

**Региональный этап
Российского национального юниорского водного конкурса - 2018**

**«МОДЕЛЬ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ
ВОДОЭКОНОМНОЙ СИСТЕМЫ
В ДЕТСКОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ»**
(на примере МБУДО Дома детского творчества г. Апатиты)

автор:Воронин Роман, 9 класс

руководители:

Румянцев Владислав Олегович,

педагог дополнительного образования, руководитель
объединения «Информатика и основы программирования»;

Воронина Оксана Владимировна,

заместитель директора по УВР

МБУДО Дома детского творчества имени академика А.Е. Ферсмана

г. Апатиты Мурманской области,

Мурманская область

г. Апатиты

2018

Аннотация работы

Работа направлена на создание модели программно-аппаратной безопасной водосберегающей системы в детской образовательной организации.

В проекте дано описание безопасного для детей водосберегающего оборудования, схема его установки, а также модернизации существующего оборудования в туалетных комнатах и тепловом пункте здания детской образовательной организации. Предлагается решение проблемы чрезмерного водосброса в случае возникновения аварийной ситуации путем её своевременного обнаружения и принятых мер для устранения.

В работе приведены расчёты, доказывающие экономическую целесообразность модернизации, так как установка программно-аппаратной безопасной водосберегающей системы позволит не только сократить расход ценного природного ресурса – воды, но и экономить средства бюджета.

Модель создана на примере муниципального бюджетного учреждения дополнительного образования Дома детского творчества города Апатиты Мурманской области.

Объём работы составляет 15 страниц, включая 14 рисунков, 4 фотографии, список использованных источников и 2 приложения.

I. Введение.

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 [2]. Проблемы нерационального использования водных ресурсов - постоянная тема для обсуждений и повод лишний раз подчеркнуть важность бережного отношения к воде и системам водоснабжения, их рационального потребления [1].

Водоснабжение г. Апатиты осуществляется из поверхностного источника Имандровского водохранилища [4]. Озеро Имандра – крупнейший заполярный водоем европейской части России, в настоящее время функционирующий в режиме водохранилища. На его водосборной территории расположены крупные предприятия энергетики и горно-перерабатывающего комплекса, их инфраструктура, проживает большая часть населения Мурманской области. Имандра служит источником водоснабжения населения и промышленных объектов (питьевое и коммунально-бытовое водопотребление), объектом рыболовства, рыбоводства, рекреационным объектом, способствующим развитию туризма, отдыху и оздоровлению населения, имеет важное эстетическое значение [5]. Безусловно, этот водный объект достоин бережного к нему отношения.

Один из способов беречь воду – это экономия её в быту. Экономить можно достаточно простыми способами, при этом добившись очень существенных результатов. Например, если временно закрывать кран во время чистки зубов или бритья, то один человек ежедневно сможет сэкономить от 2 до 4 литров воды. Казалось бы, немного, но если умножить эту цифру на население нашего города (56 тыс. человек - [6]), то полученный результат впечатлит – до 220 кубических метров воды в сутки! Также реальный эффект дает временное закрытие крана при мытье посуды, чистке овощей, хотя, возможно, многим хозяйкам это и покажется не слишком удобным. Ну и, конечно, нужно быть более внимательными к текущим кранам и унитазами бачкам, через изношенные прокладки которых ежедневно убегают кубометры чистой воды.

Естественно, львиную долю воды потребляют промышленные предприятия и организации, в том числе образовательные – места массового нахождения людей. Многие из них сознательно сокращают водопотребление, устанавливая современное водосберегающее оборудование [7].

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 [3] – повышает температуру подаваемой воды до 75°С [8], и ребёнок, если он сначала откроет кран с горячей водой, рискует получить ожог.

Гипотеза: установка программно-аппаратного водосберегающего безопасного оборудования позволит сократить расход воды и средства бюджета Дома детского творчества, соблюсти правила гигиены и избежать травм.

Цель работы: создать модель программно-аппаратной безопасной водосберегающей системы, предназначенной для детских образовательных организаций, на примере учреждения дополнительного образования Дома детского творчества города Апатиты, а также проверить экономическую целесообразность данного проекта.

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.

