

МОДЕЛЬ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ВОДОЭКОНОМНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ДЕТСКОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ДОМА ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА Г. АПАТИТЫ)

Воронин Р. П.

г. Апатиты Мурманской области, МБУ ДО «Дом детского творчества им. акад. А.Е. Ферсмана»,
10 класс

Руководители: Румянцев В.О., г. Апатиты Мурманской области, МБУ ДО «Дом детского творчества им. акад. А.Е. Ферсмана», педагог дополнительного образования;

Воронина О.В., г. Апатиты Мурманской области, методист МБУ ДО «Дом детского творчества им. акад. А.Е. Ферсмана»

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте VI Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/6/22/36492>.

Вода – это общественное благо и основная потребность человека. В мировом хозяйстве вода используется практически во всех отраслях экономики, в том числе для промышленного и коммунально-бытового водоснабжения [1]. Проблемы нерационального использования водных ресурсов – постоянная тема для обсуждений и повод лишней раз подчеркнуть важность бережного отношения к воде и системам водоснабжения, их рационального потребления [2].

Один из способов беречь воду – это экономия её в быту. Промышленные предприятия и организации, в том числе образовательные – места массового нахождения людей – потребляют огромное количество воды. Многие из них сознательно сокращают водопотребление, устанавливая современное водосберегающее оборудование [3].

Кроме основной проблемы – большого расхода холодной и горячей воды и, как следствие, высоких финансовых затрат из бюджета учреждения, в том числе при чрезмерном водосбросе в случае возникновения аварийной ситуации – существует ещё и проблема безопасности детей при пользовании горячей водой, так как в периоды значительного снижения температуры воздуха Апатитская ТЭЦ – единственный источник централизованного теплоснабжения [4] – повышает температуру подаваемой воды до 75°C [5], и ребёнок, если он сначала откроет кран с горячей водой, рискует получить ожог. Также система позволяет отследить наличие людей в изолированных помещениях. Такая информация может оказаться крайне ценной в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Гипотеза: установка программно-аппаратного водосберегающего оборудования позволит сократить расход воды и средства

бюджета, соблюсти правила гигиены, избежать травм и дополнительно усилить безопасность находящихся в здании.

Цель работы: создать модель программно-аппаратной водосберегающей системы, предназначенной для детских образовательных организаций, на примере учреждения дополнительного образования Дома детского творчества города Апатиты.

Актуальность темы:

1) вода – ценный природный ресурс, нуждающийся в бережном и экономном отношении;

2) самые большие расходы любой образовательной организации – это коммунальные платежи, в частности, платежи за потребляемую воду и водоотведение;

3) детская образовательная организация несёт ответственность за безопасность своих учащихся.

Методы исследования, которые были использованы в работе: наблюдение, эксперимент, моделирование.

Наблюдение, моделирование, практическая реализация проекта

Регулярное посещение Дома детского творчества г. Апатиты и частое наблюдение в туалетной комнате не до конца закрытого крана с непрерывно текущей из него водой, луж на полу под подтекающим бачком навели на мысль о модернизации системы водоснабжения Дома детского творчества, которая позволила бы сократить расход ценного природного ресурса и своевременно реагировать на возникновение аварийных ситуаций. Ведь при отсутствии контроля за использованием воды могут происходить очень существенные её потери.

Вместе с моими руководителями мы проанализировали состояние объекта.

Дом детского творчества – самое крупное учреждение дополнительного образования города Апатиты. В нём занимается более полутора тысяч детей.

В здании расположены четыре туалетные комнаты, в которых в общей сложности – семь индивидуальных кабинок с унитазами и четыре умывальника. В цокольном этаже здания расположен теплопункт, откуда начинается система тепло- и водоснабжения учреждения.

Мы пришли к выводу, что возможно провести комплекс мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и обеспечение безопасности учащихся в учреждении.

Для реализации данного проекта мною была создана модель программно-аппаратной водосберегающей системы. Данная система работает следующим образом: в каждой туалетной комнате располагаются «Диспетчер-WC» – микроконтроллер (далее МК), который поддерживает двустороннюю связь с сервером и микроконтроллерами умывальников и туалетных кабинок. Для дистанционного изменения и поддержания температуры поступающей в здание воды, в теплопункте установлен МК, поддерживающий двустороннюю связь с сервером. Чтобы сотрудникам организации была доступна информация о состоянии системы и управление ей, предусмотрены «Диспетчеры по зданию», которые поддерживают двустороннюю связь с сервером и предоставляют сотрудникам необходимую системную информацию.

