

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(институт)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»
(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **«Разработка возможных технологических решений
умягчения воды для целей горячего водоснабжения»**

Студент	<u>Л.В. Зубенко</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.А. Селезнев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., доцент В.М. Филенков
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)
« ____ » _____ 20 ____ Г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)
« ____ » _____ 20 ____ Г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Анализ существующих методов и технологических схем умягчения воды..	6
1.1 Жесткость воды и ее влияние на системы горячего водоснабжения	6
1.2 Существующие методы умягчения воды для систем горячего водоснабжения.....	13
1.3 Описание систем горячего водоснабжения и методов умягчения, применяемых в Центральном районе города Тольятти	17
1.4 Гидромагнитные системы преобразования солей жесткости «ГМС» и магнитная обработка воды.	24
Выводы ПО ГЛАВЕ 1	38
2 Объекты исследования	40
2.1 Объекты исследования	40
2.1.1 Объект 1 – ул. Новопромышленная, д. 21	40
2.1.2 Объект 2 – ул. Кошеля, д.73	45
2.1.3 Объект 3 – ул. Баныкина, д. 16г.....	50
2.1.4 Контрольный объект 4 – б-р 50 лет Октября, д. 73а.....	54
2.2 Описание исследования.....	58
2.3 Результаты исследования	63
Выводы ПО ГЛАВЕ 2	70
3 Рекомендации	71
3.1 Описание метода магнитной обработки воды, применяемого в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти.....	71
3.2 Разработка рекомендаций по применению прибора «ГМС» для использования в жилых домах.....	77
Выводы ПО ГЛАВЕ 3	80
Список используемой литературы	83

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Жесткая вода непригодна и для систем оборотного водоснабжения, для питания паровых котлов и пр., так как при ее нагревании образуются отложения солей жесткости, являющиеся сильным теплоизолятором. Отложения солей жесткости разъедают прокладки и уплотнения, хлопья отложений, отслаиваясь и перемещаясь по системе, приводят к поломке кранов, автоматики и оборудования котельных. В жесткой воде увеличивается расход моющих средств при стирке белья (обычное натриевое мыло превращается (в присутствии ионов кальция) в нерастворимое «кальциевое мыло», образующее хлопья, таким образом, образование пены не начнется пока не устранится вся кальциевая жесткость воды), медленно развариваются мясо и овощи. Также жесткая вода увеличивает риск развития некоторых заболеваний.

Жесткость воды сильно изменяется в зависимости от источника водоснабжения. Наиболее высокий показатель жесткости у подземных источников водоснабжения, в отличие от поверхностных источников.

Так как в Центральном районе г.о. Тольятти в качестве источника водоснабжения используется подземный водозабор и нет действующей схемы умягчения воды, проблема жесткости стоит довольно остро, как для коммунальных служб, так и для населения.

Объект исследования: Система горячего водоснабжения в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти с различным водопотреблением.

Предмет исследования: Эффективность прибора магнитной обработки воды «ГМС» в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти с различным режимом водопотребления.

Цель работы – снижение влияния жесткости воды на системы горячего водоснабжения в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти при использовании магнитного метода умягчения воды.

Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:

1. Анализ существующего состояния и проблем горячего водоснабжения в жилых домах Центрального района г.о. Тольятти.
2. Анализ существующих методов умягчения воды.
3. Оценка метода магнитной обработки воды, применяемого в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти.
4. Проведения исследования в аккредитованной лаборатории ИЭВБ РАН для оценки эффективности метода магнитной обработки воды.
5. Разработка рекомендаций по применению прибора «ГМС» для использования в жилых домах.

Научная новизна заключается:

- Впервые проведена оценка эффективности применения прибора магнитной обработки воды «ГМС» на многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти;
- В разработке рекомендаций по применению прибора магнитной обработки воды «ГМС» для использования в жилых домах.

Практическая значимость заключается:

В оценке эффективности метода магнитной обработки воды в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти с различным режимом водопотребления.

Личный вклад автора заключается:

- в обосновании темы, целей и задач;
- в обобщении существующих методов умягчения воды, а также материалов исследований метода магнитной обработки воды;

- в выборе объектов исследования;
- в разработке и обосновании методики исследования;
- в организации и проведении натурного исследования по оценке эффективности с проведением химических анализов проб воды в аккредитованной лаборатории Института экологии волжского бассейна;
- в формировании выводов.

На защиту выносятся:

- результаты исследования оценки эффективности применения метода магнитной обработки воды в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти;
- рекомендации по применению метода магнитной обработки воды для использования в жилых домах.

Апробация работы:

Различные этапы исследования доложены:

- на XIV городской научной студенческой конференции «Молодежь. Наука. Общество» (г.о. Тольятти, 2016);
- на I Всероссийской научно-практической студенческой конференции «Россия и мировое сообщество: экономическое, социальное, технико-технологическое развитие» (г. Нижний Новгород, 2016).

Структура и объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, трех глав, общих выводов, библиографии из 58 источников. Общий объем 91 страниц машинописного текста, включая 55 иллюстрации и 10 таблиц.

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

1.1 Жесткость воды и ее влияние на системы горячего водоснабжения

Жесткость воды характеризуется наличием в ней ионов жесткости кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), стронция (Sr^{2+}), бария (Ba^{2+}), железа (Fe^{3+}), марганца (Mn^{2+}). Но общее содержание ионов кальция и магния в природной воде много больше содержания всех прочих перечисленных ионов. Таким образом, как правило, под жесткостью понимают сумму ионов кальция и магния, и подразделяют ее на жесткость общую, постоянную (некарбонатную) и временную (карбонатную). Временная жесткость воды всегда меньше постоянной (чаще на 1 – 1,5 мг-экв). Общая жесткость воды является суммой карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости [10, 11, 14, 31].

Карбонатная жесткость зависит от присутствия в воде в основном гидрокарбонатов кальция и магния, она почти полностью устраняется при кипячении воды. Гидрокарбонаты при этом распадаются с образованием угольной кислоты; в осадок выпадает карбонат кальция и гидроксид магния [10, 11, 14].

Некарбонатная жесткость зависит от присутствия кальциевых и магниевых солей серной, соляной и азотной кислот и при кипячении не устраняется. Ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} и не приносят большого вреда живым организмам. Однако их наличие в воде в большом количестве делает воду непригодной для хозяйственных нужд. Чем вода насыщенней солями жесткости, тем больше увеличивается расход мыла, порошка при стирке белья, медленнее развариваются мясо и овощи. При нагревании жесткой воды образуется накипь, являющаяся сильным теплоизолятором, что делает ее непригодной и для систем оборотного водоснабжения, для питания

паровых котлов. Также накипь разъедает прокладки и уплотнения, отслоившиеся хлопья накипи перемещаются по системе и приводят к поломке арматуры, автоматики и оборудования котельных. Кроме того, при употреблении жесткой воды увеличивается риск развития некоторых заболеваний [14].

Однако нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов, если значение жесткости воды более 9 ммоль/л.

Жесткость воды сильно колеблется в зависимости от источника водоснабжения. Преимущественно, более высокая степень жесткости подземных источников водоснабжения, чем поверхностных.

Подземные воды многообразны по своему химическому составу. Степень их минерализации зависит от условий залегания водоносного горизонта и меняется от 100-200 мг/л до нескольких грамм на литр. В пресных артезианских водах преобладают ионы Ca^{2+} и HCO_3^- . По мере увеличения степени минерализации подземных вод повышается и относительное содержание ионов Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- .

Большое число солей, растворенных в воде, ухудшает ее вкусовые качества. В результате вкус воды может стать соленым, горьким, сладким и кислым, а также обрести различные привкусы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Порог вкусового восприятия солевых добавок в воде

Солевая добавка	Концентрация, мг/л
NaCl	165
CaCl ₂	470
MgCl ₂	135
MnCl ₂	1,8
FeCl ₂	0,35
MgSO ₄	250

Солевая добавка	Концентрация, мг/л
CaSO ₄	70
MnSO ₄	15,7
FeSO ₄	1,6
NaHCO ₃	450

По стандарту ISO 6107-2:2006, жесткость обуславливается способностью воды образовывать пену с мылом [3].

Согласно ГОСТ 31865-2012 (табл. 1.2), жесткость воды в России выражается в градусах жесткости (°Ж), что численно соответствует концентрации элемента жесткости $\frac{1}{2}$ его моля, выраженной в мг/дм³ (г/м³) [18].

Таблица 1.2 – Соотношение единиц жесткости, принятых в некоторых странах мира [18]

Страна	Обознач. единицы жест-ти воды	По ГОСТ 31865-2012	Германия	Велико-британия	Франция	США
По ГОСТ 31865-2012	°Ж	1,0	2,80	3,51	5,0	50,04
Германия	°DH	0,357	1,0	1,25	1,78	17,84
Велико-британия	°Clark	0,285	0,80	1,0	1,43	14,3
Франция	°F	0,20	0,56	0,70	1,0	10
США	ppm	0,02	0,056	0,070	0,10	1,0

Примечание:

$^{\circ}\text{Ж} = 20,04 \text{ мг Ca}^{2+}$ или $12,15 \text{ мг Mg}^{2+}$ в 1 дм^3 воды;

$^{\circ}\text{DH} = 10 \text{ мг CaO}$ в 1 дм^3 воды;

$^{\circ}\text{Clark} = 10 \text{ мг CaCO}_3$ в $0,7 \text{ дм}^3$ воды;

$^{\circ}\text{F} = 10 \text{ мг CaCO}_3$ в 1 дм^3 воды;

$\text{ppm} = 1 \text{ мг CaCO}_3$ в 1 дм^3 воды.

Международные нормы качества воды не нормируют ее жесткость, а только отдельное содержание в воде ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . К таким нормам относятся: нормативы питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), а так же нормы Европейского Союза (ЕС), стандарты ИСО и Национальные нормы питьевой воды США [14].

По величине общей жесткости природные воды делят на группы (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация воды по жесткости [14]

Группа воды	Единица измерения, моль/л
Очень мягкая	До 1,5
Мягкая Более	1,5 до 4,0
Средней жесткости	Более 4 до 8
Жесткая Более	8 до 12
Очень жесткая	Более 12

На основании СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» [48] жесткость воды не должна превышать 7 мг-экв/л , но в некоторых случаях, по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, не более 10 мг-экв/дм^3 . Некоторые виды производств к технической воде предъявляют требования более глубокого ее умягчения, т.е. до $0,05 - 0,01 \text{ мг-экв/л}$ (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение [48]

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	Единицы Рн	В пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	Мг/л	1000 (1500)**		
Жесткость общая	Мг-экв./л	7,0 (10)**		
Окисляемость перманганатная	Мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	Мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	Мг/л	0,5		
Фенольный индекс	Мг/л	0,25		
Неорганические вещества				

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Алюминий (Al (3+))	Мг/л	0,5	С.-т.	2
Барий (Ba (2+))	-“-	0,1	-“-	2
Бериллий (Be (2+))	-“-	0,0002	-“-	1
Бор (В, суммарно)	-“-	0,5	-“-	2
Железо (Fe, суммарно)	-“-	0,3 (1,0)**	Орг. 3	3
Кадмий (Cd, суммарно)	-“-	0,001	С.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	-“-	0,1 (0,5)**	Орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	-“-	1,0	-“-	3
Молибден (Mo, суммарно)	-“-	0,25	С.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	-“-	0,05	С.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	Мг/л	0,1	С.-т.	3
Нитраты (по (3-))	-“-	45	С.-т.	3

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Ртуть (Hg, суммарно)	-“-	0,0005	С.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	-“-	0,3	-“-	2
Селен (Se, суммарно)	-“-	0,1	-“-	2
Стронций (Sr (2+))	-“-	7,0	-“-	2
Сульфаты (SO4 (2-))	-“-	500	Орг.	4
Фториды (F (-))				
Для климатических районов				
- Iи II	-“-	1,5	С.-т.	2
- III	-“-	1,2		2
Хлориды (Cl (-))	-“-	350	Орг.	4
Хром (Cr (6+))	-“-	0,05	С.-т.	3
Цианиды (CN”)	-“-	0,035	-“-	2
Цинк (Zn (2+))	-“-	5,0	Орг.	3
Органические вещества				
Гамма-ГЦХЗ (линдан)	-“-	0,002***	С.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	-“-	0,002***	-“-	2

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
2,4-Д	-“-	0,03***	-“-	2

1.2 Существующие методы умягчения воды для систем горячего водоснабжения

Под умягчением воды имеется в виду процесс удаления из нее катионов кальция и магния [54]. Умягчение воды осуществляют следующими основными методами:

- термический метод, основан на нагревании воды, ее дистилляции или вымораживании;
- реагентный метод, при котором находящиеся в воде ионы Ca^{2+} или Mg^{2+} связывают различными реагентами в практически нерастворимые соединения;
- метод ионного обмена, основан на фильтрации воды через специальные материалы, обменивающие входящие в их состав ионы Na^+ или H^+ на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержащиеся в воде;
- метод диализа;
- комбинированный метод, представляет собой различные сочетания перечисленных выше методов.