II. Наблюдение, эксперимент и моделирование.

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 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 по адресу: ул. Фестивальная, д. 15а ежедневно бывают около 430 учащихся и 37 человек

педагогического, административного и обслуживающего персонала. Помимо ежедневной работы творческих объединений, когда каждую неделю в ДДТ приходят и, соответственно, пользуются водой около 2000 детей и взрослых, Домом детского творчества проводится много городских и областных мероприятий, что значительно увеличивает расход воды и водоотведение, а также риск возникновения аварийных ситуаций.

В здании расположены четыре туалетные комнаты, в которых в общей сложности – семь индивидуальных кабинок с унитазами и четыре умывальника. В цокольном этаже здания расположен тепловый пункт, 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.

II. 1. 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 (согласно медицинской статистике ожог горячей водой из-под крана - самая распространенная бытовая травма [9]), мы предлагаем модернизировать имеющуюся систему теплопункта (схема приведена на рис. 1)

Схема теплового узла Дома детского творчества

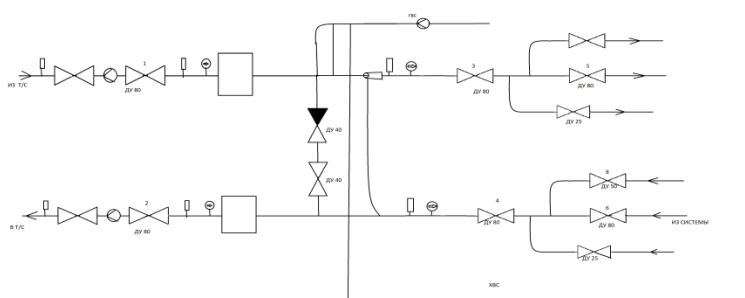


Рис. 1. Схема теплового узла Дома детского творчества г. Апатиты до модернизации (условные обозначения приведены в приложении № 1)

путём установки трёхходового термостатического смесительного клапана, предназначенного для регулирования температуры методом смешения потоков.



Рис. 2. Трёхходовой термостатический смесительный клапан

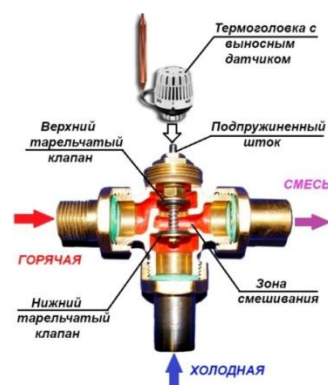


Рис. 3. Схема работы трёхходового термостатического смесительного клапана

Способ регулировки трехходового крана термостатической головкой с датчиком – самый популярный, поскольку является достаточно точным и простым, причем не требующим электричества. Установка такого клапана позволит избежать как ожогов, так и потерь воды, которая обычно происходит при регулировке нужной температуры. Также, в случае аварийного прекращения подачи холодной воды, данное устройство автоматически остановит подачу горячей воды.

Средняя цена клапана – 3.500 рублей.

Схема теплового узла Дома детского творчества

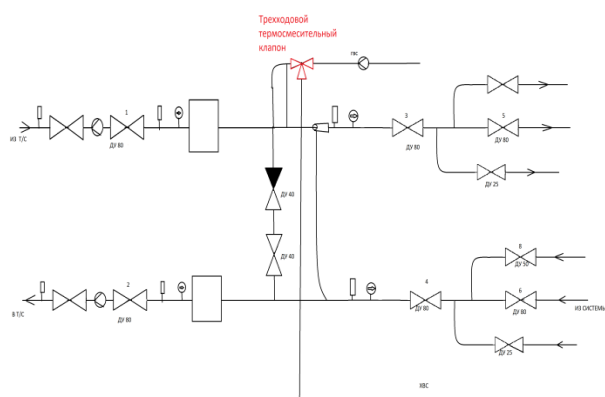


Рис. 4. Схема модернизированного теплового узла Дома детского творчества г. Апатиты (условные обозначения приведены в приложении № 1)

II. 2. В туалетных комнатах предлагаем установить на умывальники бесконтактные сенсорные смесители. Они идеально подходят для мест общего пользования с высокой проходимостью. Инфракрасный датчик подает воду только тогда, когда под краном окажутся руки или какой-либо предмет. Такой смеситель поможет сэкономить до 70% расходуемой воды.



