

Муниципальное казённое образовательное  
учреждение межшкольный учебный комбинат  
города Кирово-Чепецка Кировской области

## **ИНДИКАТОР ЖЁСТКОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ**

**Автор:** Логинов Арсений Евгеньевич,  
город Кирово-Чепецк, Муниципальное казённое  
образовательное учреждение межшкольный  
учебный комбинат города Кирово-Чепецка  
Кировской области, 7 класс.

**Руководитель:** Кулаков Анатолий Герасимович,  
инженер электро-физик, учитель технологии,  
Муниципальное казённое образовательное  
учреждение межшкольный учебный комбинат  
города Кирово-Чепецка Кировской области.

## Оглавление

Паспорт проекта.....	3
Введение.....	4
Отчёты по этапам.....	5
<b>Этап 1. Подготовительный.....</b>	<b>5</b>
1.1. Сбор информации для создания индикатора жесткости.....	5
1.1.1. Определение требований к качеству питьевой воды.....	5
1.1.2. Определение веществ, максимально влияющих на качество воды.....	5
1.1.3. Выбор метода определения жесткости питьевой воды.....	5
<b>Этап 2. Практический .....</b>	<b>6</b>
2.1. Разработка и изготовление датчика электрической проводимости воды.....	6
2.2. Разработка электрической схемы измерения электрической проводимости воды.....	7
2.3. Разработка конструкции и изготовление блока индикации жёсткости воды .....	8
2.4. Настройка диапазона измерения индикатора жёсткости воды.....	10
<b>Этап 3. Оценочный .....</b>	<b>12</b>
3.1. Описание индикатора и самооценка полученных результатов.....	12
3.2. Независимая оценка индикатора жесткости.....	13
Заключение .....	15
Список информационных источников .....	16
Приложения.....	17

## Паспорт проекта

### Название проекта:

Индикатор жёсткости питьевой воды

**Руководитель проекта:** Кулаков Анатолий Герасимович, учитель технологии

**Тип проекта:** практико-ориентировочный

**Заказчик проекта:** Лариса Леонидовна, мать автора

**Цель проекта:** разработать и изготовить простой индикатор жёсткости воды, проградуированный в единицах жесткости. (мг-экв/л.)

### Задачи проекта:

1. Собрать необходимые информационные материалы о качестве питьевой воды;
2. Выбрать простой метод определения жёсткости питьевой воды;
3. Разработать и изготовить датчик электрической проводимости воды;
4. Разработать принципиальную электрическую схему измерения электрической проводимости воды;
5. Разработать конструкцию и изготовить блок индикации электрической проводимости воды;
6. Настроить блок индикации на требуемый диапазон жёсткости воды;
7. Дать оценку процессу разработки и изготовления индикатора.

## Введение

Что может быть проще воды? Но нет ничего и сложнее воды. Без неё не может существовать ни одно живое существо. Для человека вода необходима каждый день, да и сам он большей частью состоит из воды. А какая она нам нужна? Вода для нас может быть и лекарством и ядом в зависимости от содержания в ней различных растворённых малых количеств веществ.

Государством разработан стандарт на максимально допустимое содержание веществ в питьевой воде: СанПиН 2.1.4. 10749-01 [1], в нём указаны требования по 44 показателям. Для определения полного соответствия питьевой воды санитарным нормам необходимо провести 44 сложных анализов. Наиболее обобщённый показатель - сухой остаток. Из него видно, что если выпарить 1 литр питьевой воды, то в сухом остатке должно остаться не более 1000 мг веществ, но максимальная часть из них это так называемые соли жёсткости: кальция и магния. За единицу жёсткости принят 1мг-экв/л. [4] Требование к жёсткости: меньше или равно 7мг-экв/л. От жёсткости воды зависят качество напитков, пищи и стирки. На практике существуют приборы для измерения общего солесодержания, а не жесткости воды. Они сложны конструкционно и проградуированы в мг/литр, что понятно только специалисту, а значит не удобно в использовании простой хозяйке на кухне. Поэтому возникла необходимость разработки простого прибора для измерения жёсткости воды, полезного любой хозяйке.

