

УДК 62-529

Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-1-70-80

Для цитирования: Мобильное устройство сбора теплоэнергетических параметров холодильника / Д. А. Шуринова, А. Н. Коваленко, А. В. Мурыгин, А. Г. Суворов // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22, № 1. С. 70–80. Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-1-70-80.

For citation: Shurinova D. A., Kovalenko A. N., Myrygin A. V., Suvorov A. G. Development of a mobile device for collection of heat power parameters of the refrigerator // Siberian Aerospace Journal. 2021, Vol. 22, No. 1, P. 70–80. Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-1-70-80.

Мобильное устройство сбора теплоэнергетических параметров холодильника

Д. А. Шуринова*, А. Н. Коваленко, А. В. Мурыгин, А. Г. Суворов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

*E-mail: dasha.shurinova@yandex.ru

Для сокращения количества времени, необходимого для проведения приёмо-сдаточных испытаний холодильника, была необходимость в разработке системы, описанной в данной статье, позволяющей сократить время проведения испытаний каждого холодильника до 6–9 мин. В статье описано, из чего состоит данная система, отдельно рассмотрена каждая единица оборудования и её роль в системе в целом, способ соединения всех приборов в единую установку, протокол связи, способ облачного хранения данных для возможности получения к ним доступа с любого мобильного устройства. Принцип работы установки заключается в измерении температуры в определённых точках конденсатора холодильника при подключении его к сети питания. Анализ теплоэнергетических свойств холодильника в совокупности с анализом скорости охлаждения холодильных камер (а также нагревом конденсатора) позволяет понять, соответствует ли каждый холодильник определённым характеристикам, установленным ГОСТом. Также в статье можно познакомиться с характеристиками используемых приборов (измеритель-регулятор температуры ТРМ 138, модуль измерения параметров электрической сети МЭ110-224-1М).

Ключевые слова: теплоэнергетические характеристики холодильника, приёмо-сдаточные испытания, конденсатор холодильника.

Development of a mobile device for collection of heat power parameters of the refrigerator

D. A. Shurinova*, A. N. Kovalenko, A. V. Myrygin, A. G. Suvorov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii Rabochi Prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

*E-mail: dasha.shurinova@yandex.ru

To reduce the amount of time required for the acceptance testing of the refrigerator, it was necessary to develop the system described in this article, which would reduce the test time for each refrigerator to 6–9 minutes. The article describes what this system consists of, separately describes each piece of equipment and its role in the system as a whole, the method of connecting all devices into a single installation, the communication protocol, the method of cloud storage of data for the ability to access them from any mobile device. The principle of operation of the installation is to measure the temperature at certain

points of the condenser of the refrigerator when it is connected to the power supply. Analysis of the heat and power properties of the refrigerator in conjunction with the analysis of the cooling rate of the refrigerating chambers (as well as the heating of the condenser) makes it possible to understand whether each refrigerator corresponds to certain characteristics established by GOST. Also in the article you can get acquainted with the characteristics of the devices used (TPM 138 temperature meter-regulator; module for measuring parameters of the electrical network ME110-224-1M).

Keywords: heat and power characteristics of the refrigerator, acceptance tests, refrigerator condenser.

Введение. На современном производстве холодильного оборудования актуальной является проблема достаточно больших временных затрат на проведение приёмо-сдаточных испытаний. В качестве решения этой проблемы авторами статьи было принято решение разработать новую методику испытаний, требующую меньшего времени. Для создания новой методики контроля теплоэнергетических параметров холодильников в режиме конвейера необходимо собрать информацию по распределению температуры в разных точках конденсатора в соответствии с потребляемой электрической мощностью компрессора. Для этого требуется разработать многоканальную систему, позволяющую выполнять эти измерения и накапливать их значения.

Новая методика должна обеспечить возможность выполнения контроля параметров системы охлаждения холодильного агрегата за 6–9 мин. и при этом учитывать:

- изменение окружающей температуры;
- начальную температуру внутреннего шкафа холодильника;
- начальную температуру компрессора.