Термический метод [14] умягчения воды уместен при применении карбонатных вод, идущих на питание котлов низкого и среднего давления, а также в сочетании с реагентными методами умягчения воды.

Термохимическое умягчение применяется только при подготовке воды для паровых котлов, для того чтобы наиболее рационально использовать теплоту, затраченную на подогрев воды.

Высокотемпературное умягчение воды используют для полного ее умягчения.

Реагентный метод [54]. Умягчение воды *известкованием* используют при высокой карбонатной и низкой некарбонатной жесткости воды, а также, если не требуется удалять из воды соли некарбонатной жесткости. Одновременно с известкованием применяют коагуляцию примесей сульфатом железа для ускорения процесса удаления дисперсных и коллоидных примесей и снижения щелочности воды. По сути метод заключается в обработке воды известью. Теоретический предел умягчения воды данным методом при 0 °С составляет 0,55, а при 80 °С – 0,23 мг-экв/л.

Известково-содовый метод пригоден для умягчения воды с любым ионным составом. При умягчении воды данным методом остаточная жесткость может быть доведена до 0,5-1, а щелочность с 7 до 0,8-1,2 мг-экв/л. Умягчение воды известкованием применяется, если требуется одновременно и снижение жесткости и снижение щелочности воды. Известь вместе с содой используется для умягчения воды, в которой кальций и магний содержатся в сочетании с анионами сильных кислот. Также следует отметить, что после умягчения воды известкованием или известково-содовым методом, она, как правило, перенасыщена карбонатом кальция и отличается очень высоким рН.

Для более глубокого умягчения воды ее подогревают с добавлением избытка реагента-осадителя и соединением умягчаемой воды с ранее образовавшимися осадками. Реакции умягчения протекают более полно при подогреве воды до температуры более 100 °С (до 165 °С). Данный метод называется – *термохимическим*.

При *содово-натриевом* методе умягчения воды ее обрабатывают гидроксидом натрия и содой. Как правило, данный метод применяется для умягчения воды, карбонатная жесткость которой намного превышает некарбонатную жесткость.

Бариевый метод умягчения воды применяется в сочетании с другими методами. В первую очередь в воду вводят барийсодержащие реагенты для устранения сульфатной жесткости, затем после осветления воды ее обрабатывают известью и содой для доумягчения. Бариевый метод применяют очень редко из-за высокой стоимости реагентов.

Оксалатный метод умягчения воды основан на применении оксалата натрия, а также на небольшой растворимости в воде образующегося оксалата кальция (6,8 мг/л при 18 °С). Метод достаточно прост технологически, однако, применяется для умягчения небольших количеств воды из-за высокой стоимости реагента.

Фосфатирование используется для доумягчения воды. После умягчения известково-содовым методом в воде присутствует остаточная жесткость (около 2 мг-экв/л), которая снижается фосфатированием до 0,02-0,03 мг-экв/л. Также фосфатированием добиваются значительной стабильности воды, что снижает ее коррозионное действие на металлические трубопроводы и предотвращает отложения карбонатов на внутренней поверхности стенок труб. Фосфатное умягчение как правило проводят при прогреве воды до 105-150 °С, достигая ее умягчения до 0,02-0,03 мг-экв/л. Фосфатный метод обычно применяют для доумягчения воды, предварительно умягченной известью и содой из-за высокой стоимости тринатрийфосфата.

Метод ионного обмена [15, 17, 26]. Процесс обработки воды методом ионного обмена, в результате которого происходит обмен катионов, называется катионированием. Каждый катионит обладает вполне определенной обменной способностью, определяющейся количеством катионов, которые катионит может обменять в течение фильтроциклы.

Натрий-катионитовый метод применяется для умягчения воды с цветностью не более 30 град и содержанием взвеси не более 8 мг/л. При одноступенчатом натрий-катионировании жесткость воды снижается до 0,05-

0,1; при двухступенчатом – до 0,01 мг-экв/л. При натрий-катионировании рН воды увеличивается.

Водород-катионирование – это обработка воды, основанная на фильтрации ее через слой катионита, содержащего в качестве обменных ионов катионы водорода. При водород-катионировании рН воды уменьшает.

При *аммоний-катионировании* вода фильтруется через слой катионита, отрегенированный солями аммония. В фильтрате образуются соли аммония, соответствующие имеющимся в воде анионам. При аммоний-катионировании рН воды остается таким же, как в исходной воде. Вследствие того, что пар от котлов, для питания которых идет такая вода, всегда содержит большое количество аммиака, данный метод не применяется, если данный пар используется для систем горячего водоснабжения или открытых систем теплоснабжения.

Вода, умягченная катионированием, становится более коррозионно-активной, чем исходная, по причине полного отсутствия в ней бикарбоната кальция, который в свою очередь при определенных условиях образует защитный слой карбоната кальция на поверхности металла труб, находящихся в контакте с водой.

Диализ [54] – это метод разделения растворенных веществ, существенно различающихся молекулярными массами. Он базируется на разных скоростях диффузии этих элементов через полупроницаемую мембрану, разделяющую насыщенный и разбавленный растворы. Диализ производят в мембранных аппаратах с нитро- и ацетатцеллюлозными пленочными мембранами. Эффективность полупроницаемой мембраны для умягчения воды определяется высокими значениями водопроницаемости и селективности, которые она должна сохранять в течение продолжительного периода работы. Остаточная жесткость воды – 0,01 мг-экв/л и ниже.

Выбор конкретного метода умягчения исходной воды определяется ее качеством, необходимой глубиной умягчения и технико-экономическими требованиями.

1.3 Описание систем горячего водоснабжения и методов умягчения, применяемых в Центральном районе города Тольятти

Тольятти – город в Самарской области России, административный центр Ставропольского района. Город расположен на левом берегу Волги. Площадь городской территории равна 31 479 га. Город протянулся вдоль Волги примерно на 40 км и состоит из трех районов – Автозаводского, Центрального и Комсомольского [16, 50].

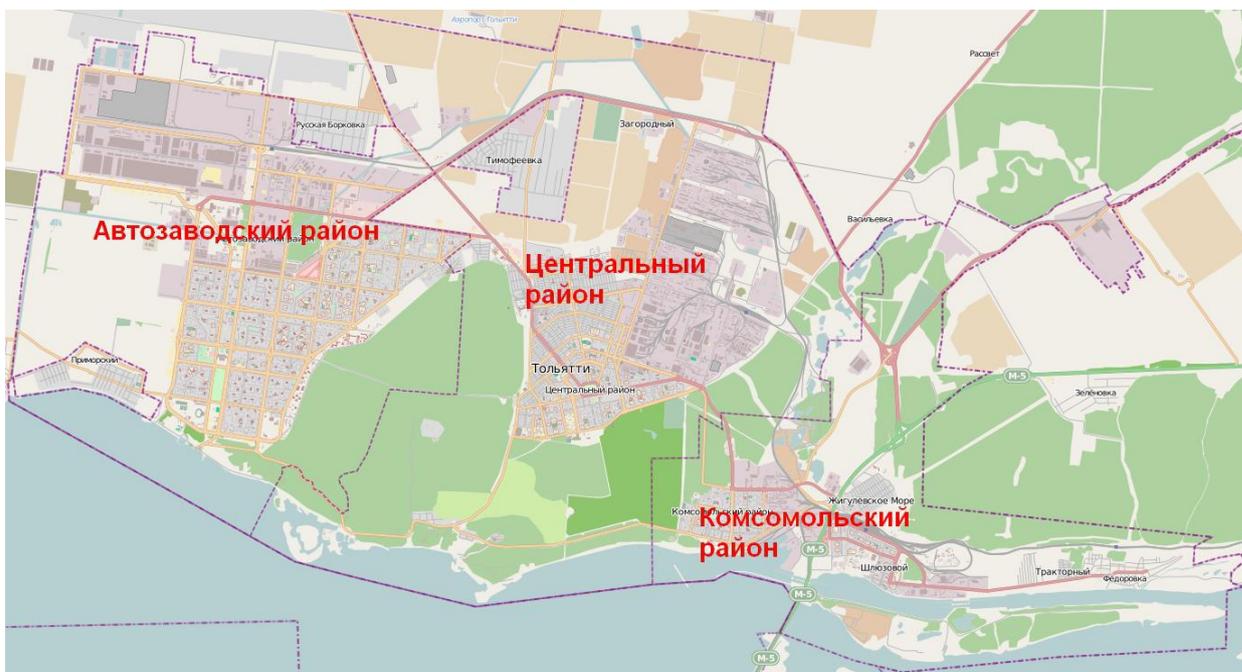


Рисунок 1.1 – Административное деление города Тольятти

Центральный район является исторически сложившимся административным центром города. Здесь расположены Тольяттинская Городская Дума и администрация города. Большинство зданий района застройки сталинского и хрущёвского периодов [16, 50].

В 1960-х годах в Центральном районе были построены крупные предприятия машиностроения и химической промышленности: ОАО

«Волгоцеммаш», ООО «Тольяттикаучук», ОАО «КуйбышевАзот», электротехнический завод, Тольяттинская ТЭЦ и прочие. Они сформировали Северный промышленный узел, расположенный на северо-восток от жилых кварталов [16, 52].

Гарантирующей организацией централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Центрального района города является ООО «Волжские коммунальные системы». Общая протяженность сетей 291,18 км.; общее количество водозаборов – 7 ед., «Соцгородской» и «Портовый» обслуживают Центральный район, «Прибрежный», «Комсомольский», «Федоровский», «Жигулевское море», «Зеленовский» – Комсомольский район; артезианских скважин – 101 ед.; канализационных насосных станций – 28 ед.; водопроводных насосных станций – 3 ед. Примерная численность обслуживаемого населения города по состоянию на 2015 год – 260 тыс.чел. [36, 38].

Источниками водоснабжения ООО «Волжские коммунальные системы» используются водозаборы подземных вод, расположенные в центральной части тольяттинского месторождения. Каждый водозабор состоит из группы водозаборных скважин, накопительных резервуаров чистой воды и насосных станций второго подъема. Вода с водоносного горизонта скважины забирается погружными насосами и поступает в накопительные резервуары. Система очистки воды не используется, так как качество добываемой воды соответствует СанПиН (табл. 1.5) [38, 48].



