


Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области  
Областное государственное автономное  
профессиональное образовательное учреждение  
«Белгородский индустриальный колледж»

Рассмотрено цикловой комиссией  
«Теплотехники и сварочного производства»  
ОГАПОУ «Белгородский индустриальный колледж»  
Протокол заседания № 14 от «28» апреля 2020 г.  
Председатель цикловой комиссии

 / Кобченко А.В./

**Учебно-методическое пособие**  
**для выполнения лабораторных работ**  
**по профессиональному модулю**  
ПМ.02 Ремонт теплотехнического оборудования и систем  
тепло- и топливоснабжения  
МДК 02.01 Технология ремонта теплотехнического оборудования и  
оборудования систем тепло- и топливоснабжения  
**Раздел 1. Автоматическое регулирование теплоэнергетических**  
**процессов и водоподготовка**  
**Тема 1.2. Водоподготовка и водоотведение**  
по специальности СПО  
13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Разработчики: Топоркова А.А., Кобченко А.В.  
Преподаватели специальных дисциплин  
ОГАПОУ «Белгородский индустриальный  
колледж»

Белгород 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	3
Лабораторная работа №1 «Методика определения щёлочности питательной воды».....	5
Лабораторная работа №2 «Методика определения свободной углекислоты».....	11
Лабораторная работа №3 «Методика определения растворенного в воде кислорода».....	15
Лабораторная работа №4 «Методика определения общей жесткости воды».....	20
Список используемых источников.....	24

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современные требования к учебному процессу ориентируют преподавателя на проверку знаний, умений, навыков через деятельность обучающихся. В то время как происходит все больший отход к личностной и деятельной моделям обучения от информационной модели, особенно остро встает вопрос о методических пособиях, способных помочь организовать учебный процесс именно в данном направлении. В таком случае лабораторная работа будет определяться как деятельность, направленная на применение, углубление и развитие теоретических знаний вместе с формированием необходимых умений и навыков.

Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, относятся к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Учебное пособие по профессиональному модулю ПМ.02 «Ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» междисциплинарного курса МДК 02.01 «Технология ремонта теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» раздела 1 «Автоматическое регулирование теплоэнергетических процессов и водоподготовка» предназначено для выполнения лабораторных работ по теме 1.2 «Водоподготовка и водоотведение» обучающимися специальности СПО 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» базовой подготовки.

Междисциплинарный курс МДК 02.01 по профессиональному модулю ПМ.02 входит в профессиональный цикл специальных дисциплин и изучается в VI - VIII семестрах согласно учебному плану по специальности СПО 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование». Представленный материал сформирован на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ.02 «Ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения», составленной с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) по специальности среднего профессионального образования 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование» и профессионального стандарта № 792 «Слесарь по ремонту оборудования котельных», утвержденного Министерством труда и социальной защиты РФ (приказ от 20 января 2016 № 40667).

Цель лабораторных работ направлена на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающихся по теме 1.2 «Водоподготовка и водоотведение» раздела 1 «Автоматическое регулирование теплоэнергетических процессов и водоподготовка».

Лабораторная работа включает в себя следующие элементы:

- тему лабораторной работы;
- цель лабораторной работы;
- содержание отчета;
- общие теоретические сведения;
- методические указания к выполнению данной работы;
- контрольные вопросы.

Важную роль в эффективности лабораторных занятий играет методическая организация работы. Для этого необходимо выполнение следующих требований:

- восстановление в памяти обучающихся запаса навыков, умений и знаний, которые имеют непосредственную связь с содержанием предстоящей лабораторной работы;
- постановка задач лабораторной работы;
- проведение преподавателем инструктажа, разъяснение заданий, которые им необходимо будет выполнить;
- приучение каждого обучающегося к активной самостоятельной работе, а также привитие аккуратности и дисциплины, соблюдения правил безопасности;
- доведение обучающимся самостоятельной работы до завершения;
- оказание преподавателем необходимой помощи обучающимся, которые допускают ошибки или испытывают некоторые затруднения при выполнении работы;
- фиксирование обучающимися в специальную тетрадь для лабораторных работ содержание отчета;
- воспитание у обучающихся эстетики и культуры труда за счет предъявляемых требований к аккуратному выполнению лабораторной работы, красивому оформлению рисунков, записей, таблиц, а также к поддержанию чистоты рабочего места;
- объективная оценка заданий, выполняемых обучающимися.