В процессе работы над проектом были определены требования к качеству питьевой воды, выбран метод определения жёсткости воды, разработаны и изготовлены конструкции датчика и блока индикации жёсткости и определена шкала измерительного прибора.

**Предполагаемый продукт:** индикатор жёсткости питьевой воды.

**Необходимое оборудование:** электроизмерительные приборы, стол электромонтажника с паяльником, слесарный инструмент, слесарный верстак, сверлильный станок.

## **Отчёты по этапам**

### **Этап 1. Подготовительный.**

#### **1.1. Сбор информации для создания индикатора жёсткости.**

**Цель:** Сбор необходимой информации для определения метода измерения жёсткости, разработки прибора для её определения.

#### **План работы:**

##### **1.1.1. Определить требования к качеству питьевой воды;**

Приложение 1.

##### **1.1.2. Определить вещества, максимально влияющие на качество воды;**

Требования к качеству питьевой воды определены СанПиН 2.1.4. 10749-01 [1], В нём указаны 30 показателей, требующие 30 сложных лабораторных анализов на содержание различных веществ. 20 показателей определены в мг/л и их общее содержание определяется методом выпаривания. Сухой остаток после выпаривания должен быть не более 1000 мг.

Сопоставление цифровых данных показывает, что большую часть, около 85%, сухого остатка составляют хлориды и сульфаты Са, Mg. Для их обозначения существует специальное название: жёсткость. Жёсткость определяют трилометрическим методом, используя разные концентрации трилона для разных ионов. [3]. Существует классификация природных вод в мг-экв/л: мягкая до 2, средней жёсткости 2-5, жёсткая 5-10, очень жёсткая больше 10 [4]. Каждая хозяйка знает, что хороший чай можно заварить только в мягкой воде, что пища приготовленная на мягкой воде вкуснее, что бельё лучше стирается в мягкой воде. Поэтому очень полезно иметь простой прибор для определения жёсткости воды.

##### **1.1.3. Выбор метода определения жёсткости воды.**

Соли жёсткости в воде находятся в виде ионов и, следовательно, являются электрическими зарядами и от их количества зависит электрическая проводимость воды. Следовательно, измерив ток через воду мы сможем определить жёсткость.

В результате работы определены требования к качеству воды, метод измерения жёсткости воды, так как она в основном определяет её качество.

## **Этап 2. Практический**

### **2.1. Разработка и изготовление датчика жёсткости воды.**

Для измерения электрической проводимости в неё опускают проводящие электроды из платины, угля или нержавеющей стали. Электрическая проводимость воды зависит прямо пропорционально от площади электродов и обратно пропорционально от расстояния. В качестве электродов выбираем нержавеющую сталь, пластины размерами 70-24-2 мм. Пластины изолированы друг от друга планками из органического стекла, толщиной 10мм. К верхней стороне пластин закреплены провода для соединения датчика с измерительным блоком.

### **Внешний вид датчика жесткости воды**



## **2.2. Разработка электрической схемы измерения проводимости воды.**

**Цель:** разработать принципиальную электрическую схему индикатора жёсткости воды.

### **2.2.1 Исследование работы датчика в зависимости от частоты тока питания.**

Датчик подключали к генератору низкой частоты ГЗ-56/1 при напряжении 1 вольт и изменяли частоту тока от 1кГц до 20 Гц ток через датчик изменялся слабо. Решили проверить возможность работы на постоянном токе. При напряжении выше 1.5 В наблюдался электролиз воды с выделением на электродах кислорода и водорода. При меньшем напряжении при включении наблюдался скачѳк тока с последующим быстрым снижением тока как при заряде конденсатора. В нашем кружке используется при изучении переменного тока схема получения его с помощью тумблера, переключающего полярность питающего постоянного тока. Вместо тумблера мы применили сдвоенную кнопку. При достаточной частоте её нажатия, ток через датчик получился достаточно стабильным, что позволяет использовать данную схему питания датчика в нашем приборе.