Рисунок 1.2 – Станция подъема ООО «Волжские коммунальные системы»



Рисунок 1.3 – Станция подъема ООО «Волжские коммунальные системы»

**Таблица 1.5 – Информация о качестве питьевой воды в разводящей сети
ООО «Волжские коммунальные системы за май 2017 г [38]**

Показатели качества	Единицы измерения	Норматив	Централь- ный район	Комсомоль- ский район
			мин. – макс.	мин. – макс.
мутность	мг/дм ³	1,5	< 0,2 – 0,75	< 0,2 – 1,21
цветность	градус	20	< 2,0 – 3,7	< 2,0 – 3,6
железо	мг/дм ³	0,7 *	< 0,1 – 0,51	< 0,1 – 0,68
Общее микробное число	КОЕ/1 см ³	не более 50 в 1 см ³	0	0 - 1
Общие колиформные бактерии	КОЕ/100 см ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ/100 см ³	отсутствие	отсутствие	Отсутствие
Примечание: * – величина установлена Главным государственным санитарным врачом по г. Тольятти (Постановление №1 от 12.01.15 г. на основании ст. 19 и ст. 51 ФЗ № 52 от 30.03.99 г. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения и п. 3.4.3.) СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды центральных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».				

Теплоснабжающей организацией Центрального района города является ПАО «Т-Плюс» (рис. 1.4). Компания для теплоснабжения района имеет на балансе сети протяженностью 198,61 км и источники тепловой энергии: Тольяттинская ТЭЦ (ТоТЭЦ) и котельные № 3 и 14. На балансе ПАО «Т-Плюс» следующее количество тепловых сетей (в двухтрубном исчислении): 60 км магистральных сетей, 129 км распределительных (квартирных) сетей. Общая протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении 131 км, из них в Центральном районе 9,8 км [16, 52].

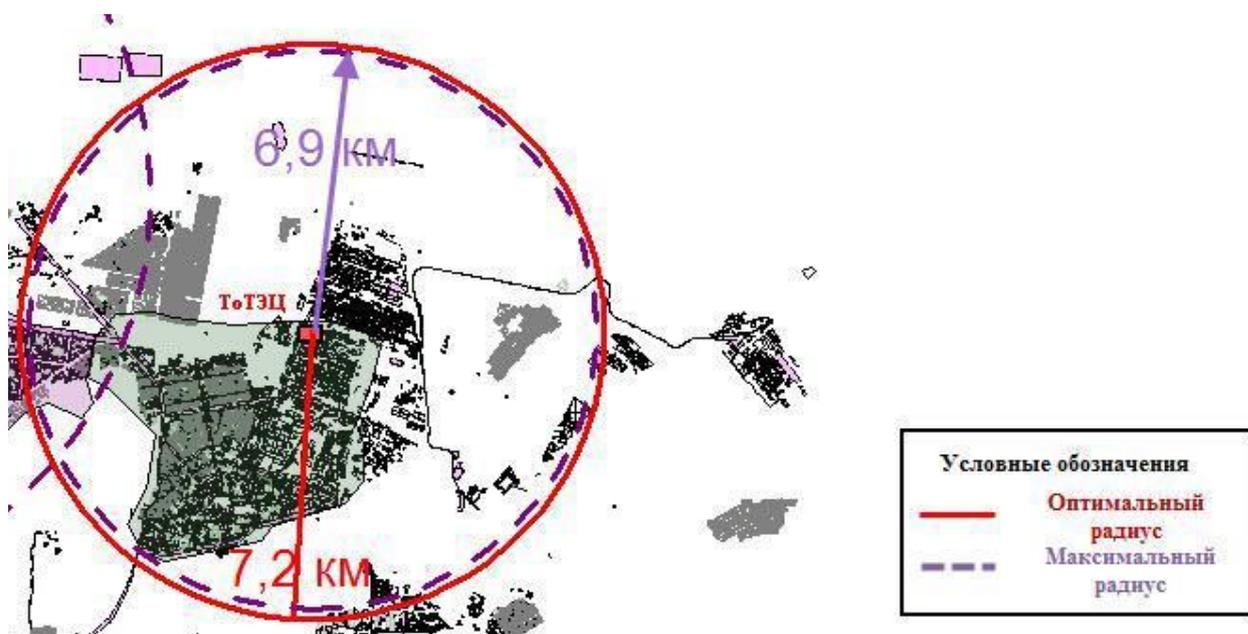


Рисунок 1.4 – Оптимальный и максимальный радиусы теплоснабжения Центрального района от источников ПАО «Т-Плюс»

ТоТЭЦ работает по температурному графику 150/70 °С со срезкой 130 °С, согласованного с мэрией г.о. Тольятти. Магистральные тепловые сети от источника ТоТЭЦ (рис. 1.5) и распределительные теплосети до ЦТП (центральных тепловых пунктов) – приняты двухтрубными, от ЦТП до потребителей – четырехтрубными [16, 52].

Горячая вода в Центральном районе города готовится из холодной воды, поставляемой ООО «Волжские коммунальные системы», в ЦТП и ИТП (индивидуальных тепловых пунктах) посредством нагрева в

теплообменниках сетевой водой для нужд систем отопления, подаваемой ПАО «Т-Плюс».



Рисунок 1.5 – Тольяттинская ТЭЦ

В ЦТП района и в части ИТП не проводится никакого умягчения воды, подаваемой в теплообменники для нужд горячего водоснабжения. В схемах ТП можно встретить только обычные косые фильтры для удаления достаточно крупных фракций накипи. Однако, в некоторых новостройках района, а также в более ранних жилых домах после проведения капитального ремонта и монтажа ИТП, в схемах ИТП (рис. 1.6) появились аппараты магнитной обработки воды – Гидромагнитные системы преобразования солей жесткости «ГМС», устанавливаемые на подающих трубопроводах холодной воды, идущей на приготовление горячей, перед теплообменником. Данные приборы предназначены для уменьшения жесткости воды и, как

следствие, уменьшение образования накипи на нагревательных поверхностях теплообменника, а также труб и арматуры систем горячего водоснабжения.

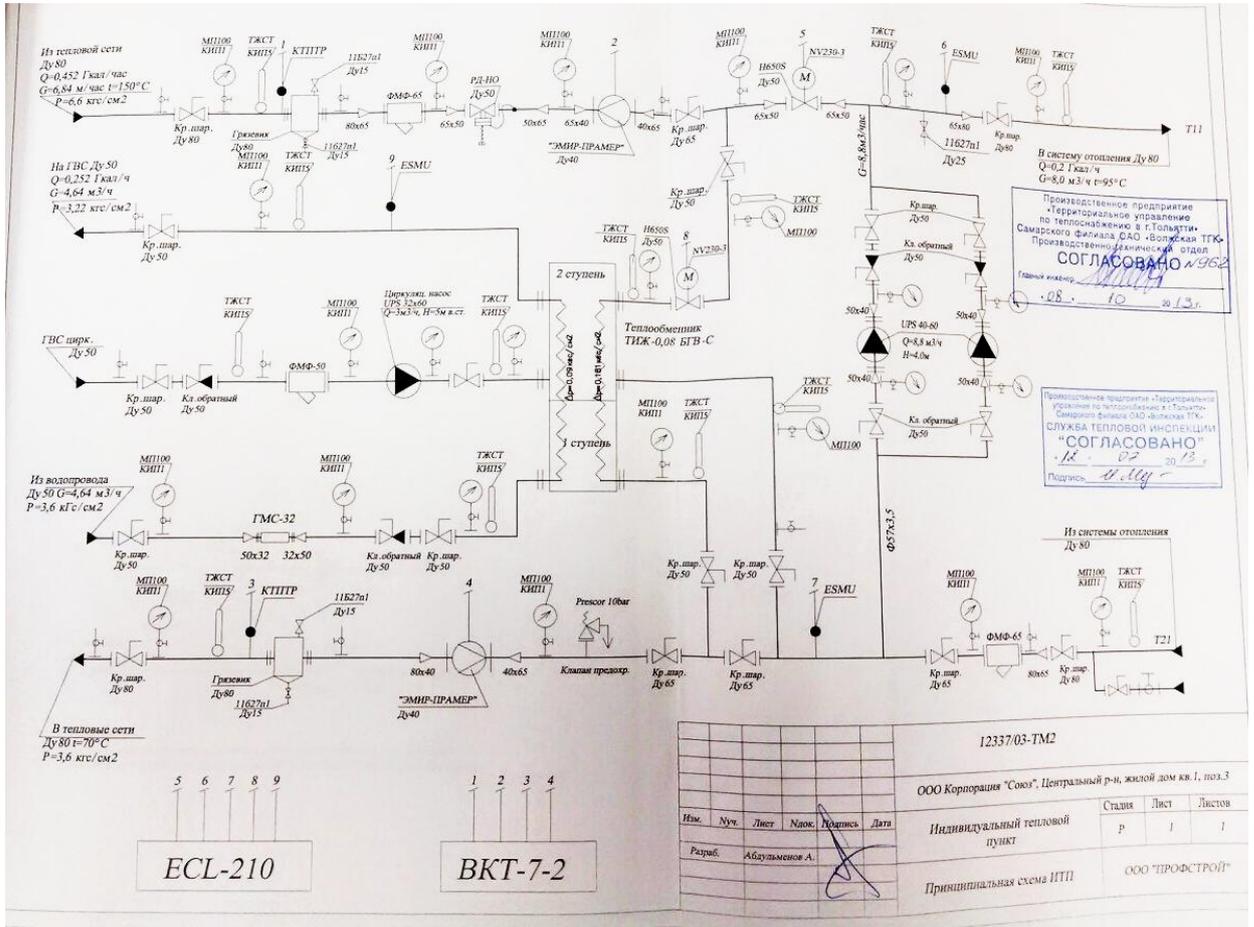


Рисунок 1.6 – Схема индивидуального теплового пункта по адресу: Центральный район, улица Кошеля, дом 73

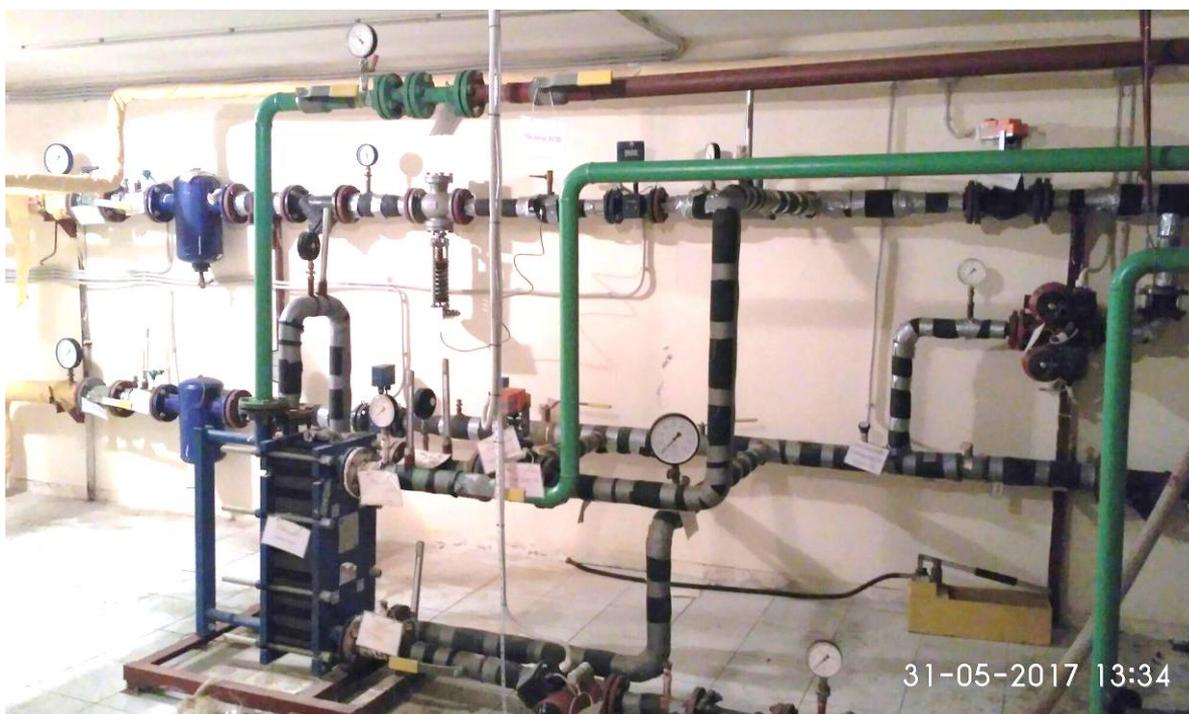


Рисунок 1.7 – Фото индивидуального теплового пункта по адресу: Центральный район, улица Кошеля, дом 73

1.4 Гидромагнитные системы преобразования солей жесткости «ГМС» и магнитная обработка воды.