«Диспетчер-WC»

«Диспетчер-WC» предназначен для управления подачей воды к сантехническому оборудованию с помощью управляемых шаровых кранов. Также он принимает и отправляет информацию, полученную от сервера (протокол TCP/IP), и ту, что пришла от других МК в данной туалетной комнате. В качестве диспетчера в комнате находится МК ESP 8266 UNO с установленной платой управления силовой нагрузкой (комплектация: прил. 2, табл. 1).

Структура информационного пакета «Сервер – «Диспетчер-WC» (прил. 4, разд. 1, 2). Получив данный пакет, «Диспетчер-WC» перенаправляет команду на заданный МК и, если того требует команда, посылает определенный сигнал на нужный двигатель или «опрашивает» датчики движения и ультразвуковые дальнометры на всех модулях в данной туалетной комнате. Если движение обнаружено, диспетчер отправляет серверу положительный результат.

Структура пакетов «Диспетчер-WC» – Сервер» (прил. 4, разд. 3, 4). Для получения информации от МК туалетных кабинок и умывальников установлены МК на базе ARDUINONANO (прил. 2, табл. 2).

Организация и схемы микроконтроллеров туалетных кабинок и умывальников

Микроконтроллеры в туалетной кабинке и на умывальниках являются клиентами внутрикомнатной сети, в которой общение происходит через радиомодули RF24.

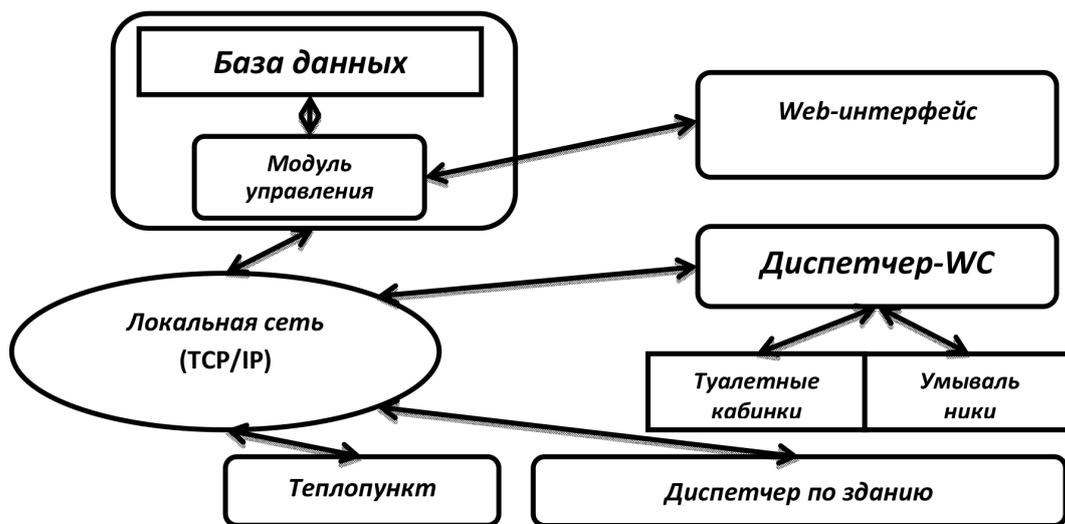


Схема работы системы



Организация и схема «Диспетчера-WC»

В туалетных кабинках предлагаем установить микроконтроллеры, которые будут перекрывать подачу воды к кабинке, в случае неисправности ее сантехнического оборудования. Это поможет сэкономить расход воды при авариях и избежать порчи имущества.

кабинки – «Диспетчер-WC» (прил. 4, разд. 6, 7, 8).