При разработке схемы нужно было выбрать вид электрического тока: постоянный или переменный. Применение переменного тока усложняет схему, поэтому был выбран постоянный ток. При постоянном токе, напряжением более 1 вольта, происходит электролиз воды, поэтому напряжение питания датчика должно быть меньше одного вольта, что позволяет питать всю схему от гальванического элемента типа АА с начальным напряжением 1.5В.

Во время испытания датчика на постоянном токе его поведение похоже на процесс заряда конденсатора большой ёмкости: вначале ток большой и постепенно уменьшается по экспоненте. В результате только вначале ток определяет проводимость воды, а дальше к сопротивлению воды добавляются сопротивление электродов. Вывод: необходимо постоянно менять полярность питания. Самый простой способ изменения полярности с помощью двух полярного механического переключателя, что позволяет получить достаточно стабильные показания измерителя тока.

### **2.2.2 Исследование схемы стабилизации напряжения питания датчика.**

Для стабильной работы прибора необходимо постоянное напряжение на датчике. Для получения стабильного напряжения была применена схема с использованием стабилитрона серии Д814 с включением его в прямом направлении. Лучший результат показал Д814Г. В качестве балластного резистора лучше всего подошла

лампа накаливания ЛН 26В/0.12А. Испытания стабилизатора при изменении напряжения от 1.5В до 1.0В напряжение на средней точке изменялось от 0,73В до 0.71В, что позволяет прибору стабильно работать продолжительное время без настройки по контрольному раствору.

При работе гальванического элемента его напряжение постепенно понижается, поэтому необходим стабилизатор напряжения. В качестве стабилизатора выбрана простая схема параметрической стабилизации на полупроводниковом стабилитроне типа Д814Г [2], и лампе накаливания. Данная схема позволяет получить стабильное напряжение 0.7В при изменении напряжения элемента от 1.5 до 1.0 В.

В качестве измерителя тока датчика применен микроамперметр типа М 2001 со шкалой 0-100мкА, с шунтом для измерения тока до 1мА. Для согласования тока датчика со шкалой измерителя тока применён делитель напряжения на переменном резисторе.

Все этапы разработки схемы проверялись на макете индикатора жёсткости.

В результате работы была разработана простая принципиальная электрическая схема, содержащая всего 8 электрических элементов.