Производители Гидромагнитных систем преобразования солей жесткости «ГМС» относят данное устройство к безреагентному или физическому методу умягчения воды. Типовая конструкция данного устройства состоит из нескольких многополюсных магнитов («Неодим-Железо-Бор») цилиндрической формы (рис. 1.8, 1.9.) Они создают аксиально-симметричное магнитное поле. Аксиальная и радиальная составляющие этого поля меняют свое направление на противоположное при переходе от одного полюса к другому полюсу [21, 32].

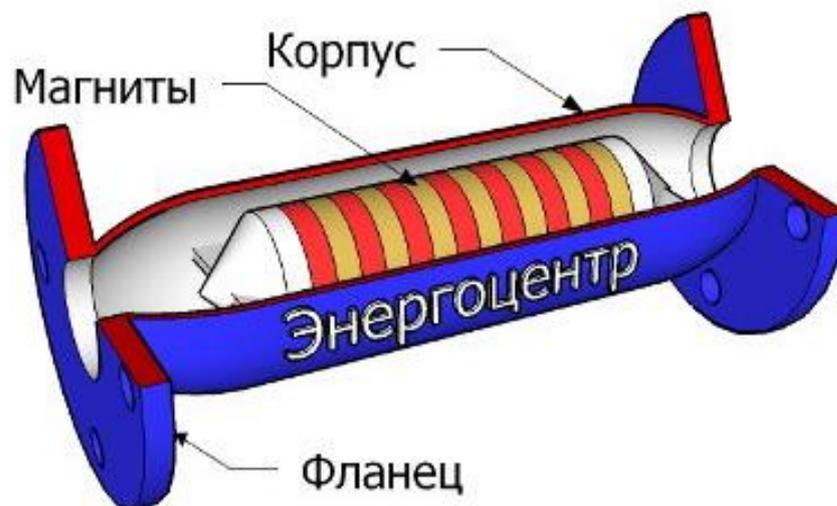
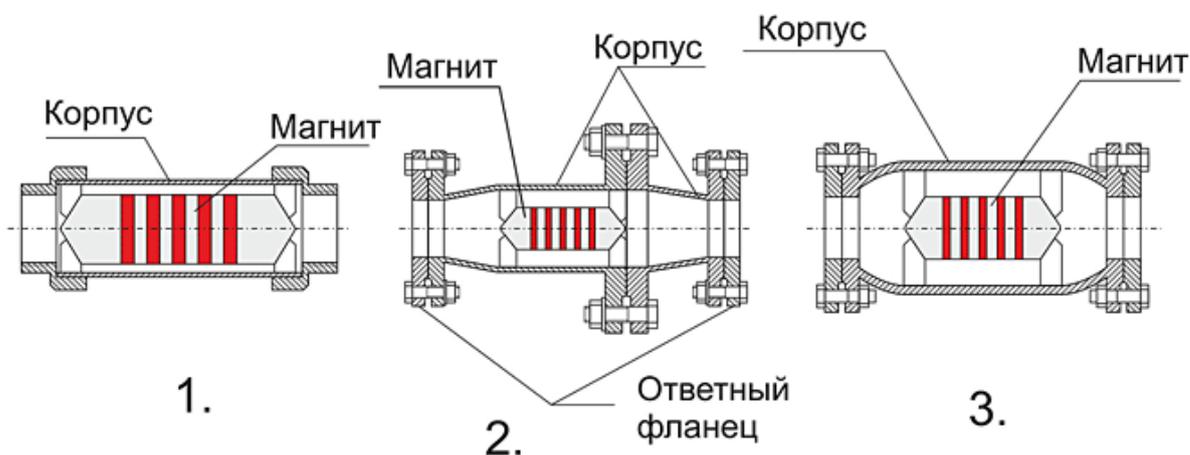


Рисунок 1.8 – Устройство «ГМС»



1, 2, 3 – варианты исполнения гидромагнитной системы

Рисунок 1.9 – Устройство «ГМС»

К плюсам применения данного устройства относят, в первую очередь, отсутствие необходимости применения реагентной обработки, экологическую безопасность и безопасность для человека. К минусам относят: с течением времени положительный эффект теряется, для поддержания воду обрабатывать снова; эффективность обработки снижают высокая турбулентность, высокая температура и воздействие внешнего магнитного поля; при циркуляции воды необходима установка дополнительных устройств; ржавчина, частицы металла с труб, окислы сужают сечение и ухудшают работу прибора [21, 32].

Установка приборов магнитной обработки воды для водоподготовки в тепловых пунктах рекомендована СП [50, 51] несмотря на то, что данный метод не однозначен, а результаты исследований противоречивы.

Так согласно СП [50, 51] магнитную обработку воды для систем горячего водоснабжения следует предусматривать при соблюдении следующих условий:

- жесткость общая исходной воды не более 10 мг-экв/л;
- содержание железа в пересчете на Fe не более 0,3 мг/л;
- содержание кислорода 3 3 мг/л;
- сумма значений содержания хлоридов и сульфатов 3 50 мг/л.

При этом напряженность магнитного поля в рабочем зазоре электромагнитных аппаратов не должна превышать 159×10^3 А/м. В случае применения электромагнитных аппаратов необходимо предусматривать контроль напряженности магнитного поля по силе тока.

Магнитный метод обработки воды изучается с 1936 года. Его основоположником считается бельгийский инженер Т.И.С. Вермейрен, который первым в мире запатентовал аппарат магнитной обработки воды в 1946 году. С тех пор было проведено большое количество исследований и экспериментов, как в России, так и за рубежом.

Все эти исследования условно можно объединить в несколько групп.

К первой группе можно отнести проведение опытов над приготовленными в лабораторных условиях растворами солей жесткости [1, 4-6, 8, 13, 23, 24, 27, 28], таких как: карбонат кальция (CaCO_3), сульфат кальция (CaSO_4), сульфат бария (BaSO_4) [6, 8], карбонат натрия (Na_2CO_3), хлорид кальция (CaCl_2) [5]. В таких опытах приготовленные насыщенные растворы подвергались воздействию:

- различной интенсивности и направленности обработки магнитными полями;
- при разной температуре растворов и окружающего воздуха;

- при различных скоростях потока жидкости;
- в статичном состоянии жидкости.

Эксперименты проводились на специально сконструированных для этих целей стендах. Образцы таких стендов представлены на рисунках 1.10 – 1.13.

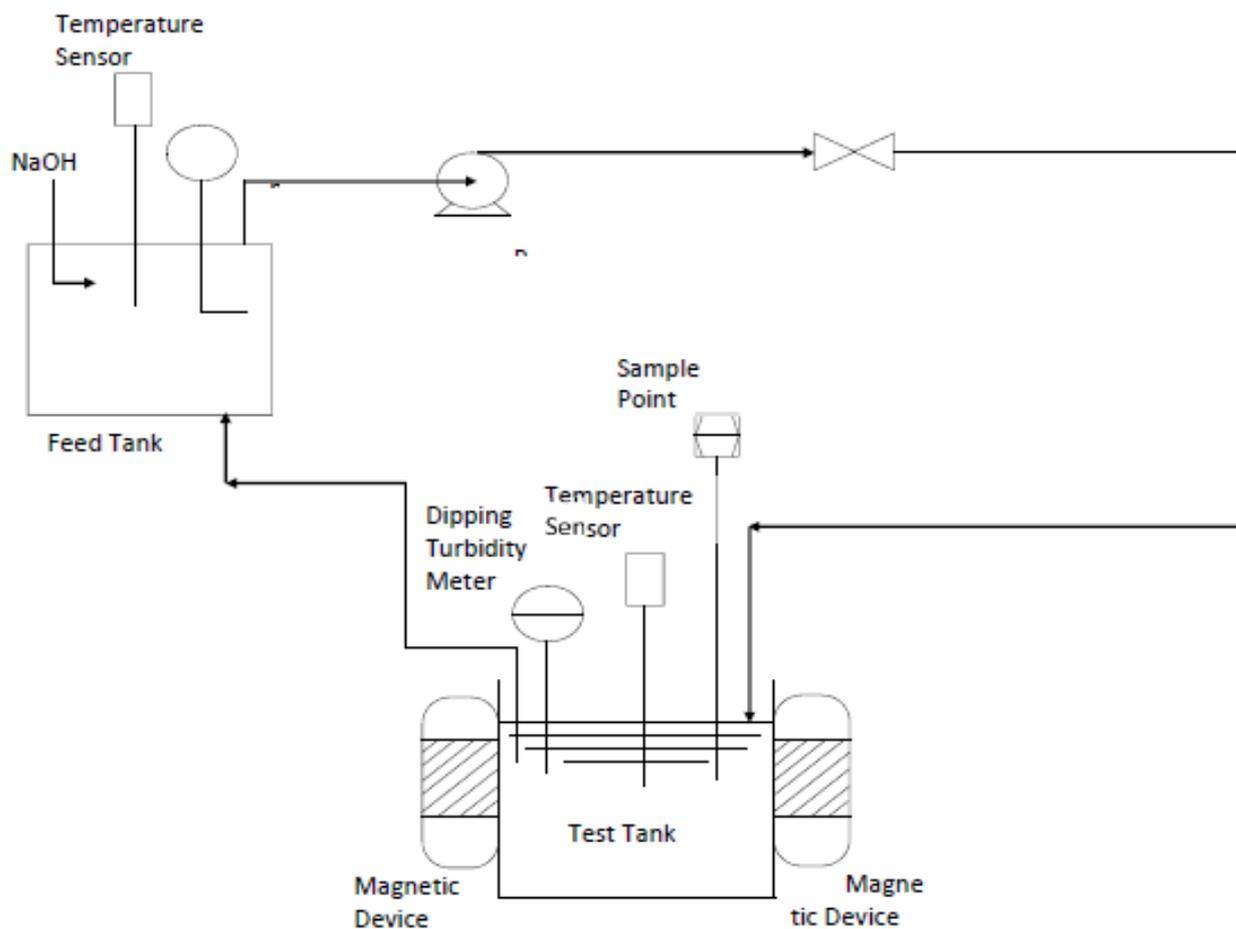


Рисунок 1.10 – Схема экспериментальной испытательной установки, собранной с Кувейтском НИИ г. Доха [8]