В туалетных комнатах предлагаем установить на умывальники микроконтроллеры, которые подают воду только тогда, когда человек подойдет вплотную к крану. Это поможет сэкономить расходную воду



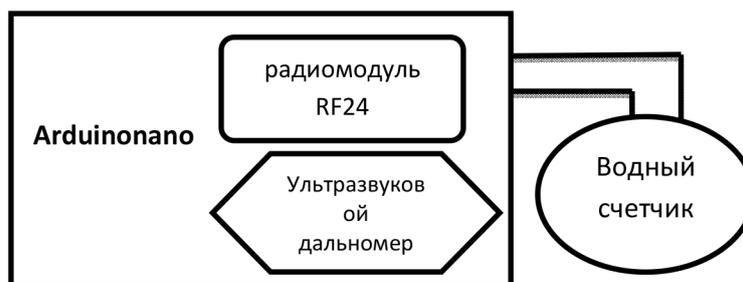
Алгоритм работы МК туалетной кабинки (приложение б)

Структура пакетов, посылаемых «Диспетчером-WC» к МК туалетной кабинки (прил. 4, разд. 5).

Структура пакетов «Диспетчер-WC» – МК туалетной кабинки», с действием (включиться, выключиться, перезагрузиться, изменить цвет светодиода) и «МК туалетной

и позволит соблюсти нормы и правила санитарной безопасности, так как не нужно трогать руками кран, после того как руки помыты.

МК, установленные на умывальниках, имеют схожий с МК туалетных кабинок алгоритм работы, только вместо датчика движения на них установлен ультразвуковой дальномер [6] (прил. 2, табл. 3).



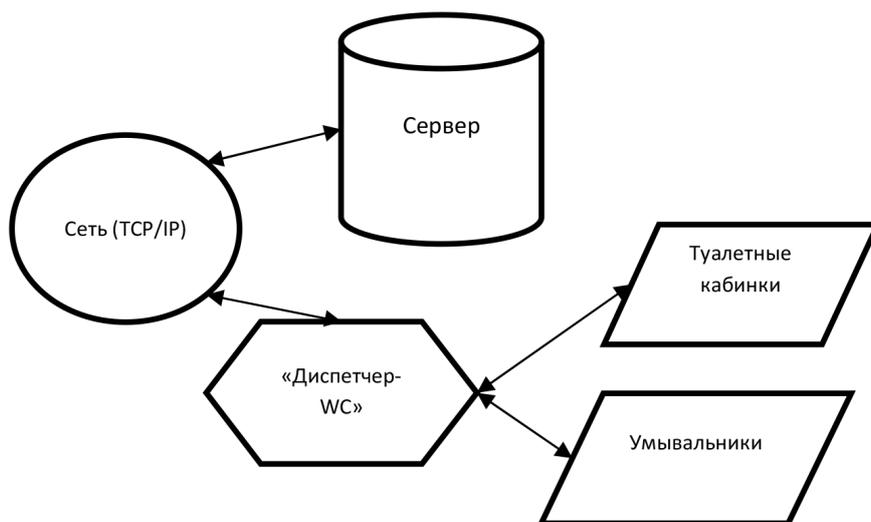
*Алгоритм работы МК умывальника
(приложение б)*

МК на умывальнике является клиентом внутрикомнатной сети, в которой общение происходит через радиомодули RF24.

Структура пакетов «Диспетчер-WC» – МК умывальника», в том числе действий (включиться, выключиться, перезагрузиться, изменить цвет светодиода) (прил. 4, разд. 9, 10) и «МК умывальника – «Диспетчер-WC» (прил. 4, разд. 11, 12).

водой (согласно медицинской статистике ожог горячей водой из-под крана – самая распространенная бытовая травма [7]), мы предлагаем модернизировать имеющуюся систему теплоснабжения (прил. 5, рис. 1) путём установки управляемого трёхходового термостатического смесительного клапана, предназначенного для регулирования температуры методом смешения потоков (прил. 5, рис. 2).

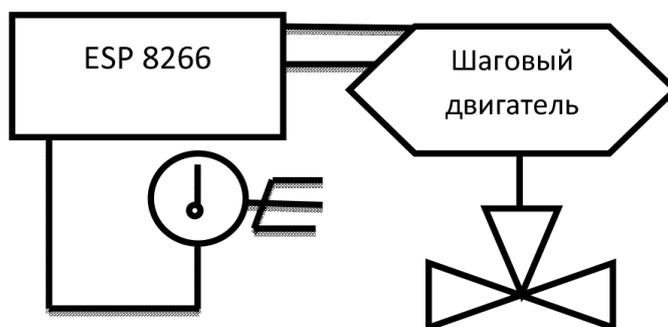
Для дистанционного управления трёхходовым термостатическим клапаном в те-



Теплопункт

В связи с тем, что ГВС питается напрямую от системы теплоснабжения, и при регулировке комфортной температуры происходит излишнее потребление как горячей, так и холодной воды, а также для обеспечения безопасности при пользовании горячей

водой в теплопункте установлен МК, оборудованный шаговым двигателем с понижающим редуктором. Он предназначен для регулирования и поддержания температуры поступающей в здание воды (комплектация – приложение 2, таб. 4). Подключается к локальной сети с помощью Wi-Fi.