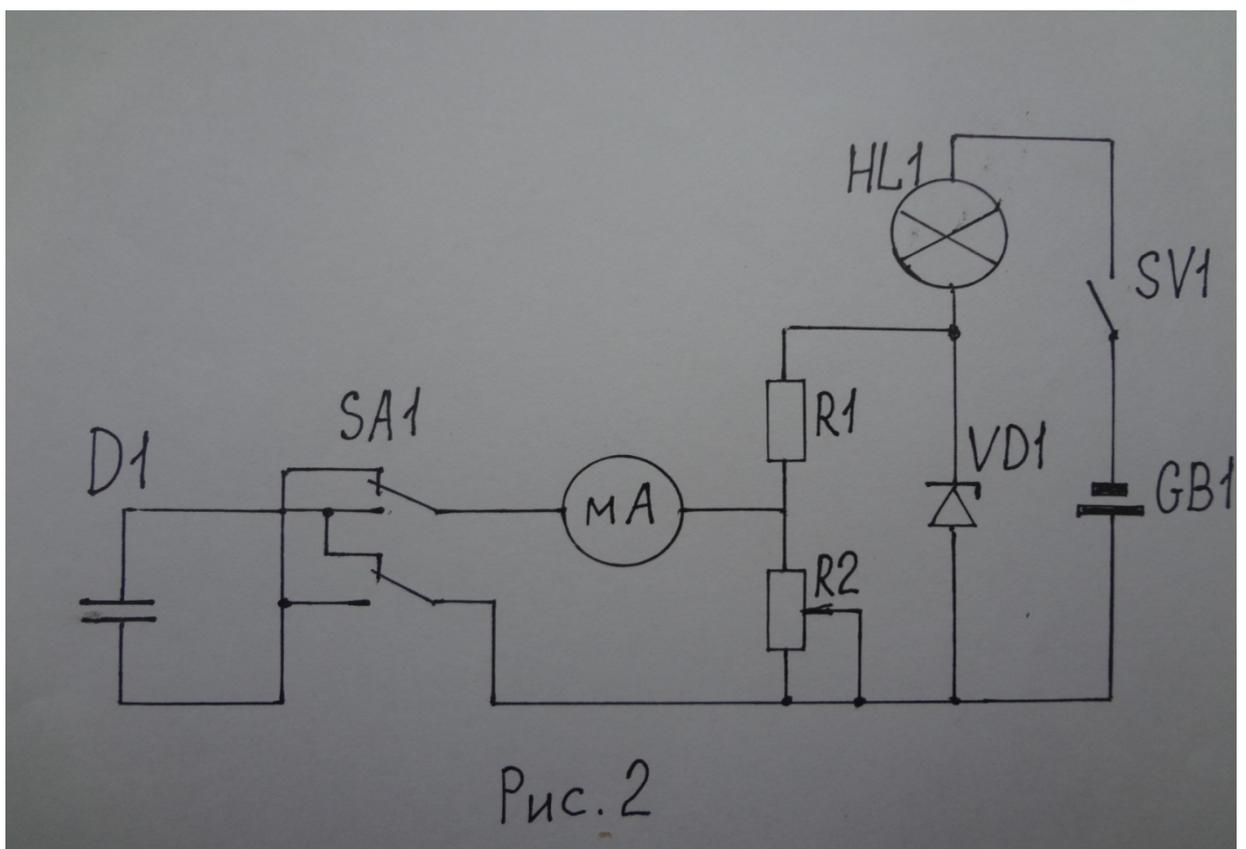
### **2.3. Разработка конструкции и изготовление блока индикации жёсткости воды**

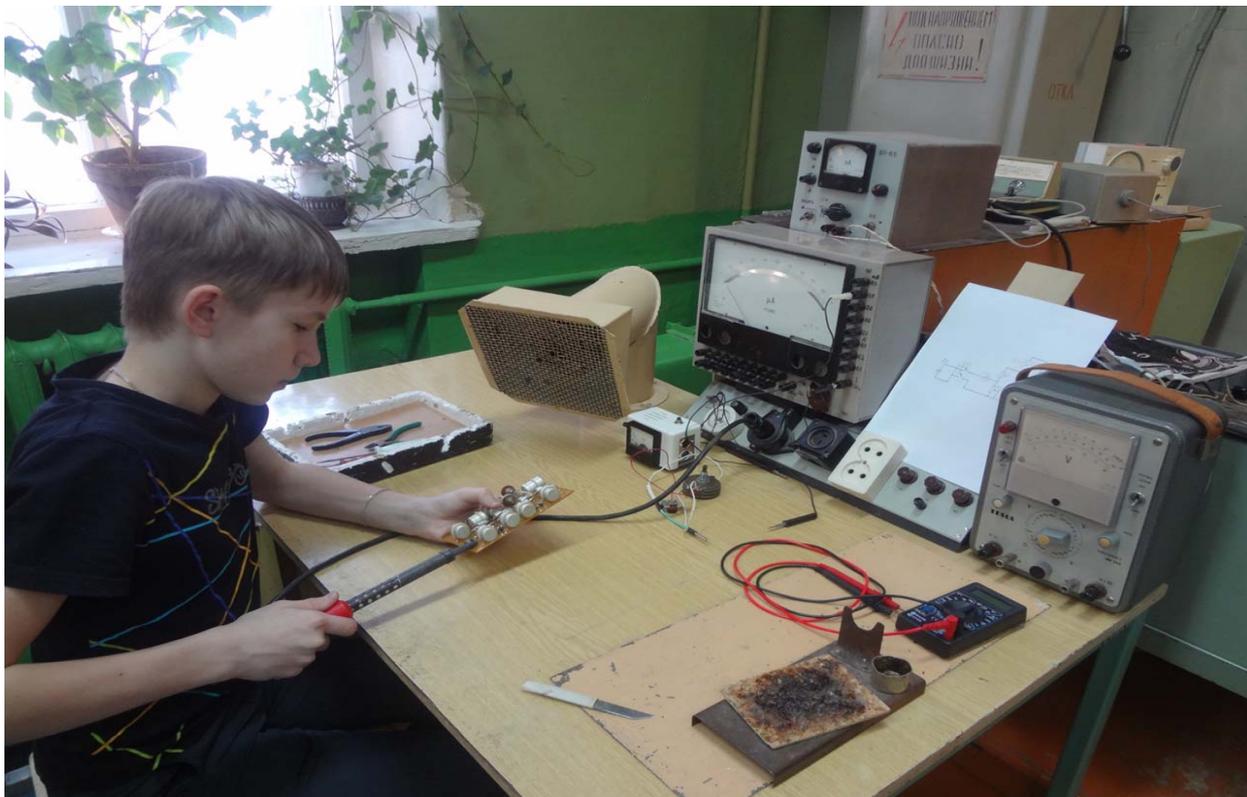
**Цель:** разработать конструкцию и изготовить блок измерения тока датчика.