Рис. 5. Бесконтактный сенсорный смеситель

Прибор имеет защиту от протечек, а также водонепроницаемое, вандалозащищённое окошко сенсора. Кроме того, сенсорный смеситель позволяет соблюдать нормы и правила санитарной безопасности, так как не нужно трогать руками кран, после того как руки помыты.

Бактерии и вирусы обычно передаются воздушно-капельным путем, а также через предметы общего контакта (ручки на дверях, поручни в общественном транспорте, краны в туалете). С данным прибором контакт исключен.

Средняя цена бесконтактного сенсорного смесителя – 6.000 рублей.

II. 3. Туалетные кабинки в Доме детского творчества оборудованы унитазами вида «компакт» [10].

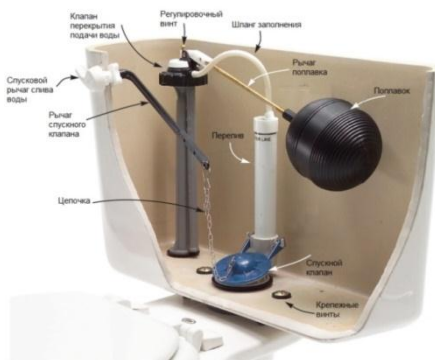


Рис. 6. Устройство сливного бачка унитаза

Конструктивно все вариации сливных бачков устроены приблизительно одинаково: они наполняются водой строго до определенного уровня, после чего наполнение бачков автоматически прекращается. Каждый из них имеет три основных механизма: непосредственно сам бачок, механизм слива и устройство подачи воды. Неисправность любого из механизмов может привести к протечке воды [11].

II. 4. Чем бы ни была вызвана протечка, это – аварийная ситуация, которая способна привести к существенной потере воды и порче имущества. Чтобы избежать этого, мы предлагаем установить автоматизированную систему аварийного перекрытия подачи воды. Данная система состоит из микроконтроллера (Arduino) и необходимых датчиков и исполнительных механизмов. К одному микроконтроллеру подключаются несколько управляемых комплектов (один комплект на каждую туалетную кабинку),

состоящих из крана шарового с электроприводом, водосчётчика с импульсным выходом, датчика присутствия человека и сигнализатора аварии.

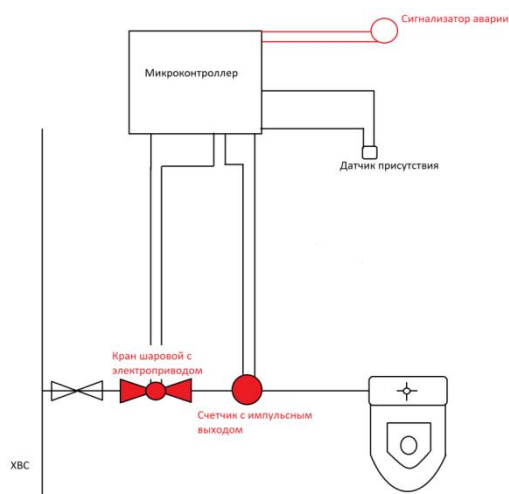


Рис. 7. Автоматизированная система аварийного перекрытия подачи воды (условные обозначения приведены в приложении № 1)

Кран шаровый с электроприводом (запорный электромагнитный клапан) и водосчётчик с импульсным выходом устанавливаются на поводящую трубу к каждому сливному бачку.



Рис. 8. Шаровой кран с электроприводом



Рис. 9. Водосчётчик с импульсным выходом

Шаровой кран с электроприводом предназначен для работы в запорном режиме, для удаленного управления потоком. Привод работает как управляющее устройство. Кран шаровой с электроприводом часто применяют в разных видах гидросистем в доме, чтобы вовремя обезопасить и предотвратить затопление или протечку. В случае аварийной ситуации в системе водоснабжения он автоматически перекроет подачу воды. После устранения протечки можно восстановить работу систем вручную или при помощи специального контроллера.

Средняя цена шарового крана с электроприводом – 2.800 рублей.

Водосчётчик с импульсным выходом — это устройство, предназначенное для определения точного объема расхода воды. Импульсный выход позволяет подключать счетчики к единой сети, чтобы считывать информацию в реальном времени.

Средняя цена счётчика с импульсным выходом – 980 рублей.

Электронный инфракрасный датчик предназначен для обнаружения присутствия в помещении человека, светодиодный сигнализатор аварии - для подачи визуального светового сигнала, предупреждающего от использования неисправного сантехнического оборудования при возникновении аварийной ситуации.