Структура пакетов «Сервер – МК теплопункта» (приложение 4, раздел 13)

МК теплопункта при запросе сервером информации о температуре воды «опрашивает» цифровой термометр DS18B20 и передаёт данные. Если МК теплопункта нужно выставить определённую температуру, он с помощью шагового двигателя с редуктором начинает вращение регулировочной головки трехходового термосмесительного клапана. После совершенного оборота на один градус МК теплопункта сравнивает получившуюся температуру с той, которую необходимо выставить и, если температура больше или меньше, продолжает вращение в нужную сторону. По завершению отправляет серверу ответ с выставленной температурой.

Пакет, посылаемый сервером МК теплопункта с командой (перезагрузиться, включить/выключить подачу воды в здание) (приложение 4, раздел 14)

Структура пакетов «МК теплопункта – сервер» (приложение 4, раздел 15).

Диспетчер по зданию

Чтобы у персонала организации был доступ к информации о состоянии системы, и он мог оперативно реагировать на аварийную ситуацию и управлять системой, предусмотрен специальный модуль – «Диспетчер по зданию» (комплектация – прил. 2, табл. 5).

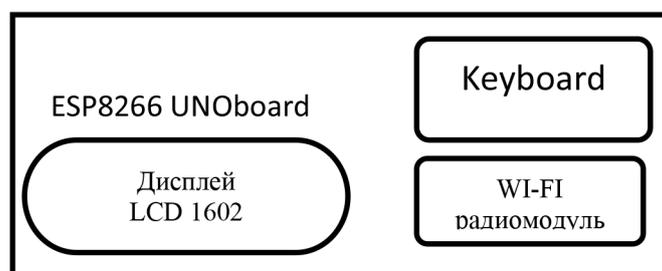
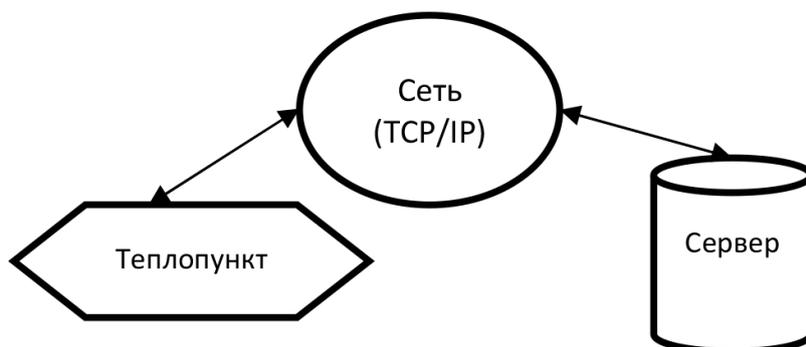
«Диспетчер по зданию» подключается к локальной сети с помощью Wi-Fi.

Структура пакетов «Сервер – МК диспетчера по зданию» (прил. 4, разд. 16)

Получив информацию об аварии, «Диспетчер по зданию» выводит на дисплей информацию о времени и месте, где она произошла.

«Диспетчер по зданию» имеет возможность запросить информацию о нахождении людей в изолированных помещениях. Структура пакета (приложение 4, раздел 17).

Структуры пакетов «Диспетчер по зданию – сервер» на запрос и изменение температуры воды, подаваемой в здание (приложение 4, разделы 18, 19).



«Диспетчер по зданию» как самостоятельно отправляет серверу пакеты, так и предоставляет такую возможность человеку. Также «Диспетчер по зданию» может через сервер управлять МК по всему зданию. Возможные действия: включить, выключить, перезагрузить (приложение 4, раздел 20).