Измеритель тока датчика собран в готовом пластмассовом корпусе габаритами 100-64-60 мм, хорошо вмещающем микроамперметр и другие элементы схемы.

Для установки микроамперметра и органов управления в корпусе были просверлены отверстия разного диаметра, остальные детали были размещены внутри корпуса.

**Принципиальная электрическая схема индикатора жесткости воды**





#### **2.4. Настройка диапазона измерения индикатора жёсткости воды.**

**Цель:** настроить блок индикации на соответствие показаний блока индикации диапазону жёсткости воды.

Для определения жёсткости индикатором был выбран диапазон от нуля до 10 мг-экв/л, соответствующий границе жёсткой и особо жёсткой воды.

Так как максимальное показание индикатора должно быть 10 мг-экв/л, то был приготовлен раствор  $MgSO_4$  концентрации 10 мг-экв/л. При помещении датчика в стакан с таким раствором с помощью переменного резистора устанавливаем стрелку микроамперметра на максимум. Оцифрованные метки микроамперметра соответствуют 2, 4, 6, 8, 10 мг-экв/л жёсткости.

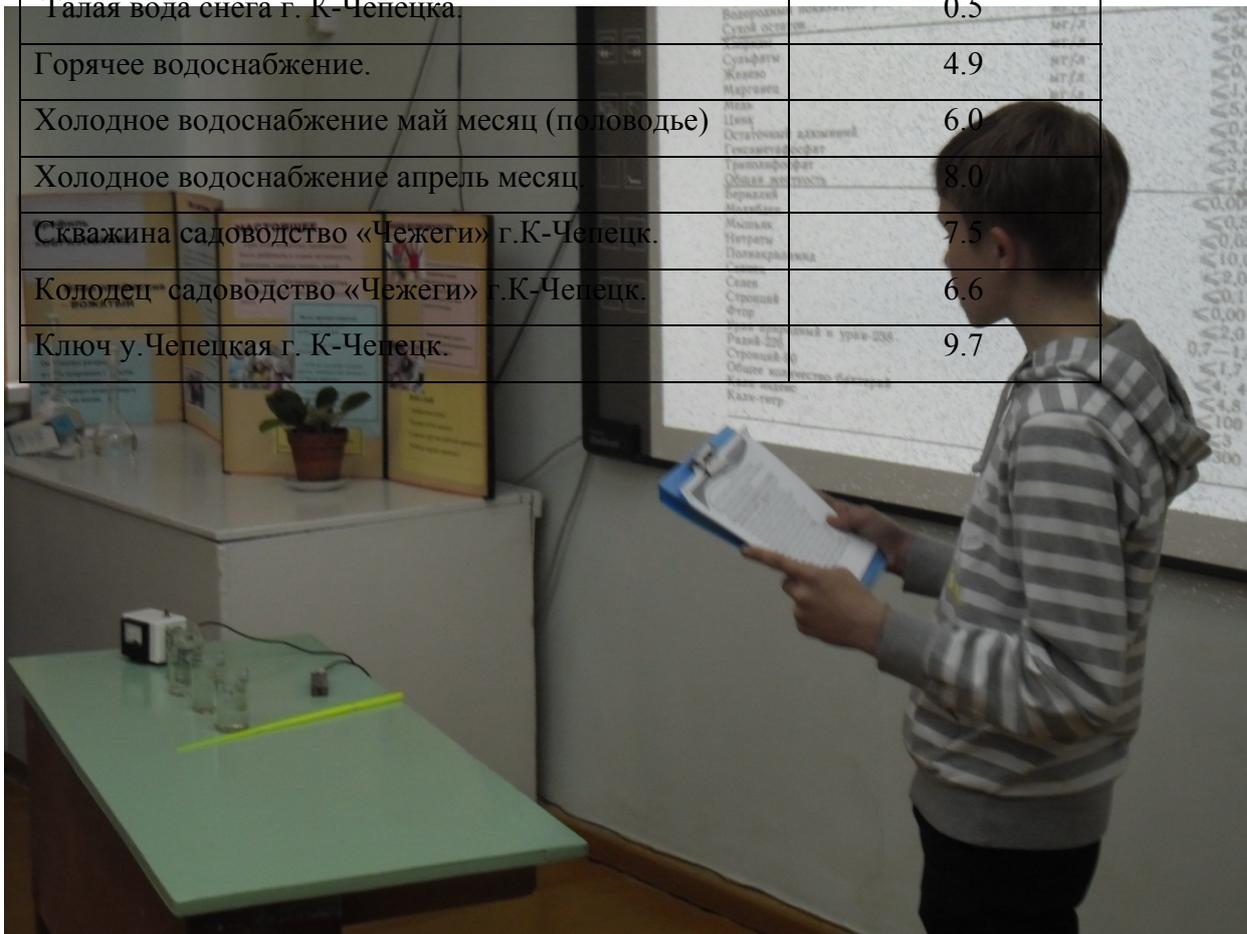
##### **2.4.1 Исследование работы прибора на различных образцах воды.**

**Цель:** определить достоверность показаний изготовленного прибора

Результаты исследования различных вод г. Кирово-Чепецка.

Таблица №1

Источник воды	Жёсткость мг-экв/л
Дистиллированная.	0.2
Талая вода снега г. К-Чепецка.	0.5
Горячее водоснабжение.	4.9
Холодное водоснабжение май месяц (половодье)	6.0
Холодное водоснабжение апрель месяц	8.0
Скважина садоводство «Чежеги» г.К-Чепецк.	7.5