Для разработки методики потребуется:

- расширенный сбор с помощью термопар и термосопротивлений значений температуры в 8–12 точках конденсатора и внутреннего шкафа холодильника;
- информация о значениях тока и потребляемой мощности компрессора;
- значение напряжения в питающей сети.

В данной статье дается описание разработки переносной мобильной системы, позволяющей измерять и накапливать значения указанных параметров за любой интервал времени (до 24 ч.). Полученные параметры будут храниться в облачном сервере. Данный сервис позволяет хранить большой объём информации, который будет доступен с любого мобильного устройства.

Измерение температуры. На рис. 1 показано расположение мест крепления термодатчиков, установленных с целью контроля распределения температуры по трубкам конденсатора и компрессору стенки холодильника.

Разброс температур конденсатора в точках 2–9 находится в диапазоне от 16 до 60 °С [1]. Диапазон температурных значений в точке 1 (на самом компрессоре): от 16 до 120 °С. По причинам малого диаметра трубки конденсатора и неровности поверхности боковой стенки компрессора в качестве термодатчиков будут использованы термопары градуировки ХК с минимальным диаметром рабочего спая приблизительно равным 0,5 мм. Для крепления термопар к конденсатору применим специальные зажимы (рис. 2), крепление датчика к компрессору обеспечим при помощи липкой ленты.

На рис. 3 показано положение термодатчиков [2] в холодильной камере холодильника.

В морозильной камере крепление датчиков аналогичное.

В качестве датчиков используем термосопротивления градуировки 50М [3] (рис. 4, а). Для обеспечения возможности плотного закрывания двери холодильного шкафа подключение датчиков выполняем плоским кабелем [4].

В качестве приборов измерения температуры используем ТРМ 138 (рис. 4, б). Восьмиканальный прибор ТРМ 138 имеет возможность коммуникации по интерфейсу RS 485 [7], позволяет

вводить коррекцию для каждого из каналов измерения в отдельности, а также имеет удобную индикацию. Подключение термодатчиков делаем по схеме (рис. 5).

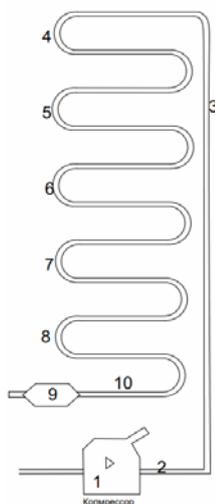


Рис. 1. Расположение мест крепления термодатчиков на конденсаторе холодильника

Fig. 1. Location of the mounting points of the temperature sensors on the condenser of the refrigerator

Рис. 2. Зажимы для крепления термопар к конденсатору холодильника

Fig. 2. Clips for attaching thermocouples to the condenser of the refrigerator

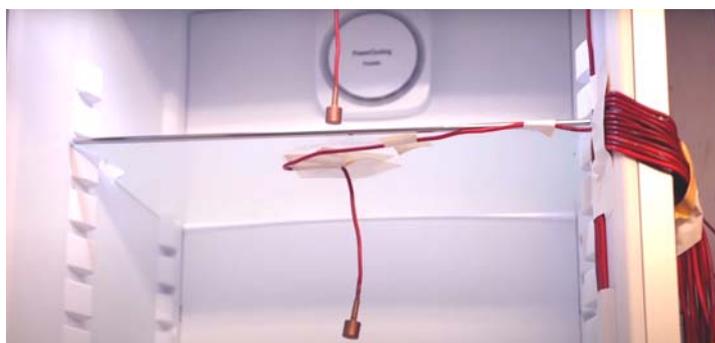


Рис. 3. Положение термодатчиков в холодильной камере

Fig. 3. The position of the temperature sensors in the refrigerating chamber is shown



Рис. 4. Термосопротивление градуировки 50М [5] (а); ТРМ 138 восьмиканальный регулятор с RS-485 [6] (б)

Fig. 4. Thermal resistance of calibration 50M [5] (a); TPM138 eight-channel controller with RS-485 [6] (b)