Рис. 10. Датчик присутствия человека



Рис. 11. Светодиод - сигнализатор аварии

Средняя цена датчика присутствия – 100 рублей, светодиодного сигнализатора аварии –10 руб.

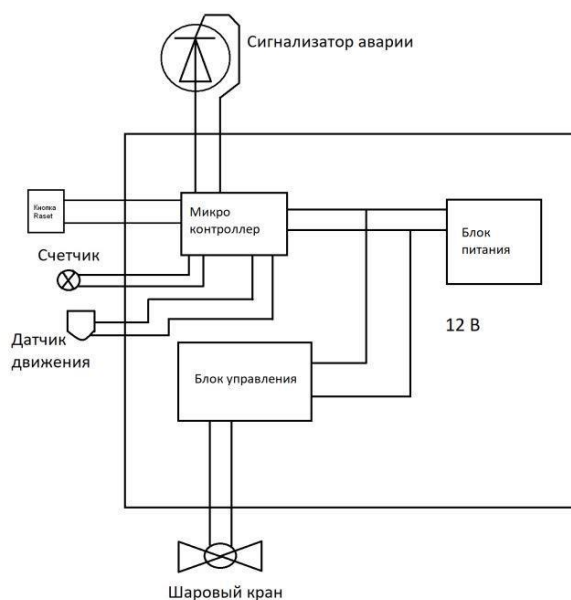


Рис. 12. Схема микроконтроллера

Алгоритм работы автоматизированной системы следующий: если датчик присутствия не обнаруживает человека в туалетной кабинке, а счётчик расхода воды показывает использование более 6 литров (стандартный объём сливного бачка унитаза), микроконтроллер посылает команду на перекрытие шаровым краном воды и включение сигнализатора аварии (светодиода), чтобы неисправная сантехника никем не использовалась до устранения причины аварии.

Для работы микроконтроллера мною была написана управляющая программа на языке C в среде разработки Arduino IDA (приложение № 2).

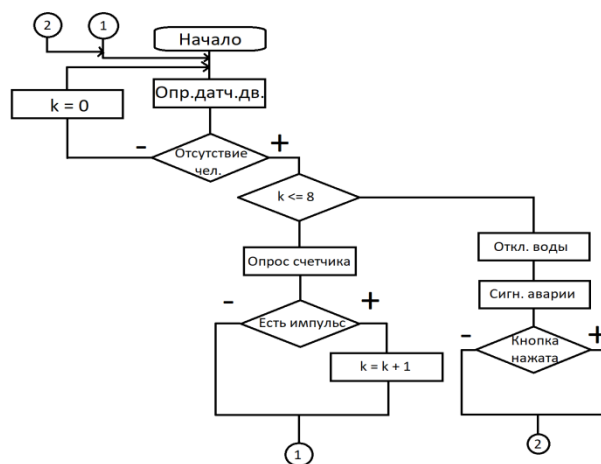


Рис. 13. Алгоритм работы автоматизированной системы

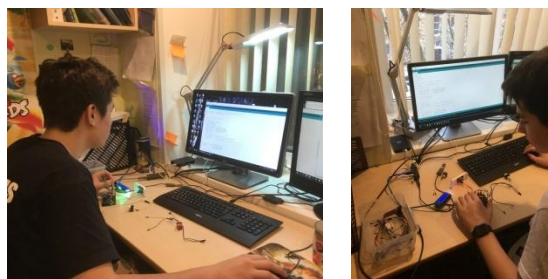


Фото 1,2. Программирование микроконтроллера

III. Проверка экономической целесообразности проекта

Расчёт затрат на оборудование программно-аппаратной безопасной водосберегающей 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	Бесконтактный сенсорный смеситель	6.000	4	24.000
3	Шаровой кран с электроприводом	2.800	7	19.600
4	Водосчётчик с импульсным выходом	980	7	6.860
5	Датчик присутствия человека	100	7	700
6	Светодиодный сигнализатор аварии	10	7	70
7	Микроконтроллер ArduinoMega	500	4	2.000
8	Блок питания 12В	800	4	3.200
9	Блок реле одноканальный	130	1	130
10	Блок реле двухканальный	260	3	780
	ИТОГО:			60.840

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 водосберегающее оборудование. В ванную комнату - сенсорную насадку на кран, и для кухонного смесителя - бытовой прибор Кухонная Гарнитура «Hands-Free», позволяющий нажатием педали включать воду только в те моменты, когда это необходимо (эмуляция сенсорного смесителя).



