 4, 2024)

### REFERENCES

1. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. *Osnovy inzhenernoy psikhologii* [Fundamentals of engineering psychology]: textbook. Moscow: Akademicheskiiy proekt; Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2002. 573 p. (rus). ISBN 5-8291-0159-9.
2. Efimov A.N. *Informatsiya: tsennost', starenie, rasseyaniye* [Information: value, aging, dispersion]. Moscow: Znanie, 1978. 64 p. (rus)
3. *Poluprovodnikovaya elektronika* [Semiconductor electronics]. Team of authors – employees of Infineon Technologies; translation from English. Moscow: DMK Press, 2015. 592 p. (rus). ISBN 978-5-97060-312-3.
4. Ivashchenko N.V., Mulyarchik K.S. Razrabotka kontseptsii i prototipa programmno-konfiguriruemyy sistemy telemekhaniki [Development of concept and prototype of software-configurable telemetry system]. *Proc. of the 74th Scientific conf. of students and postgraduates of the Belarusian State University, Minsk, May 15–24, 2017*. In 3 parts. Minsk: BSU, 2017. Part 1. Pp. 211–214. (rus). Url: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/191751>.
5. Kurmaev T.I. Sravnenie protokolov peredachi dannykh v internete veshchey [A comparison of data transfer protocols in the internet of things]. *International Research Journal*, 2022. No. 1 (115), Part 1. Pp. 45–47. (rus). DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. EDN: KEHBOB.
6. Blum Jeremy. *Izuchaem Arduino: instrumenty i metody tekhnicheskogo volshebstva* [Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry], 2nd edition, translation from English. St. Petersburg: BKhV-Peterburg; 2020. 529 p. (rus). ISBN 978-5-9775-6736-7.