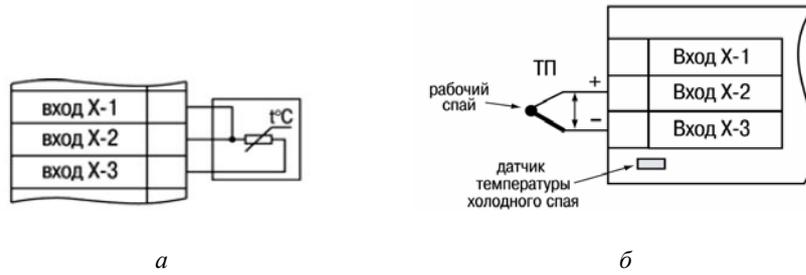


Рис. 5. Подключение термосопротивления к входам прибора TPM 138 [8] (а); подключение термопары к входам прибора TPM 138 (б)

Fig. 5. Thermal resistance connection to the TPM 138 device inputs [8] (a); thermocouple connection to TPM 138 device inputs (b)

Для предотвращения влияния помех на показания прибора для каждого из каналов выполняется цифровая фильтрация измерений, состоящая из двух этапов:

Первый этап заключается в исключении выделяющихся от основного сигнала пиков и провалов. Для этого система автоматически ведёт контроль за вновь поступающими значениями сигнала, если новое значение отличается от предыдущего на величину большую, чем заранее установленная полоса фильтра (определяется для каждого из датчиков отдельным параметром), то такой входной сигнал будет отфильтрован системой. Задание слишком малой полосы фильтра ведёт к замедлению реакции датчика на резко изменяющееся входное воздействие.

Второй этап заключается в сглаживании результатов измерений, параметр демпфирования можно задать, чем больше этот коэффициент, тем медленнее реакция прибора на изменение входной величины (рис. 6, 7).

Измеренное значение (уровень)	Значение постоянной времени фильтра														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Количество измерений, необходимое для достижения уровня														
7,0	2	3	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	19
9,0	4	6	8	11	13	15	18	20	23	25	27	29	31	34	36
9,5	5	8	11	14	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	46

При необходимости данный фильтр отключается установкой $\tau_{in.Fd} (PL-1) = 0$.

Рис. 6. Зависимость уровня от постоянной времени фильтра

Fig. 6. Dependence of the level on the filter time constant

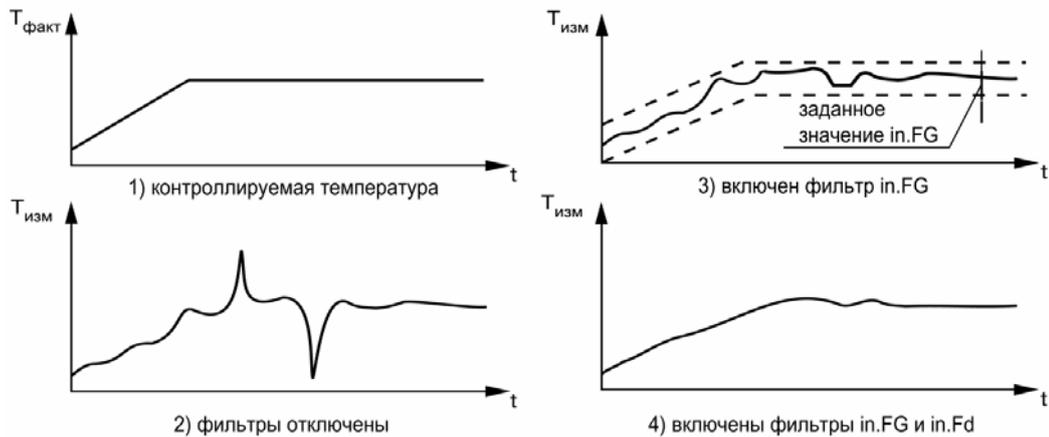


Рис. 7. Временные диаграммы работы цифровых фильтров

Fig. 7. Timing diagrams of digital filters operation

С целью устранения начальной погрешности преобразования входных сигналов, а также погрешностей, появившихся по причине воздействия соседних проводов, измеренное значение может нуждаться в коррекции. Прибор способен осуществлять 2 типа коррекции, реализующих сдвиг или наклон характеристики на заданную величину.