Модуль управления

Для того чтобы сервер учреждения мог взаимодействовать с нашей программно-аппаратной системой, на нем устанавливается модуль управления с web-интерфейсом.

В клиент-серверной системе «Модуль управления» является ведущим сетевым клиентом. Он принимает, обрабатывает и координирует данные от всех сетевых клиентов и управляет ими. «Модуль управления» написан на скриптовом языке PHP 5.3 [8].

Кроме «Модуля управления» на сервере имеется реляционная база данных MySQL [9], предназначенная для хранения поступающей на сервер информации. Данные в базе требуют различного времени обновления и поступления. «Общение» «Модуля управ-

ления» с базой данных осуществляется с помощью SQL-запросов. Для удаленной работы персонала организации «Модулем управления» из сети Интернет предусмотрен web-интерфейс. Пример работы с web-интерфейсом: авторизация (приложение 1, скриншот 1), главное меню (приложение 1, скриншот 2).

В разделе меню «Информация о системе» хранятся данные, присылаемые микроконтроллерами, о температуре воды, авариях и нахождении людей в туалетных комнатах (прил. 1, скриншоты 3, 4).

Для первого и второго разделов меню есть возможность составления статистики по данным за последние два года (прил. 1, скриншот 5).

Используемое программное обеспечение

Для настройки управляющего модуля использовалась система «OpenServer» [10]. Модуль управления написан на языке PHP 5.3.

Управляющие программы для микроконтроллеров написаны на языке C в среде разработки ArduinoIDA [11].

Эксперимент и экономические расчёты проекта

Расчёт затрат на оборудование программно-аппаратной водозащитной системы в муниципальном бюджетном учреждении дополнительного образования Доме детского творчества г. Апатиты

№ п/п	Наименование оборудования	Цена	Количество	Сумма
1	Трёхходовой термостатический смесительный клапан	3.500	1	3.500
2	Шаровой кран с электроприводом	2.800	11	30.800
3	Водосчётчик с импульсным выходом	980	11	10.780
4	Датчик присутствия человека	100	7	700
5	Светодиодный сигнализатор аварии	10	7	70
6	Микроконтроллер ArduinoNano	500	11	5.500
7	Блок питания 12В	800	6	4.800
8	Модуль управления силовой нагрузкой	300	5	1.500
9	Микроконтроллер ESP 8266	500	6	3.000
10	Шаговый двигатель с редуктором	200	1	200
11	Ультразвуковой дальномер HC-SR04	100	4	400
12	Цифровая клавиатура	50	1	50
13	Дисплей LCD 1602	150	1	150
14	Электронный термометр DS18B20	50	1	50
15	Радиомодуль RF24	20	15	300
	ИТОГО:			61.800

Приборы способны функционировать без каких-либо проверок не менее 5 лет.

По данным счетов Дома детского творчества на оплату горячей и холодной воды за трёхлетний период (2015, 2016, 2017 годы) было израсходовано 820 м³ холодной воды и 360 м³ горячей воды. В среднем, за год – 280 м³ холодной воды и 120 м³ горячей воды. Соответственно, через систему водоотведения прошло 400 м³ воды.

Чтобы просчитать предполагаемую экономию воды и финансовых средств, мы:

1. В домашних условиях в ноябре 2017 года создали модель системы экономного водопотребления: приобрели и установили водозащитное оборудование. За два месяца эксперимента экономия, в среднем, составила: холодной воды – 40% (оба месяца – на 4 м³ меньше по сравнению с предыдущими периодами), горячей воды – 55% (на 5 м³ в первый месяц и на 6 м³ во второй месяц меньше, чем в предыдущие периоды).

2. Чтобы определить, какую экономию водного ресурса можно получить при установке термостатического смесительного клапана, мы несколько раз измерили сколько воды утекает впустую при регулировке комфортной температуры. Полученный результат – до 3 литров за одно пользование.

Учитывая, что Дом детского творчества посещает ежедневно около 430 детей и 37 взрослых, умывальниками в туалетных комнатах для мытья рук пользуются в течение дня, как минимум, 40% людей, то есть, примерно, 190 человек, то ежедневная экономия воды, если не надо будет регулировать температуру, может составить до 570 литров (2/3 из этого количества – это холодная вода, то есть 380 литров, и 1/3 – горячая вода, то есть 190 литров). Даже если не брать в расчёт летние месяцы, то при семидневной рабочей неделе Дома детского творчества учебный год принесёт экономии: холодной воды в объёме 380 л x 250 рабочих дней = 95.000 литров (95 м³) и горячей воды в объёме 190 л x 250 рабочих дней = 47.500 литров (47,5 м³). Или 34% от потребляемого Домом творчества количества холодной воды и 40% – от потребляемого количества горячей воды.