Рис. 13. Сенсорная насадка на кран

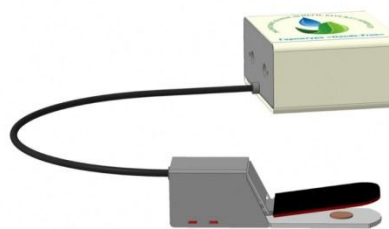


Рис. 14. Кухонная Гарнитура «Hands-Free»

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 – от 2 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. Даже если не брать в расчёт летние месяцы, то при семидневной рабочей неделе Дома детского творчества учебный год принесёт экономию воды в объёме **570 л x 250 рабочих дней = 142.500 литров (142,5 м³)**. Или **36% от потребляемого Домом творчества количества 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 6-литрового унитаза. Получилось, что в случае какой-либо неисправности бачка унитаза (самого корпуса, сливного устройства или устройства подачи воды) каждые 2 минуты происходит потеря 6 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 объеме **6 литров x 120 мин. = 720 литров.**

Учитывая, что подобные неисправности возникают, в среднем, 1 раз в неделю, то за месяц автоматизированная система аварийного перекрытия подачи воды сэкономит 2880 литров ресурса, а за учебный год – около **26 м³ (2880 литров x 9 месяцев).** Это ещё дополнительных 8% экономии холодной воды относительно потребляемого количества в Доме детского творчества.

Исходя из полученных данных, предполагаем, что наша программно-аппаратная водосберегающая система позволит сократить расходы природного ресурса и, соответственно, бюджетных средств Дома творчества минимум на 55%:

- за счёт установки сенсорных смесителей – на 40% сократится расход холодной воды и на 55% - горячей;

- за счёт установки термостатического смесительного клапана на 36% сократится расход смешанной воды;

- за счёт установки автоматизированной системы аварийного перекрытия подачи воды сократится на 8% расход холодной воды.

Итак, расход воды, сократившись на 55% составит: холодной - 126 м³ в год, горячей – 54 м³ в год. Расход средств на оплату потребляемой воды и водоотведения (из расчёта цен 2017 года) составит:

15,26 руб. x 126 м³ (вместо 280 м³) = 1.922 руб. (вместо 4.273 руб.)

147,95 руб. x 54 м³ (вместо 120 м³) = 7.989 руб. (вместо 17.754 руб.)

21,54 руб. x 180 м³ (вместо 400 м³) = 3.877 руб. (вместо 8.616 руб.)

Итого: 13.788 руб. в год вместо 30.643 руб. в год. **Экономия – 16.855 рублей в год,** что за 5 лет (гарантированный срок службы оборудования) составит **84.275 рублей.**

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

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

$220 \text{ м}^3 \times 5 \text{ лет} = 1100 \text{ м}^3$.

Это, для сравнения, чуть больше объёма чаши апатитского городского бассейна. Или семья из трёх человек при общем расходе воды 10 м^3 в месяц, а в год, соответственно, 120 м^3 , могла бы пользоваться сэкономленной водой без малого 10 лет.

IV. Заключение.

Регулярное посещение Дома детского творчества г. Апатиты и наблюдение за бесконтрольным излишним расходом ценного природного ресурса – воды из-за не до конца закрытых вентилей кранов и неисправностью сантехники навели на мысль о модернизации системы водоснабжения детской образовательной организации, которая позволила бы избежать потерь ценного природного ресурса и своевременно реагировать на возникновение аварийных ситуаций.

Мы проанализировали состояние объекта, пришли к выводу, что возможно провести комплекс мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и обеспечение безопасности учащихся в учреждении, изучили предлагаемое на рынке водосберегающее оборудование, создали модель программно-аппаратной безопасной водосберегающей системы, предназначенной для детских образовательных организаций, на примере учреждения дополнительного образования Дома детского творчества города Апатиты Мурманской области, написав управляющую программу на языке C в среде разработки Arduino IDE, проверили экономическую целесообразность данного проекта.