Таким образом, обучение по теме 1.2 «Водоподготовка и водоотведение» включает обязательное выполнение лабораторных работ. Широкое использование лабораторных работ в учебном процессе делает его более интересным, повышает качество обучения, усиливает практическую направленность преподавателя, способствует развитию познавательной активности у обучающихся, их логического мышления и творческой самостоятельности.

Данное учебное пособие для выполнения лабораторных работ может быть использовано для индивидуальной работы обучающихся на занятиях под руководством преподавателя или для их самостоятельной работы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема:** «Методика определения щёлочности питательной воды».

**Цель работы:** Практически освоить методику определения щёлочности питательной воды.

**Содержание отчета:**

1. Нормы точности измерений;
2. Методы определений щёлочности воды;
3. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы;
4. Требования безопасности;
5. Требования к обслуживающему персоналу;
6. Подготовка к проведению измерений;
7. Выполнение измерений;
8. Вычисление результатов.

*Методика предназначена для определения общей щёлочности.*

*Общая щёлочность воды Що* – суммарная концентрация в воде растворимых гидроксидов и анионов слабых кислот  $\text{HCO}_3 - \text{CO}_2$  за вычетом концентрации ионов водорода. (В котловой воде также – фосфатов и силикатов). Общую щёлочность выражают миллиграмм-эквивалентах на  $\text{дм}^3$ .

Различают следующие формы щёлочности воды: бикарбонатная (гидрокарбонатная), карбонатная, гидратная, фосфатная, силикатная, гуматная – в зависимости от анионов слабых кислот, которыми обуславливается щёлочность. Щёлочность природных вод, рН которых обычно  $< 8,35$ , зависит от присутствия в воде бикарбонатов, карбонатов, иногда и гуматов. Щёлочность других форм появляется в процессах обработки воды. Так как в природных водах почти всегда щёлочность определяется бикарбонатами, то для таких вод общую щёлочность принимают равной карбонатной жесткости.

### ***Нормы точности измерений***

Допустимые значения погрешности результатов определения щёлочности с доверительной вероятностью  $P=0,95$  приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Допустимые значения погрешности результатов определения щёлочности

При титровании 0,1н раствором кислоты		При титровании 0,01н раствором кислоты	
Щёлочность мг-экв/дм <sup>3</sup>	Погрешность %	Щёлочность мг-экв/дм <sup>3</sup>	Погрешность %
0,1	20-30	20	30-40
0,02	15-20	50	15-20
0,5	10-15	100	7-8
1,0	5-10	200	3-5
2,0	2-5	500	1,5-2
5,0	1-2	1000	0,5-1
10,0			

### ***Методы определений щёлочности воды***

Определение щёлочности воды основано на титровании воды кислотой в присутствии индикаторов: фенолфталеина, метилоранжа, смешанного состоящего из метиленового голубого и метиленового красного в определённых соотношениях. Значения рН, при изменении окраски этих, индикаторов таковы:

- для фенолфталеина-8,2;
- для метиленового оранжевого – 4,4;
- для смешанного – 5,6.

### ***Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы***

1. Соляная или серная кислота, фиксанал;
2. Фенолфталеин;
3. Метиловый оранжевый;
4. Метиловый красный;
5. Метиленовый голубой;
6. Спирт этиловый;

7. Вода дистиллированная или конденсат;
8. Пипетки измерительные на 100см<sup>3</sup>;
9. Колба мерная на 100, 1000см<sup>3</sup>;
10. Цилиндр 100 см;
11. Колба коническая на 250см<sup>3</sup>;
12. Бюретка для титрования на 25см<sup>3</sup>;
13. Воронка;
14. Весы лабораторные общего назначения 1 и 2 классов точности;
15. Весы аналитические;
16. Фильтры беззольные.

### ***Требования безопасности***

К работе в лаборатории допускается персонал, который прошел инструктаж по ТБ (технике безопасности), теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте 1 месяц, проверке знаний действующих правил техники безопасности и специальных инструкций.