Magnetization of dynamic fluid system

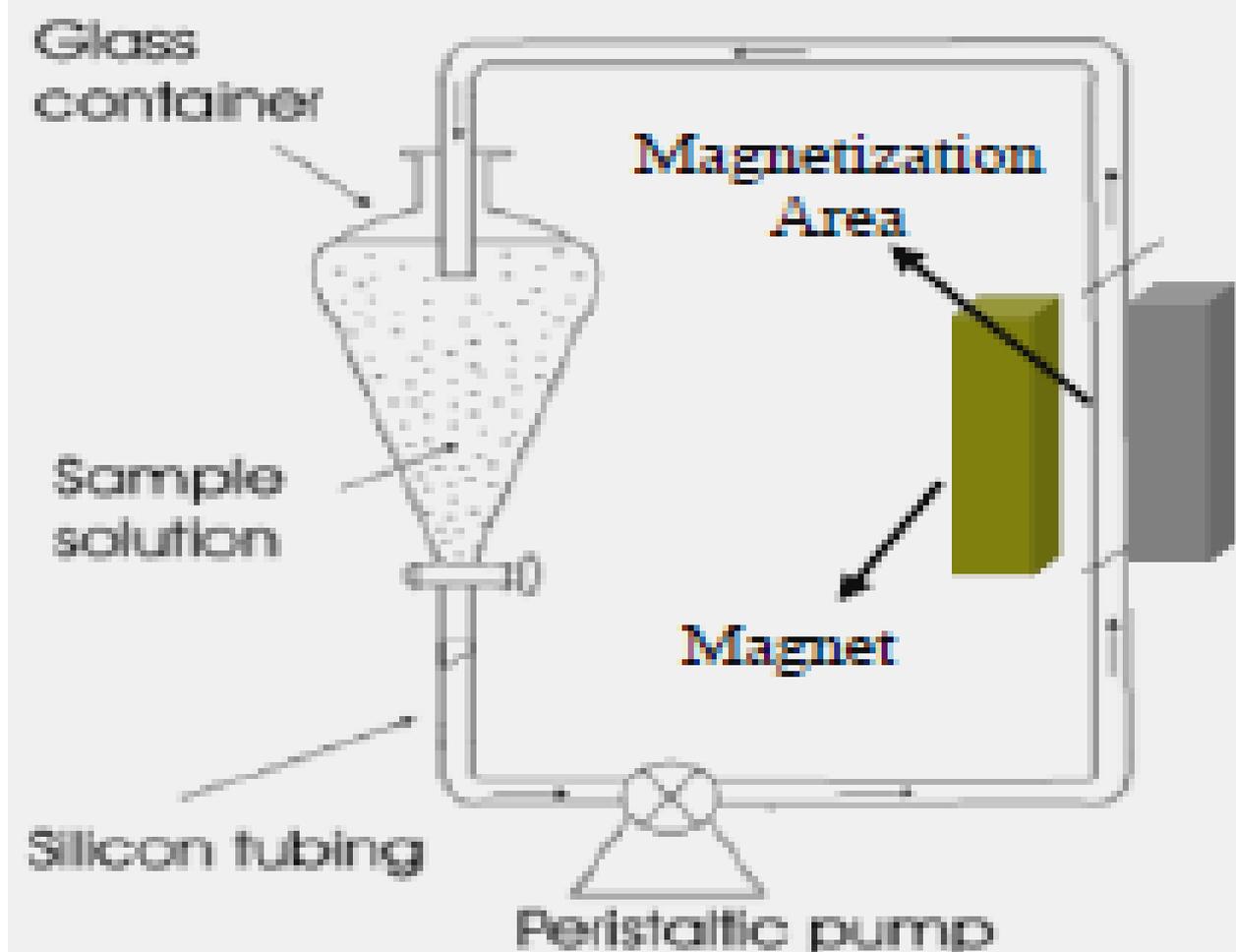


Рисунок 1.11 – Схема экспериментальной испытательной установки, собранной в Университете Индонезии [6]

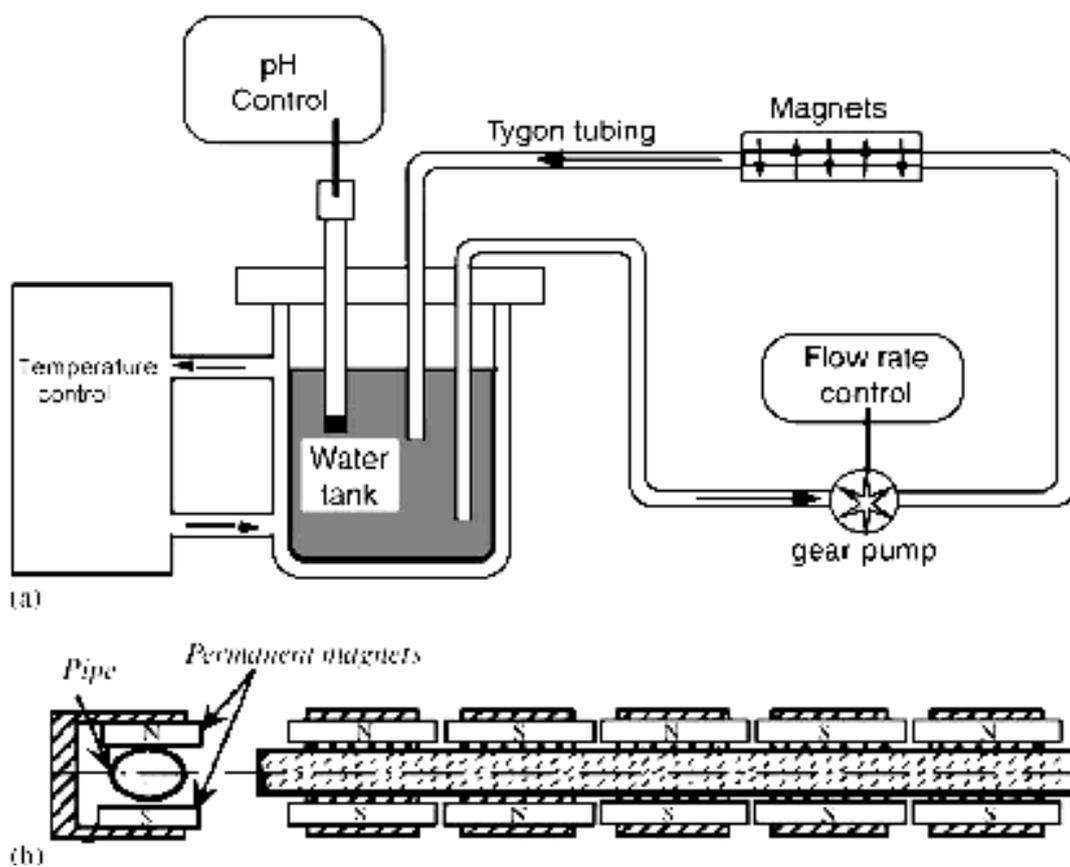
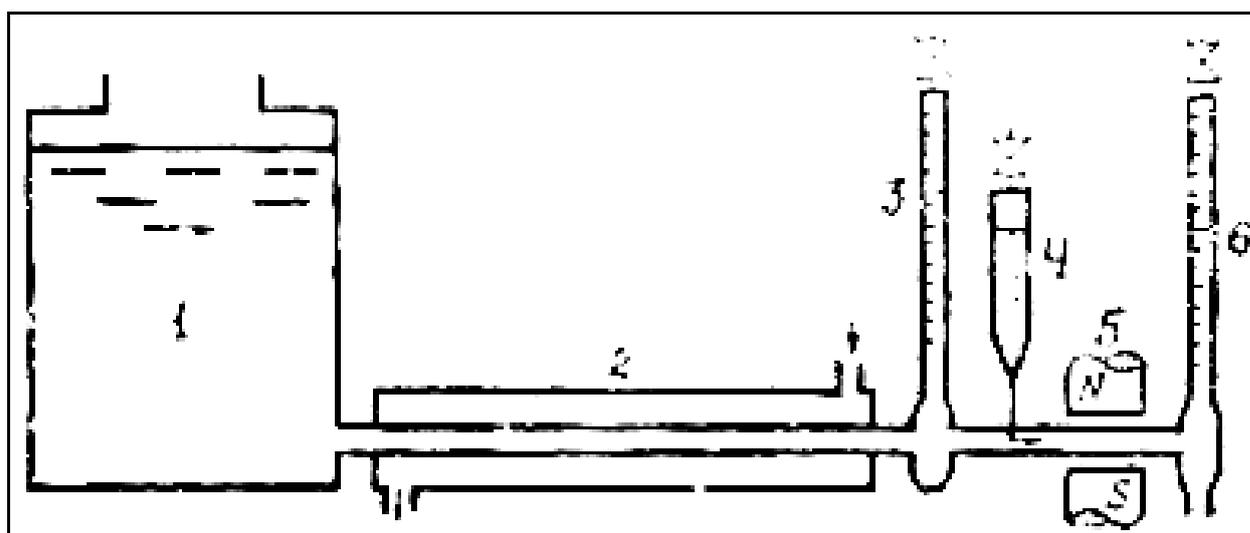


Рисунок 1.12 – Схема экспериментальной испытательной установки, собранной в Национальном институте научно-технических исследований г. Хаммам-Лиф, Тунис [1]



1 – емкость с раствором; 2 – теплообменник; 3, 6 – микробюретки;
 4 – приспособление для ввода в зазор магнита ферромагнитной примеси;
 5 – зазор магнитного устройства.

Рисунок 1.13 – Схема лабораторной установки [27]

В процессе проведения опытов брались пробы и делались анализы по большому числу показателей. Пробы брались в разные отрезки времени для выявления наиболее оптимальной продолжительности магнитной обработки и длительности сохранения ее эффекта. Проверялись и сравнивались такие показатели как: мутность, цветность, щелочность, электропроводность, а самое главное, общее количество твердого вещества, осажденного на поверхности трубок и пластинах теплообменников.

Данные таких экспериментов неоднозначны, невоспроизводимы и часто заканчивались отрицательными результатами, вследствие отсутствия теоретического объяснения самого явления и механизма процессов, приводящих к тем или иным результатам. Но в основном они сводятся к тому, что эффективность магнитной обработки зависит от многих параметров, таких как используемая мощность магнита, типа исследуемой накипи, состояние воды (статичная или поток). Также из результатов данных опытов видно, что эффект магнитной обработки был более сильным на карбонат кальция (CaCO_3) [5, 6, 8], нежели на сульфат кальция (CaSO_4) и сульфат бария (BaSO_4) [6, 8].

На основе результатов успешных лабораторных экспериментов было выявлено, что магнитная обработка эффективна при карбонатной (временной) жесткости, а также генерирует образование затравочных кристаллов накипеобразователей. Это в свою очередь меняет характер отложений солей жесткости на поверхностях труб и теплообменников таким образом, что они формируются не на стенках труб, а вокруг центров кристаллизации и удаляются потоком воды в виде шлама. Однако данный процесс не затрагивает весь объем солей жесткости и отложения на теплообменных поверхностях сохраняется, но в меньшем масштабе.

В ходе этих опытов были установлены необходимые условия для образования центров кристаллизации. Данные условия стали параметрами

успешной работы аппаратов магнитной обработки и вошли в СП [50, 51] как условия для их применения:

- жесткость общая исходной воды не более 10 мг-экв/л;
- содержание железа в пересчете на Fe не более 0,3 мг/л;
- содержание кислорода не более 3 мг/л;
- сумма значений содержания хлоридов и сульфатов не более 50 мг/л.

Ко второй группе можно отнести теоретические работы и гипотезы, объясняющие производимый эффект на процессы, происходящие в насыщенном водном растворе под действием магнитной обработки [9, 12, 20, 21, 23, 24, 29, 30, 33, 34].