1. Сдвиг характеристики (рис. 8). Заключается в суммировании измеренной величины с неким заданным пользователем значением, введённым через параметры. Для каждого канала измерения значение смещения задаётся индивидуально [8].

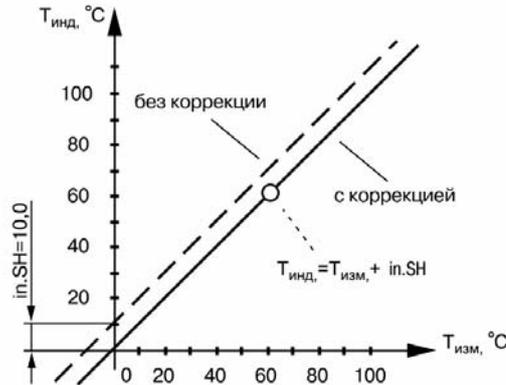


Рис. 8. Пример применения коррекции типа «сдвиг характеристики»

Fig. 8. An example of applying the correction of the “characteristic shift” type

2. Изменение наклона характеристики (рис. 9). Коррекция происходит за счёт умножения откорректированной величины на коэффициент, введённый пользователем в параметрах. Данный коэффициент индивидуален для каждого канала измерения.

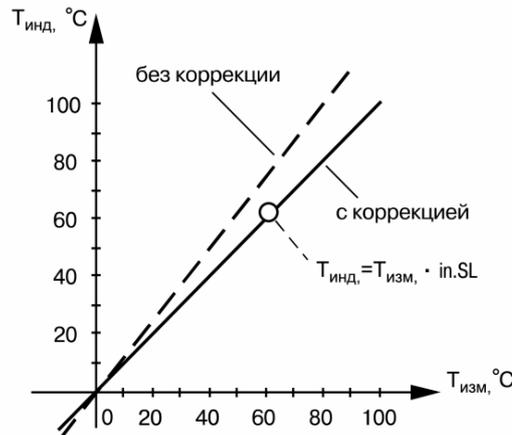


Рис. 9. Пример применения коррекции типа «наклон характеристики»

Fig. 9. An example of applying a correction of the “slope” type

Второй тип коррекции рекомендуется применять при значениях измеряемой величины, близких к максимальным, где погрешность измерения становится более значительной. Возможно применение обоих видов коррекции для канала измерения одновременно.

Измерение потребляемой мощности. Измерение потребляемой компрессором мощности позволяет установить связь во времени между распределением температур и потраченной на это электрической энергией.

Исходя из параметров потребления электроэнергии, мы сможем измерить:

- напряжение питания компрессора (220 В ± 10 %);
- силу тока (0–2 А);
- cos φ;
- активную мощность (0–200 Вт).

Для измерения этих параметров будем использовать измеритель МЭ110-224-1М [9]. Схема подключения измерителя мощности к холодильному агрегату приведена на рис. 10 [10]. В качестве нагрузки в нашем случае выступает цепь питания холодильника.