При работе с концентрированными кислотами необходимо:

1. Работать под вытяжным шкафом.
2. Работать в защитных средствах (очки, фартук прорезиненный, перчатки).
3. Иметь нейтрализующие средства.
4. Кислоту лить в воду, а не наоборот.
5. При попадании кислоты на кожу необходимо:
  - снять кислоту тампоном ваты или бинта;
  - промыть поражённое место сильной струёй воды;
  - нейтрализовать 2%-ным раствором пищевой соды.
6. При попадании кислоты в глаза:
  - промыть сильной струёй воды;
  - нейтрализовать 0,5%-ным раствором пищевой соды;
  - отправить пострадавшего к врачу.



7. Разлитую кислоту засыпать немедленно песком, нейтрализовать известью, мелом или кальцинированной содой.

### ***Требования к обслуживающему персоналу***

К выполнению анализа допускаются персонал имеющий среднее, среднетехническое или высшее образование.

При отсутствии специального химического образования необходимо пройти теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте в течение месяца, изучить правила эксплуатации электрических станций, сдать экзамен и пройти дублирование в течение 2-х недель на рабочем месте.

### ***Подготовка к проведению измерений***

Выполнение анализа проводится при температуре  $23 \pm 2$  °С при атмосферном давлении.

Если в анализируемой воде присутствуют взвешенные вещества, то пробу необходимо отфильтровать.

1. Титрованный раствор соляной или серной кислоты 0,1н концентрации готовят из соответствующего фиксаля:

Раствор 0,01 концентрации готовят разбавлением 0,1н раствора. Каждый раствор переливают в склянку с присоединенной к ней бюреткой. Растворы устойчивы.

2. Раствор индикатора фенолфталеина 1%-ной концентрации: Растворяют 1г индикатора в 80 см<sup>3</sup> этилового спирта и доводят до 100 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

Раствор устойчив, его хранят в склянке с хорошо закрывающейся пробкой. Для повседневного расхода часть раствора индикатора отливают в капельницу.

3. Раствор индикатора метилового оранжевого 0,1%-ной концентрации: растворяют 0,1г индикатора в мерной колбе вместимостью 100 см<sup>3</sup> в 80 мл горячей дистиллированной воды;

после охлаждения доводят объём до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают.

Раствор устойчив, его хранят в склянке с хорошо закрывающейся пробкой. Для повседневного расхода часть раствора индикатора отливают в капельницу.

4. Раствор смешанного индикатора готовят смешиванием равных объёмов раствора индикатора метилового красного и метиленового голубого.

5. Раствор индикатора метилового красного: растворяют 0,2 г метилового красного в 100 см<sup>3</sup> этилового спирта. Раствор устойчив, его хранят в склянке с хорошо закрывающейся пробкой.

6. Раствор индикатора метиленового голубого: Растворяют при слабом нагревании 0,1 г метиленового голубого в 100 см<sup>3</sup> этилового спирта. Раствор устойчив, его хранят в склянке с хорошо закрывающейся пробкой.

### ***Выполнение измерений***

В коническую колбу вместимостью на 250 см. куб. пипеткой или мерным цилиндром отбирают 100см<sup>3</sup> анализируемой воды прибавляют индикатор и титруют раствором соляной или серной кислоты.

Титрование выполняют 0,1 н раствором кислоты из обычной бюретки, если щёлочность анализируемой жидкости превышает 1мг-экв/дм<sup>3</sup>. Титрование выполняют из микробюретки и применяют 0,01 н раствор кислоты, при определении щелочности меньше 1мг-экв/дм<sup>3</sup>.

При титровании в присутствии фенолфталеина (5-7 капель) первоначальная розовая или красно-малиновая окраска, раствора должна полностью исчезнуть.

При титровании в присутствии смешанного индикатора (3-5капель) первоначальная зелёная окраска раствора в эквивалентной точке изменяют в фиолетовую.

При титровании в присутствии метилового оранжевого (3-5капель) первоначальная желтая окраска переходит в апельсиновую (достижение

красной окраски свидетельствует об излишке прибавленной кислоты – проба перетитрована).

Для получения более надёжных результатов рекомендуется проводить титрование двух параллельных проб анализируемой воды. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,1 см. куб. титрованного раствора кислоты.