Так ряд исследователей объясняют эффекты магнитной обработки на водные растворы со стороны физики магнитного и ионного процессов. Т.е. на ионы солей жесткостей при их движении через магнитное поле действует сила Лоренца, что в свою очередь, приводит к значительным локальным сдвигам в движении ионов в растворе [5]. Таким образом, магнитная обработка вызывает вихревое движение, которое выравнивает профиль скорости потока жидкости в трубе. Этот эффект может привести к большему градиенту скорости вдоль стен. Кроме того, потенциал течения по ходу стенок, зависящий от скорости должен возрастать с магнитной обработкой. Это явление, изменяя поверхностный заряд, может выбросить из баланса равновесия CO_3^{2-} . Магнитная обработка вызывает более быстрый перенос протона от гидрокарбоната к воде из-за протонной спиновой инверсии в области диамагнитных солей [1, 29] (рис. 1.14).

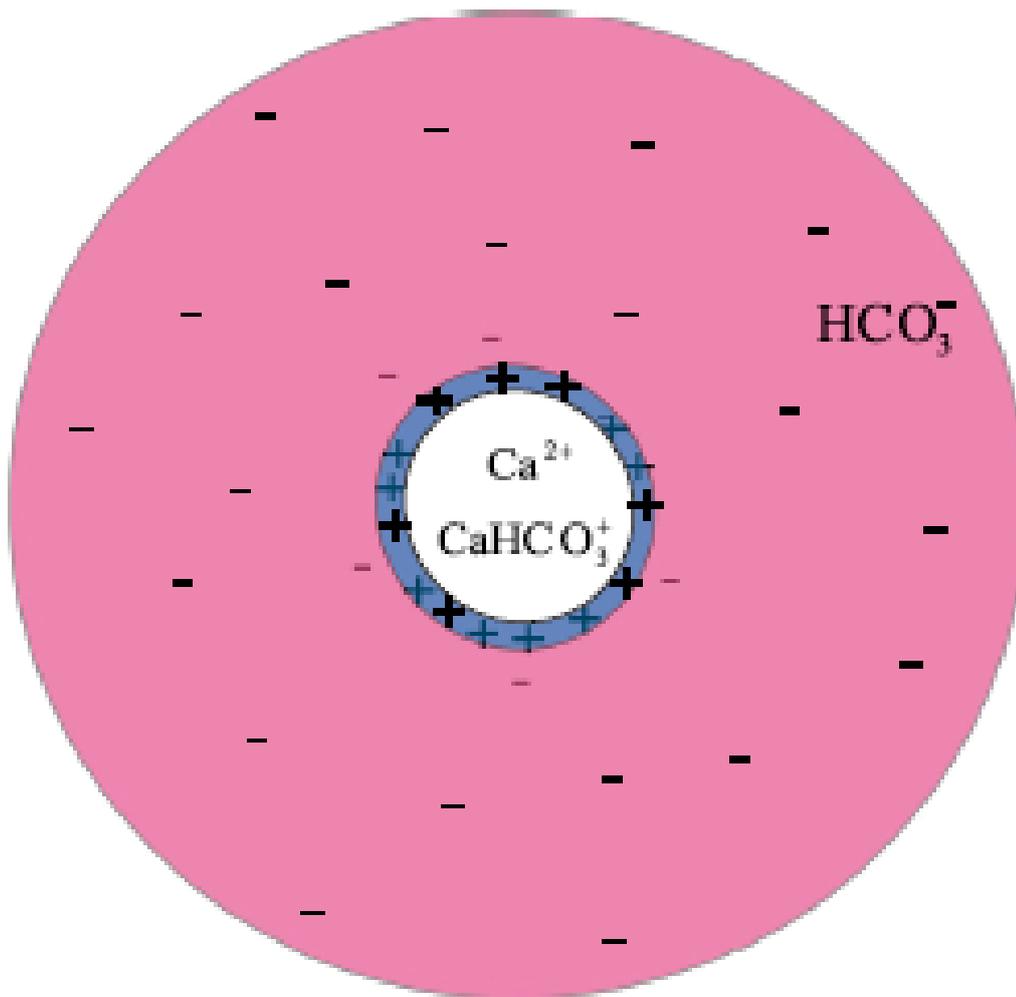


Рисунок 1.14 – Строение двойного электрического слоя коллоидной частицы CaCO_3 [30]

Как показали расчеты [30] начинается активная коагуляция после магнитной обработки и раствор теряет стабильность. Происходит укрупнение частиц. Раствор становится пересыщенным, и кристаллизация солей жесткости переходит от теплообменных поверхностей к взвеси. Таким образом, магнитная обработка вызывает коагуляцию за счет деформации двойного электрического слоя коллоидных частиц [30].

Часть исследователей в своих работах объясняют образование коллоидных комплексов под воздействием магнитной обработки наличием в воде ферромагнитных частиц железа. В этом случае аппараты магнитной обработки воды рассматриваются как своего рода магнитные фильтры,

которые механически удерживают образующуюся накипь в зазоре ферромагнитных включений. При достижении определенной массы эти коллоидные частицы смываются потоком воды и улавливаются обычным косым сетчатым фильтром [33, 34]. В данном случае расчетом определяется количество ферромагнитной затравки для аппарата магнитной обработки воды для его более эффективной работы (рис. 1.15).

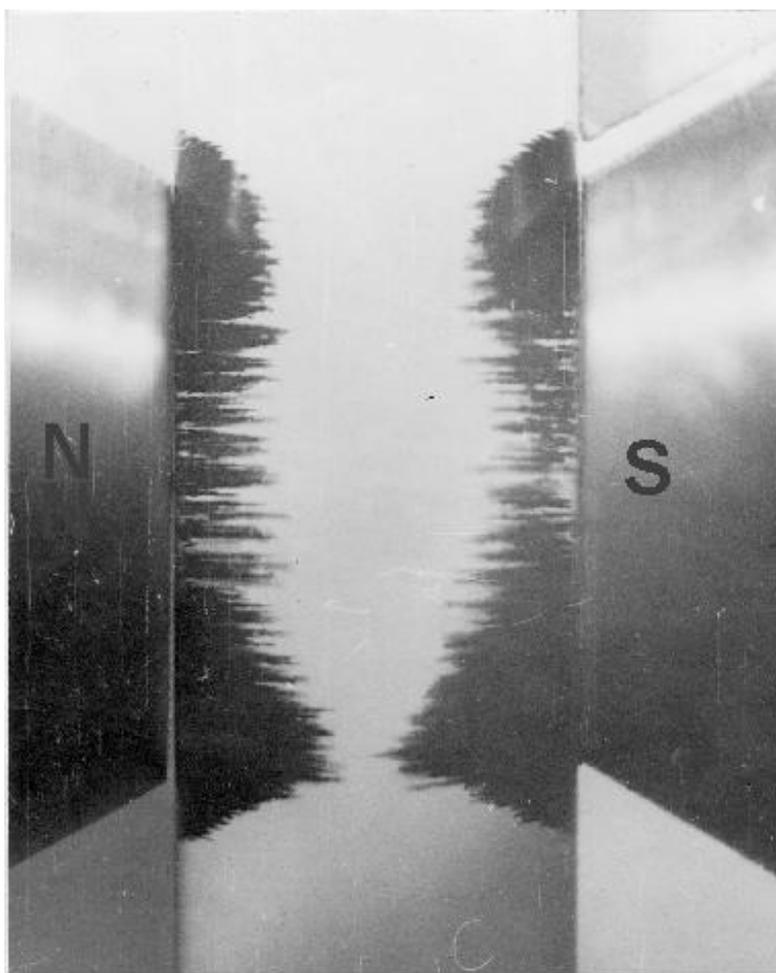


Рисунок 1.15 – Фотография слоя ферромагнитных примесей, задерживаемых из протекающей воды в зазоре электромагнитного аппарата

К третьей группе можно отнести проведение экспериментов на действующих установках предприятий, производств. В данном случае для проведения эксперимента использовались мощности конкретных предприятий, на основе которых собирались установки с использованием аппаратов магнитной обработки воды, имеющих в свободной продаже, для

проверки их эффективности в реальных производственных условиях, контролируемых для чистоты эксперимента [2, 39].

В 60-е годы XX века Министерство энергетики Украины решило провести свой эксперимент в Донбассе на Старобешевской ГРЭС. На данной ГРЭС было установлено четыре турбоагрегата с двумя конденсаторами на каждом. Перед одним из них был установлен аппарат магнитной обработки воды. На данный прибор пришлось около 1/8 от всего объема охлаждающей воды. В результате эксперимента интенсивность отложений снизилась и не только в данном конденсаторе, но и в остальных. Это объяснили тем, что прибор «омагнитил» всю воду в водоеме. Однако также было подмечено, что в период проведения эксперимента (2-3 года) в поселке на берегу водоема, где располагалась ГРЭС, для стирки стали использовать вместо мыла стиральный порошок, что резко повысило концентрацию фосфатов в водоеме-охладителе. Таким образом, не были получены достоверные данные об эффективности магнитной обработки [39].

В 2000 году Инженерный корпус армии США провел свое исследование на действующей Рок-Айлендской теплоцентрали. Был собран стенд с использованием трех устройств магнитной обработки воды, два из которых имели постоянные магниты и один электромагнитный. Испытание проводилось в течение шестидесяти дней. В ходе исследования, пробы питьевой воды были собраны перед входом в тестовое устройство, и после того, как она покинула каждый из сборок теплообменников. После завершения испытания, был произведен визуальный осмотр теплообменников и исследуемых образцов. Образовавшиеся минеральные отложения, удаляли, взвешивали и анализировали. Анализ проводился на расщепленном образце индуктивно связанной плазмой атомной эмиссионной спектроскопии (ИСП-АЭС) для обнаружения металлических компонентов, а также с помощью дифракции рентгеновских лучей для определения

кристаллической структуры отложения [2]. Испытательный стенд представлен на рис. 1.16.