Колодец садоводство «Чежеги» г.К-Чепецк.	6.6
Ключ у. Чепецкая г. К-Чепецк.	9.7



**Защита работы на региональном этапе конкурса.**

### **Этап 3. Оценочный**

**Цель:** Оценить результаты работы и соответствие полученных результатов цели работы.

**План:**

1. Дать описание индикатора жёсткости питьевой воды и самооценку;
2. Получить независимую оценку индикатора.

#### **3.1. Описание индикатора и самооценка полученных результатов и процесса разработки и изготовления.**

В результате работы был разработан и изготовлен электрический прибор, удовлетворяющий поставленной цели: простой, содержит только 8 электрических элементов, портативный: небольших габаритов, малой массы, с небольшим потреблением электрической энергии, простой в работе.

На мой взгляд, индикатор соответствует требованиям к определению жёсткости питьевой воды. Удобен для определения жёсткости воды как дома, так и на природе. Конструкция индикатора довольно эстетична.

За время работы я получил новые знания об электрических элементах, их характеристиках, научился снимать вольтамперные характеристики, составлять электрические схемы, конструировать и собирать устройства, монтировать электрические схемы и производить слесарные работы.

Продолжением работы может быть разработка новой схемы измерения тока датчика, с питанием переменным током, применение цифрового индикатора показаний т.е. усложнением схемы.

### 3.2. Независимая оценка индикатора жёсткости.

Независимая экспертиза получена от заказчика – матери автора.