### ***Вычисление результатов***

Величина щёлочности по взятому индикатору определяется по формуле:

$$M = \frac{a \times 0,1 \times 1000}{V} \qquad M1 = \frac{a \times 0,01 \times 1000 \times 1000}{V}$$

где M – щёлочность, мг-экв/дм<sup>3</sup>;

M1 – щёлочность, мкг-экв/дм<sup>3</sup>;

a – расход кислоты на титрование со взятым индикатором, см<sup>3</sup>;

V – объем воды, взятой для анализа, см<sup>3</sup>;

0,1 и 0,01 – концентрации титрованных растворов кислот;

1000 x 1000 – пересчёт к 1 дм<sup>3</sup>.

### ***Контрольные вопросы:***

1. Что называется общей щёлочностью воды? В чем она выражается? Какие формы щёлочности различают?
2. На чем основаны методы определений щёлочности воды?
3. Какие средства измерений, вспомогательные устройства и реактивы применяются при определении щёлочности воды?
4. Какие требования безопасности предъявляются при работе с концентрированными кислотами?
5. Какие требования предъявляются к обслуживающему персоналу?
6. Как проводится подготовка к проведению измерений?
7. Как выполняются измерения?
8. По какой формуле определяется величина щёлочности по взятому индикатору?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**Тема:** «Методика определения свободной углекислоты».

**Цель работы:** Закрепить изученный материал. Практически освоить методику определения свободной углекислоты.

**Содержание отчета:**

1. Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы;
2. Требования безопасности;
3. Требования к обслуживающему персоналу;
4. Подготовка к выполнению измерений;
5. Выполнение измерений;
6. Вычисление измерений.

*Биохимические процессы разложения органических веществ в природе являются основными поставщиками углекислоты в воду (содержание CO<sub>2</sub> в воздухе не велико – всего – 0,03%). Растворяясь в воде CO<sub>2</sub> реагирует с водой, образуя гидратированную форму H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.*

*При анализе воды определяется суммарная концентрация обеих форм углекислоты. Этим методом углекислота может быть определена в водах, содержащих её в концентрациях, превышающих 3 мг/дм<sup>3</sup>. Максимально возможна ошибка определения 0,5 мг/ дм<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>.*

Свободная углекислота может быть оттитрована щелочью до бикарбоната:



В качестве индикатора используется фенолфталеин.

**Средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы**

1. Едкий натр, фиксаж;
2. Едкий натр;
3. Фенолфталеин;
4. Спирт этиловый;

5. Вода дистиллированная или конденсат турбин;
6. Коническая колба 500 см<sup>3</sup>;
7. Мерная колба на 100, 1000 см<sup>3</sup>;
8. Бюретка для титрования 25 см<sup>3</sup>;
9. Хлоркальциевая трубка;
10. Резиновая пробка;
11. Зажим.

### ***Требования безопасности***

К работе в лаборатории допускается персонал, который прошел инструктаж по ТБ, теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте 1 месяц, проверке знаний действующих правил техники безопасности и специальных инструкций.

### ***Требования к обслуживающему персоналу***

К выполнению анализа допускаются персонал, имеющий среднее, среднетехническое или высшее образование.

При отсутствии специального химического образования необходимо пройти теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте в течение месяца, изучить правила эксплуатации электрических станций, сдать экзамен и пройти дублирование в течение 2-х недель на рабочем месте.

Проверка знаний у инженерно-технических работников производится 1 раз в 3 года, а у лаборантов – ежегодно с записью результатов по проверке знаний в удостоверении.

### ***Подготовка к выполнению измерений***

При отборе проб необходимо избежать контакта исследуемой воды с воздухом во избежание попадания СО<sub>2</sub> из воздуха.