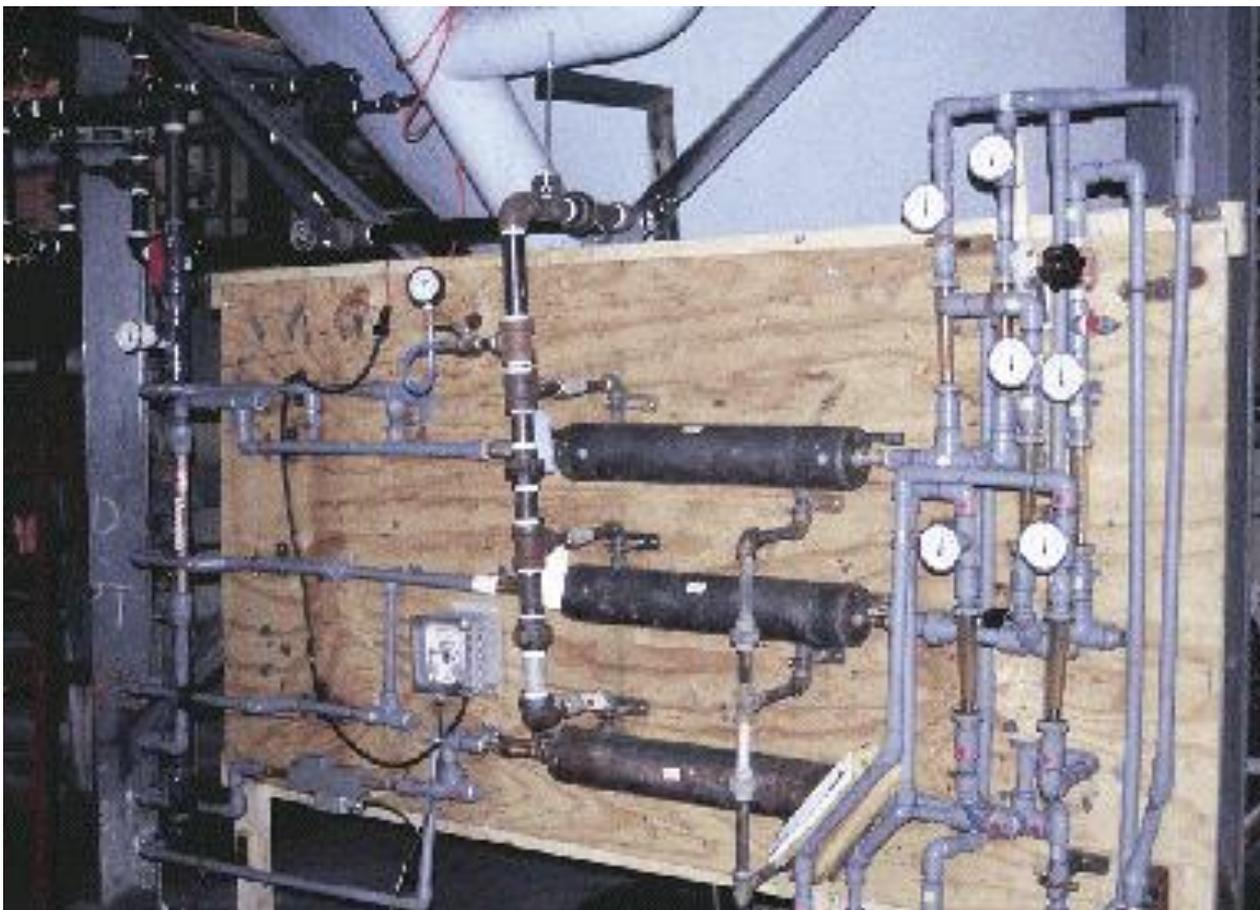


Рисунок 1.16 – Испытательный стенд, собранный на теплоцентрали Рок-Аленд Арсенал (Rock Island Arsenal Steam Plant) [2]

Результаты данного исследования не указали на очевидное уменьшение накипеобразования при использовании любого из трех магнитных аппаратов. Полученные данные не подтвердили претензии производителей относительно предотвращения накипеобразования или какого-либо изменения кристаллической структуры образовавшейся накипи.

В 2011 году в Крыму в Севастополе был проведен промышленный эксперимент на черноморской воде (рис. 1.17). Как показал данный опыт, обработка воды магнитным аппаратом типа ЭМА-50 Чебоксарского завода «Энергозапчасть» качественно изменила структуру слоя накипи на

теплообменных поверхностях. Слой накипи покрывал трубки и пластины не сплошным плотным слоем, а лишь частично (рис. 1.18) [39].

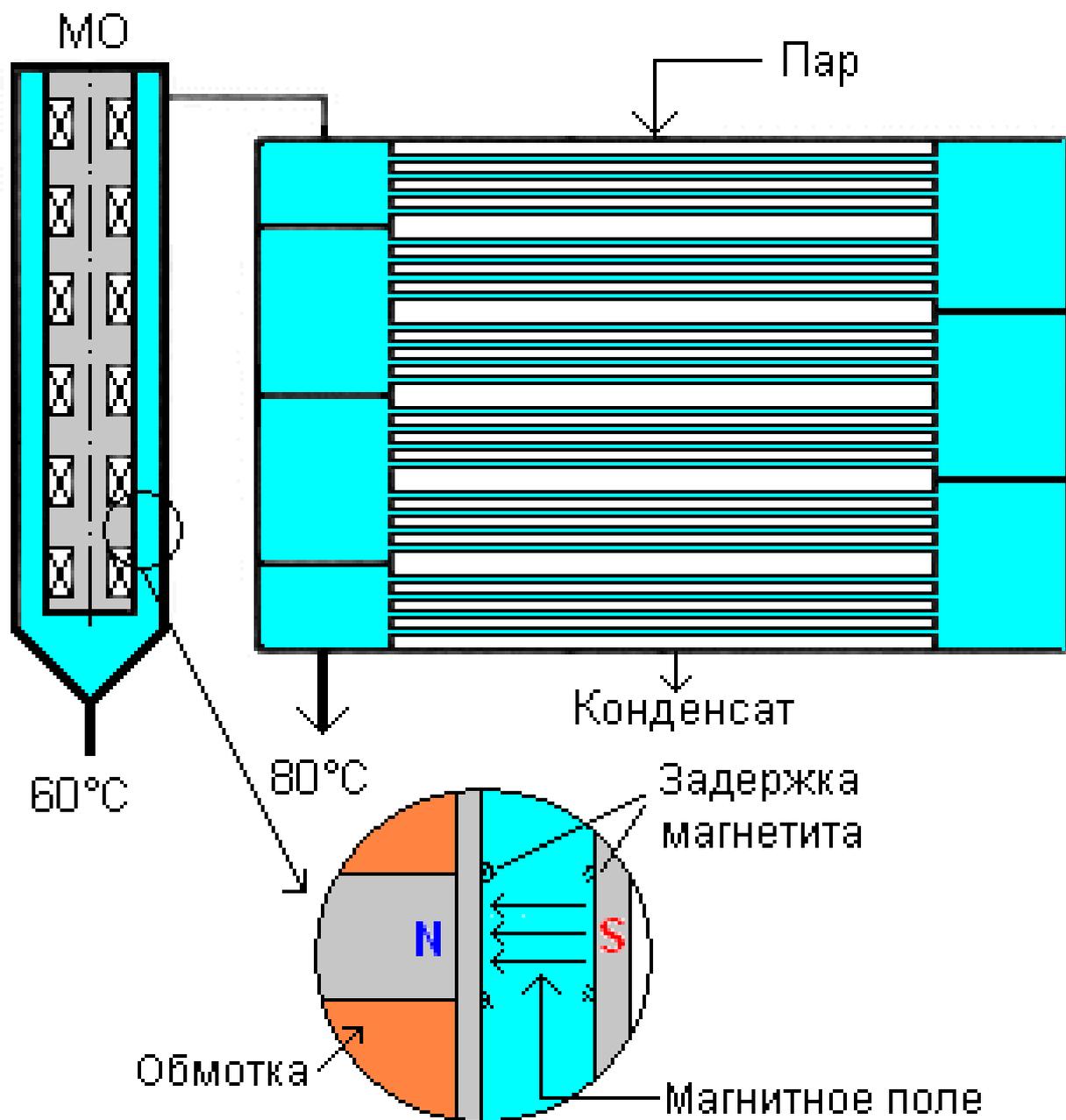


Рисунок 1.17 – Схема включения электромагнитного аппарата перед теплообменником опреснительной установки [39]

При вскрытии аппарата магнитной обработки было выявлено, что внешнюю поверхность магнитного сердечника покрывает равномерный слой накипи [39].

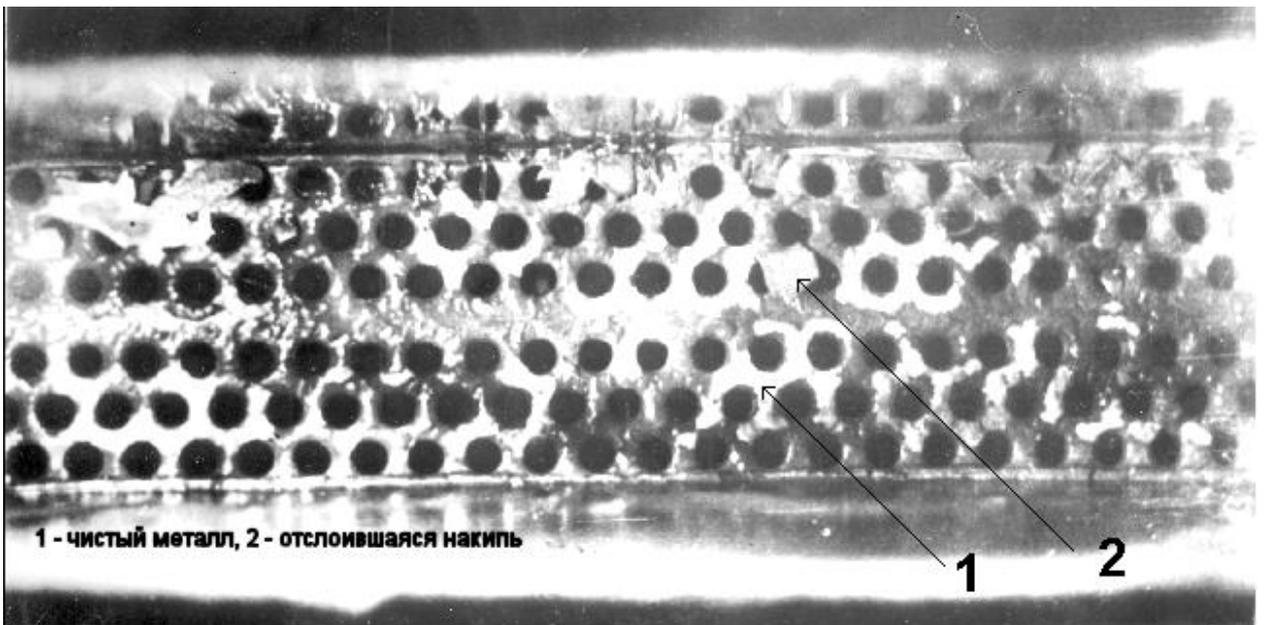


Рисунок 1.18 – Фотография трубной доски головного подогревателя с накипью [39]

Таким образом, данный эксперимент показал, что аппарат магнитной обработки эффективен. И что образующаяся после магнитной обработки накипь оседает не на теплообменных поверхностях, а задерживается в самом аппарате (как в фильтре) благодаря наличию в воде ферромагнитных примесей.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Не смотря на обилие классических и эффективных методов умягчения воды, ни один из них по ряду причин не подходит для нужд горячего водоснабжения Центрального района города Тольятти. Центральный район города не имеет централизованной подачи горячей воды конечному потребителю, как это имеет место в Автозаводском районе. Как следствие, нет централизованной водоподготовки, поставляемой потребителю воды. Исходя из этого, водоподготовка ложится на плечи конечных потребителей, заинтересованных в качестве воды и работоспособности оборудования тепловых пунктов как собственников, несущих финансовое бремя по содержанию общего имущества многоквартирных домов. В свою очередь, управляющие организации не способны взять подобного рода бремя в сферу своей ответственности за обслуживаемое имущество. В управляющих организациях для таких целей нет ни специалистов соответствующей квалификации, ни финансовых ресурсов для вложения их в проекты подобных масштабов. Монтаж в индивидуальных тепловых пунктах или тепловых пунктах подвала дома установки по умягчению воды весьма затратное предприятие, предполагающее разработку проекта, его согласование в надзорных органах, закупка и монтаж оборудования и реагентов, последующее его обслуживание, требующее определенных знаний и квалификации.

2. Аппараты магнитной обработки воды выглядят весьма привлекательными в условиях горячего водоснабжения Центрального района города простотой эксплуатации и монтажа, компактностью приборов, а также отсутствием требований к особой квалификации обслуживающего персонала. В то же время установка такого прибора обойдется жителям на порядок дешевле полноценной установки по умягчению воды с ее последующим обслуживанием.

3. Однако, учитывая неоднозначность результатов исследований, противоречивость экспериментов и неясность механизма изменения осаждения минералов под действием магнитной обработки данный метод требует дальнейшего его изучения и практической апробации.

2 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объекты исследования

2.1.1 Объект 1 – ул. Новопромышленная, д. 21

Объект 1 – это жилой девятиэтажный 4-х подъездный кирпичный дом, расположенный в Центральном районе по адресу ул. Новопромышленная, д. 21 (рис. 2.1, 2.2).