Как хозяйку в семье, меня всегда интересовал вопрос: «Какую воду я использую для приготовления блюд для своей семьи?» Я знаю, что жесткая вода наносит вред не только нашим бытовым приборам, но и нашему здоровью. При постоянном употреблении жёсткой воды происходит хроническое накопление кальция в организме, что может привести к различным серьезным заболеваниям. Прибор, который изготовил мой сын, очень удобен в использовании в домашних условиях и на даче. С помощью его я легко могу определить жесткость воды

водопроводной системы в квартире,  
воды, которую мы покупаем, как воду высокого качества,  
воды из колодца и скважины.

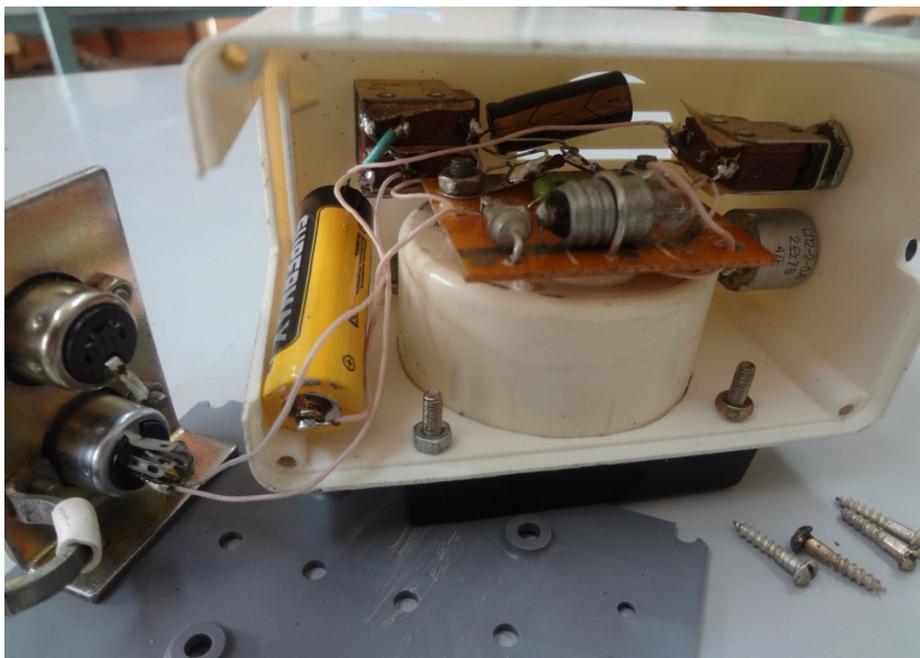
Простота в использовании заключается в том, что показания прибора представляют собой единицы жесткости, а не миллиграммы как у солемеров, которые можно купить в магазине. Кроме того, солемеры в магазине стоят достаточно дорого. Прибором, который придумал и изготовил мой сын, с удовольствием пользуются все наши родственники и соседи.

Подпись \_\_\_\_\_

### **Внешний вид блока измерения тока датчика**



### **Размещение деталей внутри корпуса**



### Заключение

Вода самое важное для человека вещество, её нельзя заменить ничем, но важно и её качество. Требования к качеству воды определяет ГОСТ 2874-82. Максимальное содержание по массе из примесей составляют соли Ca и Mg (соли жёсткости). Жёсткость воды измеряют в единицах – 1мг-экв/л, мягкая - до 2, средняя жёсткость 2 – 5, жёсткая 5 – 10, особо жёсткая свыше 10мг-экв/л. Для очистки воды продаются различные фильтры: аквафор, барьер и другие. В инструкциях по использованию указывают расчётный объём очищенной воды, но вода везде разная, меняется от времени года, да и кто помнит, сколько воды он очистил. Следовательно, необходим прибор для определения жёсткости. Такие приборы в продаже отсутствуют.