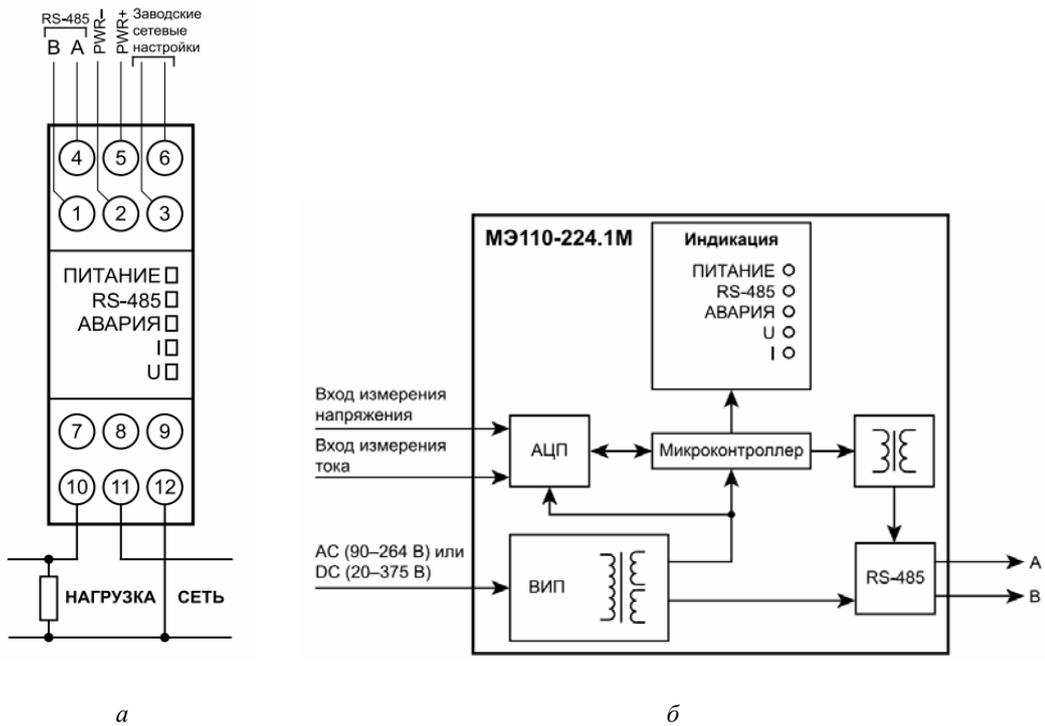


Рис. 10. Подключение модуля измерения параметров электрической цепи питания холодильника (а); структурная схема прибора (б)

Fig. 10. Connecting the module for measuring parameters of the electric power circuit of the refrigerator (a); Block diagram of the device (b)

Измерение параметров происходит следующим образом (рис. 11) [11].

1. Действующее напряжение измеряется посредством преобразования входного сигнала делителем напряжения и подачей сигнала на фильтр нижних частот. Дальнейшая обработка сигнала выполняется АЦП и микроконтроллером, рассчитывающим действующее значение напряжения по следующей формуле:

$$V_{rms} = K_v \sqrt{(1 \div T) * \int_0^T V^2(t) dt}, \quad (1)$$

где V – значение фазного напряжения; T – период; K_v – коэффициент трансформации по напряжению.

2. Действующий ток измеряется посредством прохождения входного сигнала через токовый шунт и далее на фильтр нижних частот. Дальнейшая обработка сигнала выполняется АЦП и микроконтроллером, рассчитывающим действующее значение тока по следующей формуле:

$$I_{rms} = Ki \sqrt{(1 \div T) * \int_0^T I^2(t) dt}; \quad (2)$$

3) Полная, активная и реактивная мощности вычисляются прибором по ниже указанным формулам.

Полная:

$$S = V_{rms} * I_{rms}. \quad (3)$$

Активная:

$$S = V_{rms} * I_{rms} * \cos \varphi. \quad (4)$$

Реактивная:

$$S = V_{rms} * I_{rms} * \sin \varphi. \quad (5)$$



Рис. 11. Диаграмма соотношения мощностей

Fig. 11. Power ratio diagram

Сбор и накопление измеренных значений. Для сбора и сохранения данных о температурах и электрических параметрах на облачном сервере OwenCloud будем использовать ПМ210 сетевой шлюз для доступа к сервису OwenCloud RS-485 <-> GPRS. Связь приборов по RS 485 [12] показана на рис. 12.

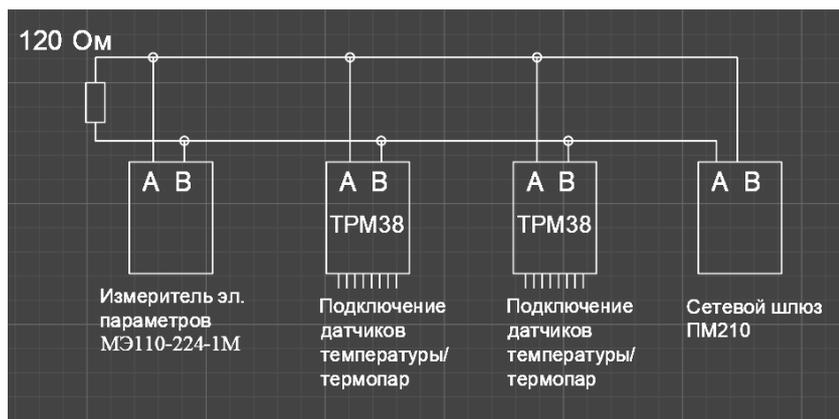


Рис. 12. Связь приборов по RS 485 [12]