3. Для определения целесообразности установки в туалетных кабинках автоматизированной системы аварийного перекрытия подачи воды, позволяющей своевременно обнаруживать протечки и перекрывать воду во избежание потерь ресурса и порчи имущества, мы определили время наполнения стандартного унитаза бачка. Получилось, что в случае какой-либо неисправности бачка унитаза (самого корпуса, сливного устройства или устройства подачи

воды) каждые 2 минуты происходит потеря 8 литров воды. Если быстро не отреагировать на аварийную ситуацию, а обнаружение аварии может произойти и спустя 3–4 часа после её возникновения (особенно если это происходит в выходные дни, когда туалетные комнаты посещаются реже), то до момента реагирования может произойти потеря водного ресурса в объёме 6 литров x 120 мин. = 960 литров.

Учитывая, что подобные неисправности возникают, в среднем, 1 раз в неделю (согласно «Журнала учёта аварийных ситуаций» в Доме детского творчества), то за месяц автоматизированная система аварийного перекрытия подачи воды экономит 2880 литров ресурса, а за учебный год – около 34 м³ (3840 литров x 9 месяцев). Это ещё дополнительных 12% экономии холодной воды относительно потребляемого количества в Доме детского творчества.

Исходя из полученных данных, предполагаем, что наша программно-аппаратная водозащитная система позволит сократить расходы природного ресурса и, соответственно, бюджетных средств Дома творчества минимум на 50%:

Итак, расход воды, сократившись на 50% составит: холодной – 140 м³ в год, горячей – 60 м³ в год. Расход средств на оплату потребляемой воды и водоотведения (из расчёта цен 2017 года) составит:

$$15,26 \text{ руб.} \times 140 \text{ м}^3 \text{ (вместо } 280 \text{ м}^3) = \\ = 2.136 \text{ руб. (вместо } 4.273 \text{ руб.)}$$

$$147,95 \text{ руб.} \times 60 \text{ м}^3 \text{ (вместо } 120 \text{ м}^3) = \\ = 8.877 \text{ руб. (вместо } 17.754 \text{ руб.)}$$

$$21,54 \text{ руб.} \times 200 \text{ м}^3 \text{ (вместо } 400 \text{ м}^3) = \\ = 4.308 \text{ руб. (вместо } 8.616 \text{ руб.)}$$

Итого: 15.321 руб. в год вместо 30.643 руб. в год. Экономия – 15.322 рублей в год, что за 5 лет (гарантированный срок службы оборудования) составит 76.610 рублей.

Это позволит не только окупить затраты на оборудование программно-аппаратной безопасной водозащитной системы, но и в дальнейшем тратить сэкономленные средства на водо- и энергосберегающие мероприятия.

Экономия же воды – ценного природного ресурса – за 5 лет составит:

$$200 \text{ м}^3 \cdot 5 \text{ лет} = 1000 \text{ м}^3.$$

Семья из трёх человек при общем расходе воды 10 м³ в месяц, а в год, соответственно, 120 м³, могла бы пользоваться сэкономленной водой без малого 9 лет.

Вывод

Внедрение данной системы позволит сократить расход воды и средств бюджета Дома детского творчества, соблюсти правила гигиены, избежать травм и отследить наличие людей в изолированных помещениях. Такая информация может оказаться крайне ценной в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

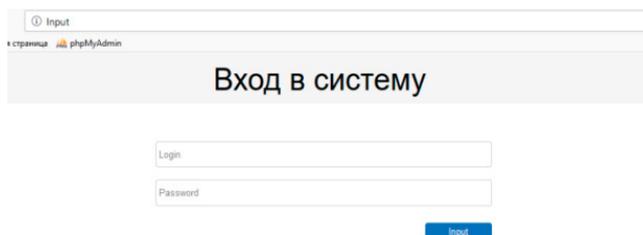
Гипотеза подтвердилась.