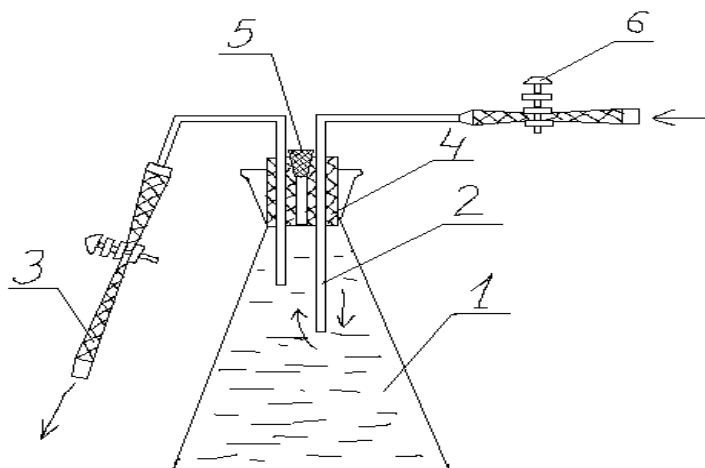
Температура исследуемой воды – не более 40 °С. Распад воды при отборе пробы – 20-30 л/ч.

1. Титрованный раствор едкого натра 0,1 н концентрации готовят из соответствующего фиксаля; раствор 0,01 н концентрации готовят разбавлением точно в 10 раз 0,1 н раствора.

2. Спиртовой 1%-ный раствор фенолфталеина, растворяют 1г индикатора в 100 см<sup>3</sup> спирта-ректификата и нейтрализуют приготовленный раствор 0,1 н щёлочью до появления устойчивой розовой окраски.

3. Концентрированный 30%-ный раствор NaOH. Растворяют 30 г NaOH в 70 г дистиллированной воды.

4. Приготовление эталона: в коническую колбу такого же размера как и на приборе вводят 200 см<sup>3</sup> анализируемой воды, добавляют к ней 0,2 см<sup>3</sup> 0,01%-ного раствора фенолфталеина и 1 см<sup>3</sup> 30%-ного раствора щелочи, окраски полученного эталона стремится достичь при титровании.



**Рисунок 2.1 – Прибор для отбора пробы воды и определения в ней свободной углекислоты:**

1 - колба объёмом 300-500 см<sup>3</sup>; 2 - вход воды; 3 - отвод воды;  
4 - большая пробка; 5 - малая пробка; 6 - зажим винтовой.

#### **Выполнение измерений**

Собирают прибор по рисунку 2.1. Присоединив прибор каучуковой трубкой 2 к отборной точке, заполняют колбу 1 анализируемой водой, давая ей выливаться через трубку 3, пока через прибор не пройдет 6-7 объёмов воды.

После этого зажимают резиновую трубку 2 зажимом, заменяя её хлоркальциевой трубкой, содержащей известь.

Зажим на трубке 2 ослабляют и дают воде из колбы вытекать пока уровень жидкости в ней установится на отметке 200см<sup>3</sup>. Зажимают вновь трубку 2 и через бюретку вводят 0,2 см<sup>3</sup> 1%-ного раствора фенолфталеина. Теперь титруют жидкость 0,1 н или 0,01 н раствором щелочи до установления окраски сравнивая цвет жидкости с эталоном.

### ***Вычисление измерений***

$$(\text{CO}_2) = \frac{a \times N \times K \times 1000}{200} = 220 \times a \times N \times K$$

где CO<sub>2</sub> – содержание свободной углекислоты в анализируемой воде, мг/ дм<sup>3</sup>;

a – расход раствора щёлочи на титрование 200 см<sup>3</sup> анализируемой воды, см<sup>3</sup>;

N – нормальность примененного для титрования раствора щелочи;

K – поправочный коэффициент к номинальной нормальности.

При определении содержания углекислоты в Н-катионированной воде из величины «а» вычитают расход раствора щелочи на титрование такого же объема воды с метилоранжем, т. е. вычитают содержание минеральных кислот.

### ***Контрольные вопросы:***

1. Чем являются биохимические процессы разложения органических веществ в природе? Что определяется при анализе воды?
2. Какие средства измерений, вспомогательные устройства и реактивы применяются при определении свободной углекислоты?
3. Какие требования предъявляются к обслуживающему персоналу?
4. Как проводится подготовка к выполнению измерений?
5. Как выполняются измерения?
6. По какой формуле вычисляется содержание свободной углекислоты в анализируемой воде?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** *«Методика определения растворенного в воде кислорода».*

**Цель работы:** Практически освоить методику определения растворенного в воде кислорода калориметрическим методом с применением метиленового голубого.