Fig. 12. Communication of devices via RS 485 [12]

Для просмотра данных, полученных от прибора удалённо, а также с целью сохранения информации о температуре в привязке ко времени, используется сервис Овен Клауд. Для добавления прибора в сервис вводим на сайте Овен Клауд параметры прибора (рис. 13) [13].

Рис. 13. Добавление прибора в облачный сервис ОВЕН для просмотра значений температуры дистанционно

Fig. 13. Adding the device to the ARIES cloud service to view temperature values remotely

Далее задаём параметры общения прибора с модемом (тип прибора, часовой пояс и т. д.), протокол общения выбираем ModBus (рис. 14) [14].

Рис. 14. Задаваемые параметры общения модема с прибором

Fig. 14. Configurable parameters of communication between the modem and the device

Просматривать получаемые значения температуры можно в виде графика (рис. 15) или в виде таблицы (рис. 16), что позволяет наглядно отображать информацию. Внимание просматривающего сразу будет обращено на большие перепады, отклонение от нормы также будет очевидно при просмотре графика. Графическая зависимость параметра от времени позволяет сразу обнаружить актуальную информацию в привязке к определённому холодильнику.

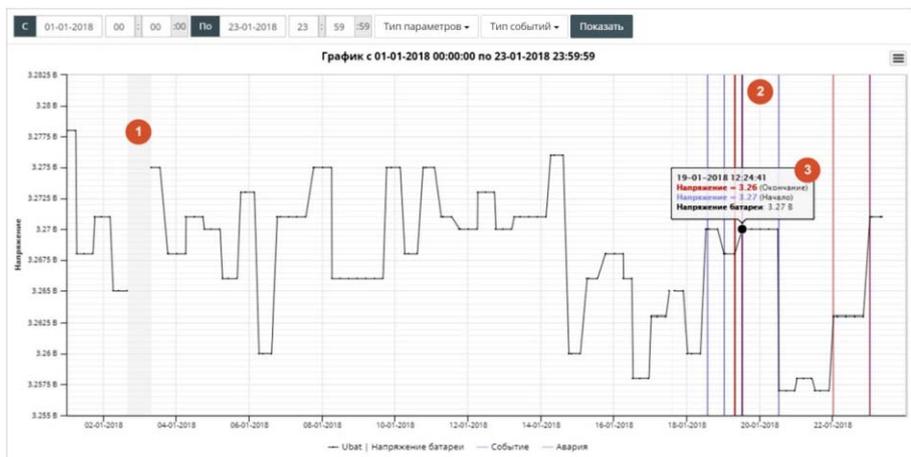


Рис. 15. Графический вывод параметров

Fig. 15. Graphical display of parameters

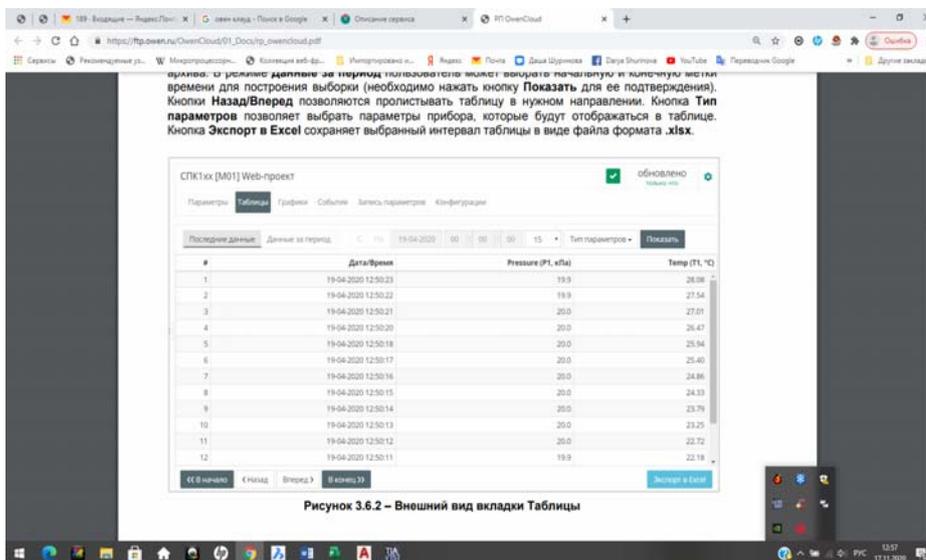


Рис. 16. Вывод параметров в виде таблицы

Fig. 16. Output of parameters in the form of a table

Доступ к данным из облачного сервиса доступен с любого устройства, подключенного к интернету.

Заключение. Разработанная авторами статьи система позволит реализовать описанный в начале статьи метод проведения приёмо-сдаточных испытаний холодильников со значительно меньшими временными затратами, создание описанной выше системы становится первым шагом к внедрению нового метода на предприятии [15].

Библиографические ссылки

1. ГОСТ 16317–87. Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3).
2. Волошин И. Ф., Касперович А. С., Шашков А. Г. Полупроводниковые термосопротивления. Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1959. 197 с.