Перспектива продолжения работы. На основании данного проекта будет продолжена модернизация созданной автоматизированной системы путём установки дополнительного оборудования, которое позволит отслеживать нахождение людей во всех изолированных помещениях в здании. А также планируется создание мобильного приложения, которое даст возможность персоналу организации отслеживать состояние системы с их мобильных устройств.

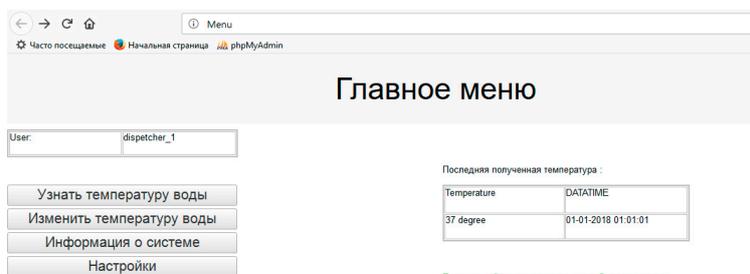
Список литературы

1. Водные ресурсы и водообеспеченность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ecodelo.org/9144-vodnye_resursy_i_vodoobespechennost-geoekologiya.
2. Ценность водных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.un.org/ru/events/water/facts4.htm.
3. Почему нужно экономить воду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sitewater.ru/pochemu-nuzhno-ekonomit-vodu.html>.
4. Схема теплоснабжения муниципального образования город Апатиты на период 2013–2028 гг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apatity.gov-murman.ru/files/for-news>.
5. СанПиН 2.1.4.2496–09 Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074–01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902156582>.
6. Дальномер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
7. Что делать при ожоге горячей водой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozhogkoji.ru/vidy/chto-delat-pri-ozhoge-goryachej-vodoj.html>.
8. Препроцессор гипертекста PHP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PHP>.
9. Свободная реляционная система управления базами данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MySQL>.
10. Версия операционной системы Unix с закрытым исходным кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/SCO_OpenServer.
11. Среда разработки ArduinoIDA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/About>.
12. Шилдт Г. Самоучитель / Герберт Шилдт. – С++: пер. с англ. – СПб.: BHV – Санкт-Петербург, 1998. – 512 с., ил.
13. Шилдт Г. Базовый курс / Герберт Шилдт. – С++: базовый курс, 3–е издание.: Пер. с англ. – М.: издательский дом «Вильямс», 2013. – 624 с., ил.
14. Уроки PHP. На основе дискуссий форума PHP.SU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.php.su>.