**Содержание отчета:**

1. Метод определения растворенного в воде кислорода;
2. Средства измерения, вспомогательные устройства, реактивы;
3. Требования безопасности;
4. Требования к квалификации оператора;
5. Подготовка к выполнению измерений;
6. Выполнение измерений.

Возможность постоянного поддержания концентрации кислорода в сетевой воде на нормативном уровне определяется многими факторами, зависящими от уровня эксплуатации тепловых сетей, уровня повреждаемости трубопроводов теплосети от коррозии и от соответствия проектных решений увеличивающейся со временем присоединенной тепловой нагрузке.

*Растворенный в воде кислород* является одним из наиболее активных факторов коррозионных процессов, вследствие чего концентрацию в питательной воде паровых котлов и в конденсате турбин стремятся поддерживать на возможно низком уровне.

*Методика предназначена* для определения растворенного кислорода в следующих водах: питательной, подпиточной и сетевой.

### ***Метод определения растворенного в воде кислорода***

Растворы метиленового голубого в воде окрашены в интенсивный синий цвет. Под действием восстановителей окраски исчезает – вещество превращается в бесцветную лейко-форму. При окислении вновь возникает



синяя окраска. На этом свойстве метиленового голубого и основано его применение для определения растворенного кислорода.

***Средства измерения, вспомогательные устройства, реактивы***

1. Ведерко емкостью на 3,25 дм<sup>3</sup>;
2. Стеклянный сосуд емкостью на 100 см<sup>3</sup>;
3. Стеклянная трубка для отбора проб;
4. Пипетка измерительная на 10, 20, 50, 80, 100, см<sup>3</sup>;
5. Мерные колбы вместимостью 500см<sup>3</sup>, 100см<sup>3</sup>;
6. Метиловый голубой;
7. Глюкоза;
8. Дистиллированная вода;
9. Глицерин;
10. Калий гидроокись.

***Требования безопасности***

К работе в лаборатории допускается персонал, прошедший инструктаж по технике безопасности, теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте, проверку знаний действующих правил техники безопасности и инструкции.

Технике безопасности при работе в лаборатории должно быть уделено много внимания. Лаборатория должна быть оборудована вытяжным шкафом с надежно работающей тягой.

При работе с щелочами всегда следует помнить о возможности ожогов. Запрещается набирать химические растворы в пипетку ртом, так как при этом возможны поражения полости рта или отравления.

***Требования к квалификации оператора***

К выполнению анализа допускается персонал, имеющий средне-техническое или высшее образование. При отсутствии специального образования, необходимо пройти теоретическую подготовку по новой профессии с обучением на рабочем месте в течение месяца, изучить правила

техники эксплуатации, сдать экзамен и пройти дублирование 2-х недель на рабочем месте.

Проверка знаний у инженерно-технических работников проводится раз в три года, а у лаборантов ежегодно с записью результатов по проверке знаний в удостоверении.

### ***Подготовка к выполнению измерений***

Температура анализируемой воды не должна превышать 20-25°C, колOMETрирование проводить не более как спустя 3-5 минут, после ввода реактива и при температуре, не превышающей 20-25 С.

#### **1. Раствор метиленового голубого:**

Метиленового голубого 125 мг и 1,2 г глюкозы растворяют в 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. Раствор в мерной колбе емкостью 500 см<sup>3</sup> доводят до метки чистым глицерином квалификации.

Раствор хорошо перемешивают и хранят в склянке темного стекла в месте, защищенном от прямого попадания солнечных лучей. Он устойчив в течение нескольких месяцев.

#### **2. Щелочной 30% водный раствор:**

Растворяют 30 г едкого калия в 70 см<sup>3</sup> дистиллированной воды.

#### **3. Восстановленный раствор метиленового голубого:**

Смешивают 50 см<sup>3</sup> глицеринового раствора с 1 см<sup>3</sup> 30%-ного раствора щелочи. Жидкость вливают в бюретку. Раствор защищают от доступа воздуха слоем вазелинового масла. Восстановление протекает медленно (в течение часа), ускорить процесс можно нагреванием.

#### **4. Стандартный раствор метиленового голубого:**

В мерную колбу на 500 см<sup>3</sup> вводят 4,7 см глицеринового раствора метиленового голубого и доводят до метки дистиллированной водой. Полученный синий раствор по интенсивности окраски соответствует концентрации кислорода 100 мкг/дм.