Вывод: установленное программно-аппаратное водосберегающее безопасное оборудование позволит сократить расход воды и средства бюджета Дома детского творчества, соблюсти правила гигиены и избежать травм. Гипотеза подтвердилась.

Перспектива продолжения работы. На основании данного проекта будет продолжена модернизация созданной автоматизированной системы путём замены микроконтроллеров Arduino на ESP 8266 с возможностью передачи данных на сервер учреждения и автоматизации вызова аварийной службы.

Список литературы и использованных источников

1. Ценность водных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.un.org/ru/events/water/facts4.htm.
2. Водные ресурсы и водообеспеченность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ecodelo.org/9144-vodnye_resursy_i_vodoobespechennost-geoekologiya.
3. Схема теплоснабжения муниципального образования город Апатиты на период 2013-2028 гг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apatity.gov-murman.ru/files/for-news>.
4. Водоснабжение и водоотведение г. Апатиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apvod.ru/ocompanii/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie>.
5. Н.А. Кашулин, В.А. Даувальтер, Д.Б. Денисов, С.А. Валькова. Некоторые аспекты современного состояния пресноводных ресурсов Мурманской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-sovremennogo-sostoyaniya-presnovodnyh-resursov-murmanskoy-oblasti>.
6. Муниципальное образование город Апатиты с подведомственной территорией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
7. Почему нужно экономить воду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sitewater.ru/pochemu-nuzhno-ekonomit-vodu.html>.
8. 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>.
9. Что делать при ожоге горячей водой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozhogkoji.ru/vidy/chto-delat-pri-ozhoge-goryachej-vodoj.html>.
10. Устройство сливного бачка унитаза. Режим доступа: <http://vash-remontik.ru/ustroystvo-slivnogo-bachka-unitaza>.
11. Ремонт сливного бачка унитаза своими руками: инструкции по устранению популярных поломок. Режим доступа: <http://sovet-ingenera.com/santeh/unitaz/remont-slivnogo-bachka-unitaza-svoimi-rukami.html#i>.
12. Окулов С.М. Основы программирования / С.М. Окулов. – 6-е изд., перераб. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 336 с.: ил. – (Развитие интеллекта школьников).
13. Шилдт Г. Самоучитель / Герберт Шилдт. - С++: пер. с англ. – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1998. – 512 с., ил.
14. Шилдт Г. Базовый курс / Герберт Шилдт. - С++: базовый курс, 3-е издание.: Пер. с англ. – М.: издательский дом «Вильямс», 2013. – 624 с., ил.

Условные обозначения

Клапан запорный проходной	
Клапан трехходовой	
Клапан обратный проходной	
Унитаз	
Кран проходной	

Управляющая программа на языке C в среде разработки Arduino IDA
для работы микроконтроллера

```

sketch_feb09a §
#include <Bounce2.h> // Подключение библиотеки.
#include <Servo.h> // Подключение библиотеки.
#include <AFMotor.h> // подключение библиотеки.
#include <Wire.h> // подключение библиотеки.
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // подключение библиотеки.
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Устанавливаем дисплей.
AF_DCMotor motor1(1); // подключение мотора.
// Объявляем оборудование в виде переменных.
int dd = 7;
int kp = 2;
int kp2 = 3;
int kp3 = 9;
int sd = 11;
int sd2 = 12;
int sd3 = 13;
int k = 0;

Bounce b1 = Bounce(); // Инсталируем объект Bounce.
Bounce b2 = Bounce(); // Инсталируем объект Bounce2.

void setup() { // Инициализация портов :

}

void avaria(int sd, int sd2, int k, int kp2) {

}

void loop() {

```

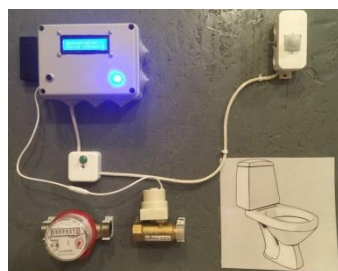


Фото 3. Демонстрационный стенд.
Датчик движения «видит» человека

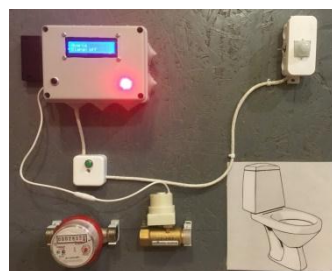


Фото 4. . Демонстрационный стенд.
Сигнал аварии