3. Градуировка 50 м [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrouzel.ru/instrumentation/calibration/71-graduirovka-50m.html> (дата обращения: 10.10.2020).
4. Кабель плоский [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/flat-cable> (дата обращения: 11.10.2020).
5. Термосопротивления с кабельным выводом [Электронный ресурс]. URL: https://insat.ru/products/?category=2609&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwA-hX5Jz2YnJJeQ0e3VmDDwRZcc8IugT2LIYXDYfZiQq4QCKQf4wvhZwu7SRoCzMQQAvD_BwE (дата обращения: 11.10.2020).
6. Восьмиканальный регулятор с RS485 [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/product/trm138/price> (дата обращения: 11.10.2020).
7. Кюгельштадт Т. Гид по структуре RS-485. Отчет по применению SLLA272C. Февраль 2008 г. Редакция октября 2016. 10 с.
8. Схемы подключения TRM138 [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/product/trm138/connection> (дата обращения: 13.10.2020).
9. Модули измерения параметров электрической цепи [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/moduli_izmereniya_parametrov_elektricheskoy_seti (дата обращения: 13.10.2020).
10. Руководство по эксплуатации МЭ110-224-1М. 50 с. [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/uploads/re_me110-224.1m_2092.pdf (дата обращения: 13.10.2020).
11. ОВЕН. Модуль электроизмерительный МЭ110-224.1М. Руководство по эксплуатации 02.2020 версия 1.13 [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/product/moduli_izmereniya_parametrov_elektricheskoy_seti (дата обращения: 13.10.2020).
12. Акселсон Я. Устройство последовательного порта: Программирование Rs-232 и Rs-485. 1998. 380 с.
13. Electronic textbook owen [Электронный ресурс]. URL: <https://owen.ru/owencloud> (дата обращения: 13.10.2020).
14. Ринальди Д. Modbus: Руководство по Modbus для всех. Независимая издательская платформа Createspace. 2015. 92 с.
15. Owen Cloud. Облачный сервис. Руководство пользователя. 25.09.2020. Версия 1.07.