#### **5. Приготовление шкалы сравнения:**

Таблица 3.1 – Таблица концентраций кислорода

Количество стандартного раствора, введенного в мерные колбы на 100 см <sup>3</sup>	Окраска отвечает содержанию кислорода, мкг/дм <sup>3</sup>
0	0
10	10
20	20
30	30
50	50
80	80
100	100

Эту шкалу готовят разбавлением стандартного раствора метиленового голубого. Для этого в ряд мерных колб емкость на 100 см<sup>3</sup> каждая, вводят 10, 20, 50, 80, 100 см<sup>3</sup> стандартного раствора метиленового голубого и доводят дистиллированной водой до метки.

Перемешав растворы, переливают их в сосуд и закупоривают.

Полученная шкала отвечает следующим концентрациям кислорода.

Шкала устойчива в течение 7 суток, при хранении ее в темном месте.

### ***Выполнение измерений***

Через колбу или парфюмерную склянку на 100см<sup>3</sup> с точно измеренным (взвешиванием) объемом пропускают по опущенной на дно склянки трубке (d вн=4-5мм) исследуемую воду с температурой не выше 20-25 °С до заполнения склянки, а затем ведерка, в котором установлена склянка, и создания над горлышком склянки слоя воды не менее 5-7см.

Количество пропускаемой воды должно быть не меньше 8-кратного объема колбы или парфюмерной склянки. Диаметр горлышка склянки должен быть в 2 – 2,5 раза больше наружного диаметра трубки, и поток воды должен быть спокойным. Попадание пузырьков воздуха в склянке должно быть исключено.

По окончании заполнения склянки и ведерка водой трубку из склянки осторожно вынимают, сразу же после выемки из горлышка склянки отводят

кончик трубки в сторону и сразу же вводят 2 см<sup>3</sup> щелочно-глицеринового раствора восстановленного метиленового голубого.

Сосуд закупоривают, содержимое перемешивают не позже как через 1 минуту сравнивают окраску с эталонными растворами.

***Контрольные вопросы:***

1. Как влияет растворенный в воде кислород на систему теплоснабжения? Для чего предназначена методика определения растворенного в воде кислорода?
2. Как происходит метод определения растворенного в воде кислорода?
3. Какие средства измерений, вспомогательные устройства и реактивы применяются при определении растворенного в воде кислорода?
4. Какие требования безопасности предъявляются к персоналу?
5. Какие требования предъявляются к квалификации оператора?
6. Как проводится подготовка к выполнению измерений?
7. Как выполняются измерения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**Тема:** «Методика определения общей жесткости воды»

**Цель работы:** Практически освоить методику определения общей жесткости воды.

**Содержание отчета:**

1. Сущность тригонометрического метода;
2. Посуда, реактивы, растворы;
3. Подготовка к выполнению определений жесткости;
4. Выполнение определения жесткости;
5. Техника безопасности.

Под *жесткостью воды* понимается сумма концентраций в ней ионов кальция и магния, выраженные в миллиграмм-эквивалентах или микрограмм-эквивалентах на кубический дециметр воды.

### **Сущность тригонометрического метода**

*Метод основан* на способности ионов кальция и магния образовывать комплексные соединения как с комплексонами, в частности с динатриевой солью этилендиаминететрауксусной кислоты (трилон Б), так и с рядом красителей: эриохромом черным Т, кислотным хромом синим К, кислотным хромом темно-синим и др.

Образование комплексонов с красителями сопровождается изменением окраски жидкости, что дает возможность применять их в качестве индикаторов.

Чувствительность трилонометрического метода составляет 3 мкг-экв/дм<sup>3</sup> и применяется для определения жесткости умягченной воды, конденсатов пара, сетевой, технической и природной вод.

### **Посуда, реактивы, растворы**

1. Колбы конические вместимостью 250 см<sup>3</sup>;
2. Бюретка для титрования вместимостью 25 см<sup>3</sup>;

3. Стакан химический вместимостью 100 см<sup>3</sup>;
4. Капельница Шустера;
5. Колбы мерные вместимостью 100, 200, 1000 см<sup>3</sup>;
6. Хлористый аммоний;
7. Аммиак водный 25%-ый раствор;
8. Этиловый спирт;
9. Индикатор кислотный хром темно-синий;
10. Трилон Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) – 0,1 и 0,01 н растворы;
11. Вода дистиллированная.