За время работы были определены требования к качеству питьевой воды, выбран основной показатель качества – жёсткость, выбран способ её определения – по электрической проводимости. Была разработана конструкция и изготовлен датчик электрической проводимости воды, разработана простая принципиальная электрическая схема измерения тока датчика, разработана конструкция и изготовлен блок измерения тока датчика.

В результате работы были достигнута поставленная цель, решены все поставленные задачи.

В результате работы был получен прибор, полностью удовлетворяющий поставленной цели. Индикатор жёсткости прост по схеме (всего 8 электрических элементов), небольших габаритов, с малым потреблением электрической энергии и простой в применении.

#### **Список используемых источников.**

1. Сан ПиН 2.1.4. 10749-01.
2. Диоды и тиристоры. Под редакцией А.А.Чернышева. Москва. «Энергия». 1980.
3. Краткий справочник химика. Составил В.И.Перельман. Издательство «Химия» 1964.
4. Политехнический словарь. Главный редактор академик И.И. Артоболевский. Издательство «Советская энциклопедия». Москва 1977.





## Приложение 1

### V. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ (ПО ГОСТ 2874—82)

Показатель	Единица измерения	Норма
Запахи и привкусы при 20°C	балл	2
Цветность	град.	≤ 20
Мутность	мг/л	≤ 1,5
Водородный показатель рН	—	6,5—8,5
Сухой остаток	мг/л	≤ 1000
Хлориды	мг/л	≤ 350
Сульфаты	мг/л	≤ 500
Железо	мг/л	≤ 0,3
Марганец	мг/л	≤ 0,1
Медь	мг/л	≤ 1,0
Цинк	мг/л	≤ 5,0
Остаточный алюминий	мг/л	≤ 0,5
Гексаметафосфат	мг/л	≤ 3,5
Триполифосфат	мг/л	≤ 3,5
Общая жесткость	мг-экв/л	≤ 7,0
Бериллий	мг/л	≤ 0,0002
Молибден	мг/л	≤ 0,5
Мышьяк	мг/л	≤ 0,05
Нитраты	мг/л	≤ 10,0
Полиакриламид	мг/л	≤ 2,0
Свинец	мг/л	≤ 0,1
Селен	мг/л	≤ 0,001
Стронций	мг/л	≤ 2,0
Фтор	мг/л	0,7—1,5
Уран природный и уран-238	мг/л	≤ 1,7
Радий-226	Бк/л	≤ 4; 4
Стронций-90	Бк/л	≤ 4,8
Общее количество бактерий	шт/мл	≤ 100
Кали-индекс	шт/л	≤ 3
Кали-титр	мл/шт	≥ 300

## Приложение 2

### Инструкция по применению.

#### 1. Технические данные.

- 1.1. Диапазон измерения жёсткости воды.....от 0 до 10мг-экв/л.
- 1.2. Цена деления блока индикации.....0.5мг-экв/л.
- 1.3. Источник питания элемент..... напряжением 1.5В.
- 1.4. Габариты датчика.....80-25-14мм.
- 1.5. Габариты блока индикации.....120-80-70мм.
- 1.6. Длина соединительного шнура.....1500мм.
- 1.7. Масса датчика.....80г.
- 1.8. Масса блока индикации.....360г.

#### 2. Работа с прибором.

- 2.1. Налейте в сосуд высотой не менее 90мм измеряемую воду до уровня не менее 80мм и подождите установления её температуры до температуры окружающего воздуха.
- 2.2. Установите блок индикации на горизонтальную устойчивую поверхность.
- 2.3. Подсоедините датчик к нижнему разъёму блока индикации.
- 2.4. Опустите датчик в сосуд с водой.
- 2.5. Включите тумблер питания на левой боковой стороне блока индикации.
- 2.6. Быстро нажимая кнопку на верхней поверхности блока индикации добейтесь стабильных показаний миллиамперметра.
- 2.7. Выключите тумблер питания блока индикации.
- 2.8. Переведите показания миллиамперметра в единицы жёсткости. Цена деления 0.5 единиц жёсткости.
- 2.9. Достаньте датчик из сосуда с водой и высушите его.

2.10. Уложите индикатор жёсткости в тару для его хранения.