References

1. GOST 16317–87. *Priboryholodilnuelektricheskiebitovye. Obshietehnicheskieysloviya* [State Standard 16317–87: Household electrical refrigeration appliances. General technical conditions (with amendments No. 1, 2, 3)]. Moscow, Standartinform Publ., 1987. 22 p.
2. Voloshin I. F., Kasperovich A. S., Shashkov A. G. *Polyprovodnikovyetermosoprotivleniya* [Semiconductor Thermal Resistance]. Minsk, Publishing house Acad. Sciences BSSR, 1959, 197 p.
3. *Gradyirovka 50 m* [Graduation 50 m]. Available at: <http://elektrouzel.ru/instrumentation/calibration/71-graduirovka-50m.html> (accessed: 10.10.2020). (In Russ.)
4. *Kabel plosky* [Flat cable]. Available at: <https://www.chipdip.ru/catalog/flat-cable> (accessed 10.11.2020). (In Russ.)
5. *Termosoprotivleniya s kabelnym vivodom* [Thermoresistance with cable outlet]. Available at: <https://insat.ru/products/?category=2609&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwAhX5Jz2YnJJeQ0e3VmD>

DwRZcc8IugT2LIYXDYfZiQq4QCKQf4wvhZwu7SRoCzMQQAvD_BwE (accessed: 11.10.2020). (In Russ.)

6. *Vosmikanalny regylator s RS485* [Eight-channel thermostat with RS-485]. Available at: <https://owen.ru/product/trm138/price> (accessed: 10.11.2020). (In Russ.)

7. *Thomas Kugelstadt. Gidpo structure RS485. Otchetpoprimeneniya SLLA272C* [The RS-485 Design Guide. Application Report SLLA272C]. February 2008–Revised October 2016. 10 p.

8. *Shemy podklucheniya TRM138* [Connection diagram for TRM138]. Available at: <https://owen.ru/product/trm138/connection> (accessed: 13.10.2020). (In Russ.)

9. *Moduli izmereniya parametrov electrycheskoi tsepi* [Modules for measuring electrical network parameters]. Available at: https://owen.ru/product/moduli_izmereniya_parametrov_elektricheskoy_seti (accessed: 13.10.2020). (In Russ.)

10. Manual ME110-224-1M. 50 p. Available at: https://owen.ru/uploads/re_me110-224.1m_2092.pdf (accessed: 13.10.2020). (In Russ.)

11. *OVEN. Modul elektroizmeritelny ME110-224.1M. Rukovodstvo po ekspluatatsii 02.2020 versiya 1.13.* [OVEN. Module for measuring the parameters of electrical network ME110-224.1M. Manual. Version 1.13]. Available at: https://owen.ru/product/moduli_izmereniya_parametrov_elektricheskoy_seti (accessed: 13.10.2020). (In Russ.)

12. Jan Axelson. Serial Port Complete: Programming and Circuits for Rs-232 and Rs-485 Links and Networks. 1998, 380 p.

13. Owen Cloud [OwenCloud]. Available at: <https://owen.ru/owencloud> (accessed 10.13.2020). (In Russ.)

14. Rinaldi J. Modbus: The Everyman's Guide to Modbus. Createspace Independent Publishing Platform. 2015, 92 p.

15. *Owen Cloud. Oblachny servis. Rykovodstvo polzovatelya* [OwenCloud.Cloud service. User-guide]. 09.25.2020. Version 1.07.

© Шуринова Д. А., Суворов А. Г., Коваленко А. Н., Мурыгин А. В., 2021

Шуринова Дарья Александровна – аспирант; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: dasha.shurinova@yandex.ru.

Суворов Александр Георгиевич – кандидат технических наук, преподаватель кафедры информатики и телекоммуникаций; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: suvorov-ag@yandex.ru.

Коваленко Андрей Николаевич – кандидат технических наук, преподаватель кафедры информатики и телекоммуникаций; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: snowcap@mail.ru.

Мурыгин Александр Владимирович – доктор технических наук, заведующий кафедрой информационно-управляющие систем; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. E-mail: avm514@mail.ru.

Shurinova Daria Aleksandrovna – postgraduate student; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: dasha.shurinova@yandex.ru.

Suvorov Alexander Georgievich – Cand. Sc., Lecturer at the Department of Informatics and Telecommunications; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: suvorov-ag@yandex.ru.

Kovalenko Andrey Nikolaevich – Cand. Sc., Lecturer of the Department of Informatics and Telecommunications; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: snowcap@mail.ru.

Murygin Alexander Vladimirovich – Dr. Sc., Head Department of information management systems; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. E-mail: avm514@mail.ru.