#### ***Подготовка к выполнению определений жесткости***

Аммиачно-буферный раствор: 20 г. хлористого аммония растворить в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, прилить 100 см<sup>3</sup> 25%-ного водного раствора аммиака и довести объем жидкости до 1000 см<sup>3</sup> дистиллированной водой. Раствор хранить в посуде с притертыми пробками.

Индикатор: 1 г индикатора кислотного хрома темно-синего раствора и довести объем до 200 см<sup>3</sup> этиловым спиртом.

Раствор хранить в хорошо закупоренных склянках с притертыми пробками в темном месте не более 1 месяца.

Трилон Б: содержимое одной ампулы фиксанала с маркировкой 0,1 н. Перенести в мерную колбу на 1 дм<sup>3</sup>, растворить в небольшом количестве дистиллированной воды и довести объем до 1 дм<sup>3</sup>.

Полученный раствор имеет 0,1 нормальность.

Для приготовления 0,01 н раствора необходимо внести в мерную колбу 100 см<sup>3</sup> раствора трилона Б 0,1 н и довести объем раствора до 1 дм<sup>3</sup> дистиллированной водой. Раствор устойчив.

#### ***Выполнение определения жесткости***

Освободить анализируемую воду от взвешенных веществ фильтрованием или отстаиванием.

В коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> отмерить 100 см<sup>3</sup> анализируемой воды, добавить 5 см<sup>3</sup> аммиачно-буферного раствора и 5-7 капель раствора индикатора, после чего медленно при интенсивном перемешивании титровать жидкость раствором трилона Б до изменения окраски из красной в голубую через сиреневую.

При определении жесткости природных и отмывочных вод в коническую колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup> отмерить пипеткой 10 см<sup>3</sup> анализируемой воды, довести до 100 см<sup>3</sup> дистиллированной водой.

Жесткость анализируемой воды в мг-экв/дм<sup>3</sup> вычислить по формуле:

$$Ж = \frac{A \times K \times N \times 1000}{V}$$

где: а – расход трилона Б на титрование пробы, см<sup>3</sup>;

N – нормальность раствора трилона Б;

K – поправочный коэффициент к нормальности трилона Б (при приготовлении трилона Б из фиксанала K=1);

V – объем анализируемой пробы, см<sup>3</sup>.

### ***Техника безопасности***

*Трилон Б* – белый кристаллический порошок. Заметного физиологического воздействия на организм человека не оказывает.

При работах, сопровождающихся пылением трилона Б, необходимо надеть рукавицы, защитные очки, противопылевой респиратор. Раствор трилона Б безвреден.

*Аммиак водный технический* – поступает в виде водного раствора, 25%-ный водный раствор обладает сильными щелочными свойствами и может вызвать отравление организма.

При вдыхании воздуха, содержащего 5% аммиака начинается: резкое удушье, слезотечение, боль в глазах, сильные приступы кашля, боль в желудке, рвота, головокружение.

При высокой концентрации аммиак может вызвать ожоги слизистой оболочки глаз и привести к слепоте.

*Индивидуальные средства защиты:*

- резиновые кислотно – и щелочестойкие перчатки,
- защитные очки,
- прорезиненный фартук,
- фильтрующие противогазы марки К, КД, или М.

*При отравлении аммиаком необходимо:*

- вывести пострадавшего на свежий воздух,
- организовать подачу кислорода для дыхания,
- попоить молоком,
- при заметном ослаблении дыхания произвести искусственное дыхание,
- обязательно вызвать врача.

***Контрольные вопросы:***

1. Что понимается под жесткостью воды?
2. В чем заключается сущность тригонометрического метода?
3. Какая посуда, реактивы, растворы применяются при определении жёсткости воды?
4. Как проводится подготовка к выполнению определений жесткости?
5. Как проводится выполнение определения жесткости
6. Какие требования безопасности предъявляются при работе с трилон Б и аммиаком?



**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Стерман А.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. М.: Энергия, 2011.
2. Копылов А.С., Лавочкин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике – М.: Издательский дом МЭИ, 2016.