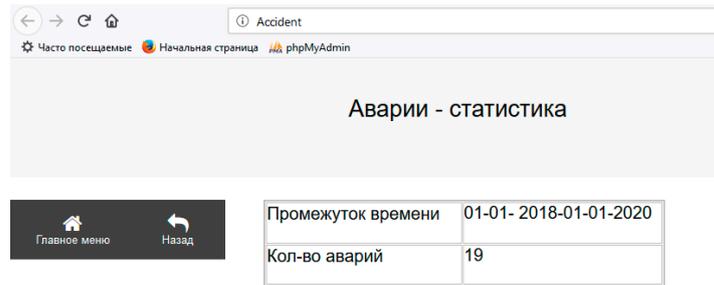
Приложение 1



Скриншот 1

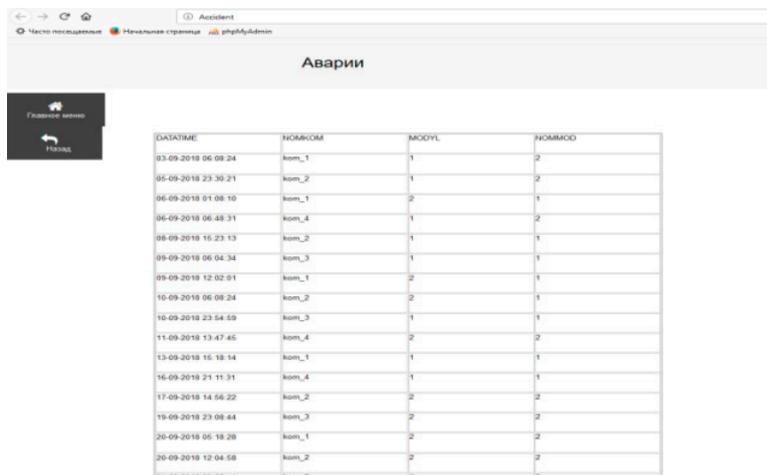


Скриншот 2



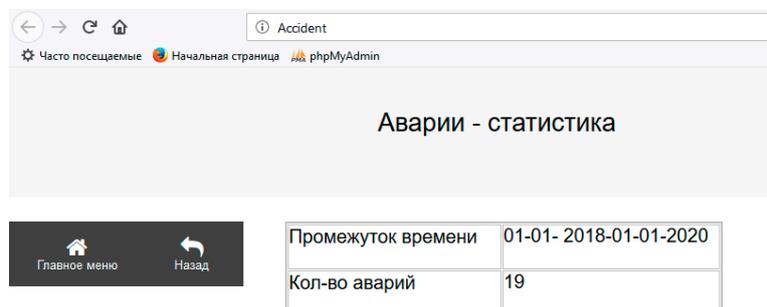
Промежуток времени	01-01- 2018-01-01-2020
Кол-во аварий	19

Скриншот 3



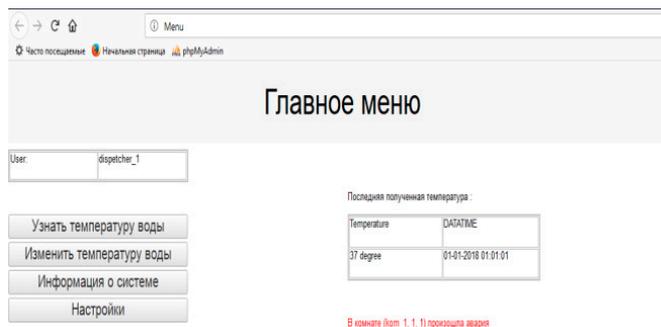
ДАТАИВРЕМЯ	НОМНОМ	МОДУЛ	НОМНОМ
03-09-2018 06:08:24	ком_1	1	2
05-09-2018 23:30:21	ком_2	1	2
06-09-2018 01:08:10	ком_1	2	1
06-09-2018 06:48:31	ком_4	1	2
08-09-2018 16:23:13	ком_2	1	1
09-09-2018 06:04:34	ком_3	1	1
09-09-2018 12:02:01	ком_1	2	1
10-09-2018 06:08:24	ком_2	2	1
10-09-2018 23:54:59	ком_3	1	1
11-09-2018 13:47:45	ком_4	2	2
13-09-2018 16:18:14	ком_1	1	1
16-09-2018 21:11:31	ком_4	1	1
17-09-2018 14:56:22	ком_2	2	2
19-09-2018 23:08:44	ком_3	2	2
20-09-2018 05:19:26	ком_1	2	2
20-09-2018 12:04:58	ком_2	2	2
21-09-2018 00:00:00	ком_4	1	1

Скриншот 4



Промежуток времени	01-01- 2018-01-01-2020
Кол-во аварий	19

Скриншот 5

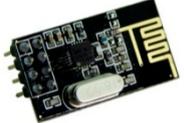


Скриншот 6

Приложение 2

Таблица 1

Комплектация модуля «Диспетчер-WC»

	
Микроконтроллер ArduCAMESP8266 UNOboard	Плата управления силовой нагрузкой с возможностью подключения электродвигателя
	

Подключенные электродвигатели	РадиомодульRF24
-------------------------------	-----------------

Таблица 2

Комплектация модуля «Туалетная кабинка»

	
Микроконтроллер Arduino nano	РадиомодульRF24
	
Тепловизионный датчик движения	Счетчик с импульсным выходом

Таблица 3

Комплектация модуля «Умывальник»

	
Микроконтроллер Arduino Nano	Радиомодуль RF24
	
Счетчик с импульсным выходом	Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Таблица 4

Комплектация модуля «Теплопункт»

	
Микроконтроллер Arduino CAMESP8266 UNO board	Шаговый электродвигатель с понижающим редуктором
	
Электронный термометр DS18B20	Трёхходовой термосмесительный клапан

Таблица 5

Комплектация модуля «Диспетчер по зданию»

	
Микроконтроллер ESP8266 UNO board	Цифровая клавиатура
	
Дисплей LCD 1602	