Рисунок 2.1 – Объект 1 жилой дом ул. Новопромышленная, д. 21
(вид с улицы)



Рисунок 2.2 – Объект 1 жилой дом ул. Новопромышленная, д. 21
(вид со двора)

На момент проведения исследования в жилом доме проживает 454 человека. Фактический средний месячный расход горячей воды составляет $846 \text{ м}^3/\text{мес.}$, фактический средний суточный расход горячей воды составляет $28,21 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для расчета расходов воды и стоков согласно Пояснительной записке количество жителей принято 489 человек, норма максимального суточного расхода горячей воды $60,79 \text{ м}^3$.

В 2010 году в доме был произведен капитальный ремонт инженерных сетей. В результате проведенного капитального ремонта многоквартирного дома закрытое присоединение к тепловым сетям через элеваторы было заменено присоединением по закрытой схеме с независимым присоединением системы отопления через пластинчатый теплообменник с одним вводом теплоносителя и с приготовлением горячей воды непосредственно в индивидуальном тепловом пункте жилого дома через

пластинчатый теплообменник системы горячего водоснабжения. Система горячего водоснабжения выполнена по двухступенчатой смешанной схеме.

Холодная вода подается (на схеме трубопровод В1) ООО «Волжские коммунальные системы». В пластинчатом теплообменнике системы горячего водоснабжения она нагревается до расчетной температуры 60-65°C водой из тепловых сетей с температурным графиком (Т1, Т2) 150-70°C. Тепловой узел Объекта 1 представлен на рис. 2.3



Рисунок 2.3 – Тепловой узел Объекта 1

Согласно принципиальной схеме (рис. 2.4) на трубопроводе В1 подачи холодной воды для умягчения исходной воды и предохранения элементов пластинчатого теплообменника и элементов системы горячего водоснабжения от отложений солей жесткости перед пластинчатым теплообменником системы горячего водоснабжения установлен прибор ГМС-40 (гидромагнитная система) (рис. 2.5, 2.6, 2.7).



Рисунок 2.6 – Прибор ГМС-40 Объекта 1

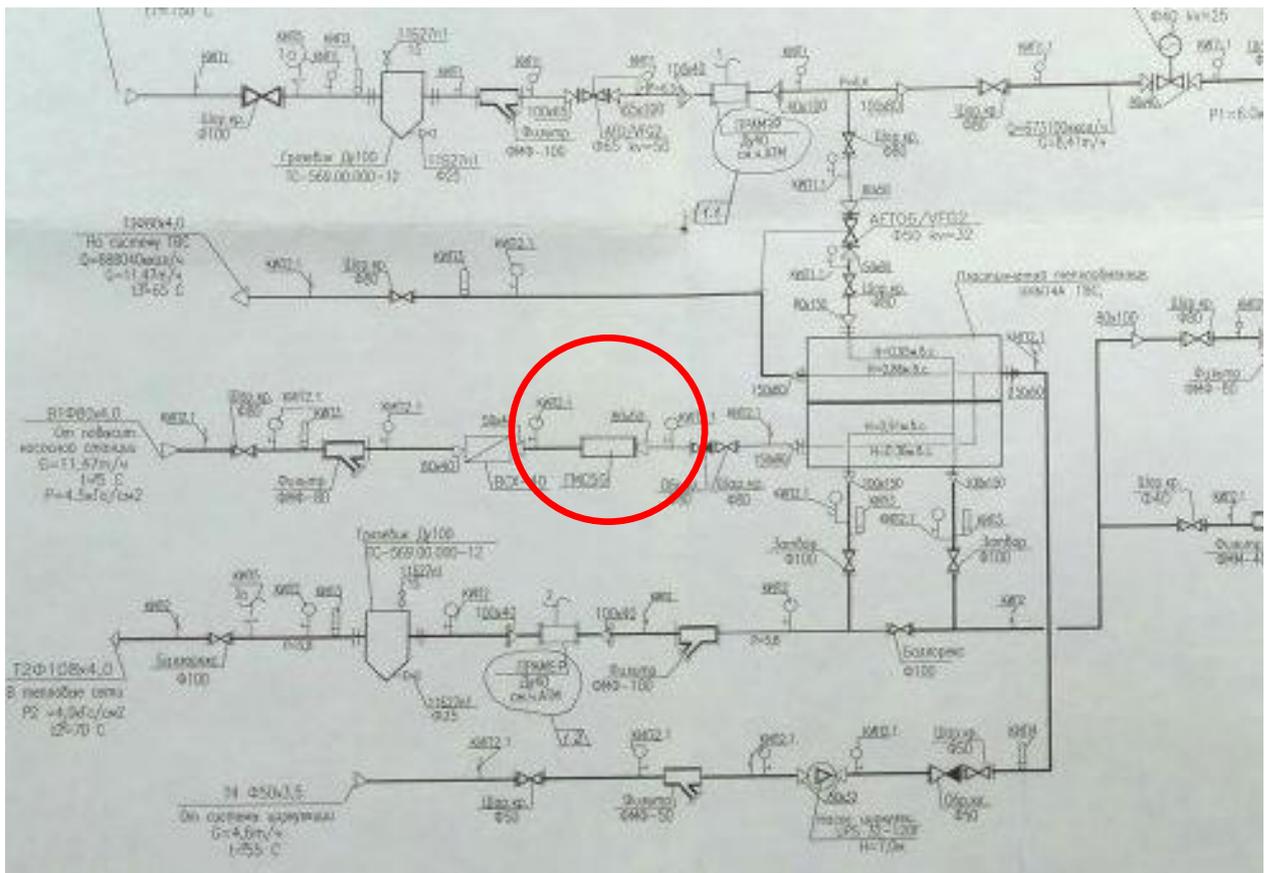


Рисунок 2.7 – Увеличенный фрагмент
принципиальной схемы теплового узла Объекта 1

2.1.2 Объект 2 – ул. Кошеля, д.73

Объект 2 – это жилой восьмизэтажный одноподъездный дом гостиничного типа, расположенный в Центральном районе по адресу ул. Кошеля, д. 73 Жилой Комплекс «Весна». Дом построен и введен в эксплуатацию в 2013 году (рис. 2.8, 2.9).



Рисунок 2.8 – Объект 2 жилой дом ул. Кошеля, д.73
(вид с улицы)



Рисунок 2.9 – Объект 2 жилой дом ул. Кошеля, д.73
(вид со двора)

На момент проведения исследования в жилом доме проживает 99 человек. Фактический средний месячный расход горячей воды составляет $256 \text{ м}^3/\text{мес.}$, фактический средний суточный расход горячей воды составляет $8,55 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для расчета расходов воды и стоков согласно Пояснительной записке принята норма максимального суточного расхода горячей воды 103,92 м³/сут.

Схема теплоснабжения дома запроектирована по закрытой схеме с зависимым присоединением системы отопления через пластинчатый теплообменник с одним вводом теплоносителя и с приготовлением горячей воды непосредственно в индивидуальном тепловом пункте жилого дома через пластинчатый теплообменник системы горячего водоснабжения. Система горячего водоснабжения выполнена по двухступенчатой смешанной схеме.

Холодная вода подается (на схеме трубопровод В1) ООО «Волжские коммунальные системы». В пластинчатом теплообменнике она нагревается до расчетной температуры 60-65°C водой из тепловых сетей с температурным графиком (Т1, Т2) 150-70°C (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Тепловой узел Объекта 2

Согласно принципиальной схеме (рис. 2.11) на трубопроводе В1 подачи холодной воды для умягчения исходной воды и предохранения элементов пластинчатого теплообменника и элементов системы горячего

водоснабжения от отложений солей жесткости перед пластинчатым теплообменником установлен прибор ГМС-32 (гидромагнитная система) (рис. 2.11 – 2.13).

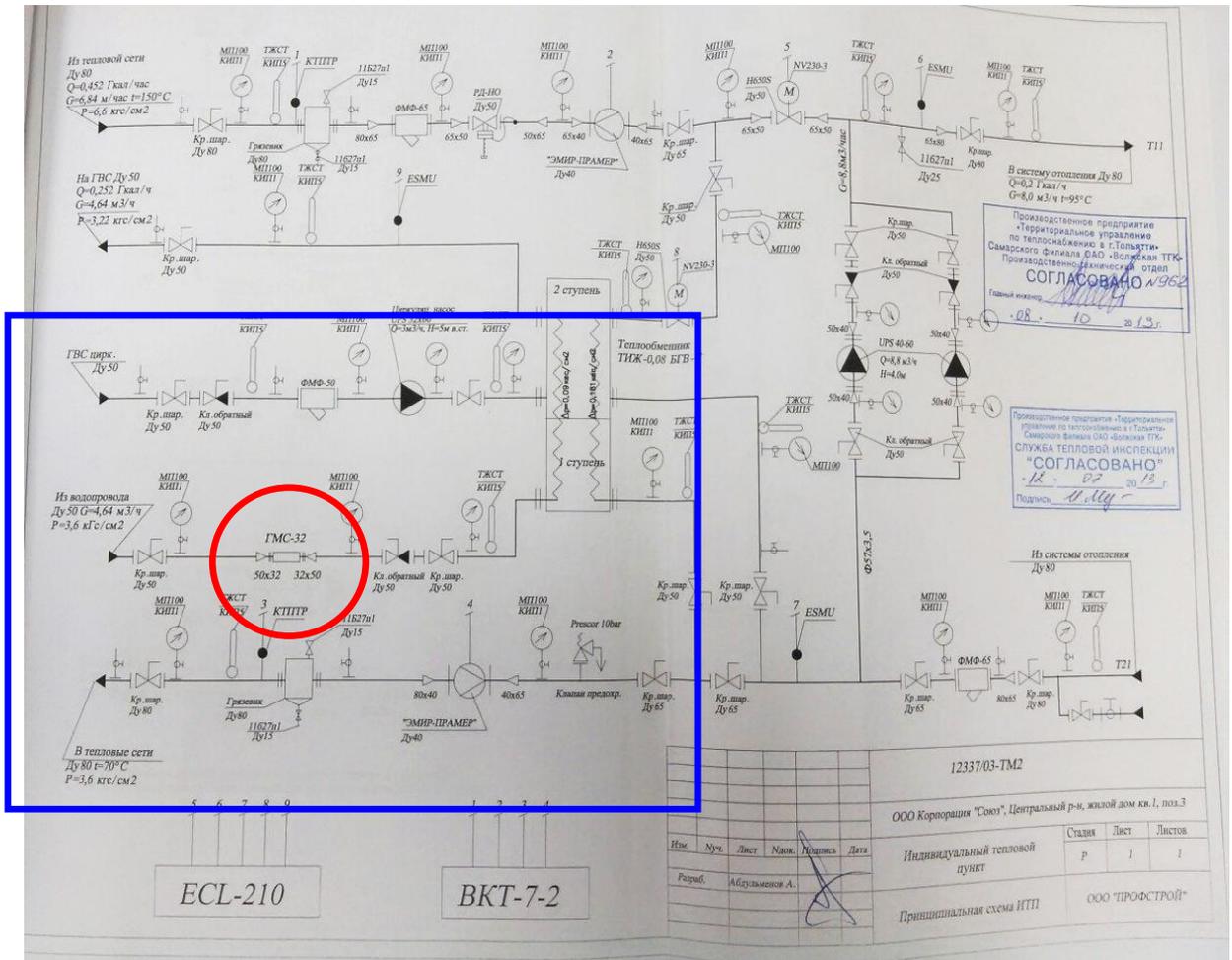


Рисунок 2.11 – Принципиальная схема теплового узла Объекта 2 (красным выделено место установки прибора «ГМС»)



Рисунок 2.12 – Прибор ГМС-32 (гидромагнитная система) Объекта 2

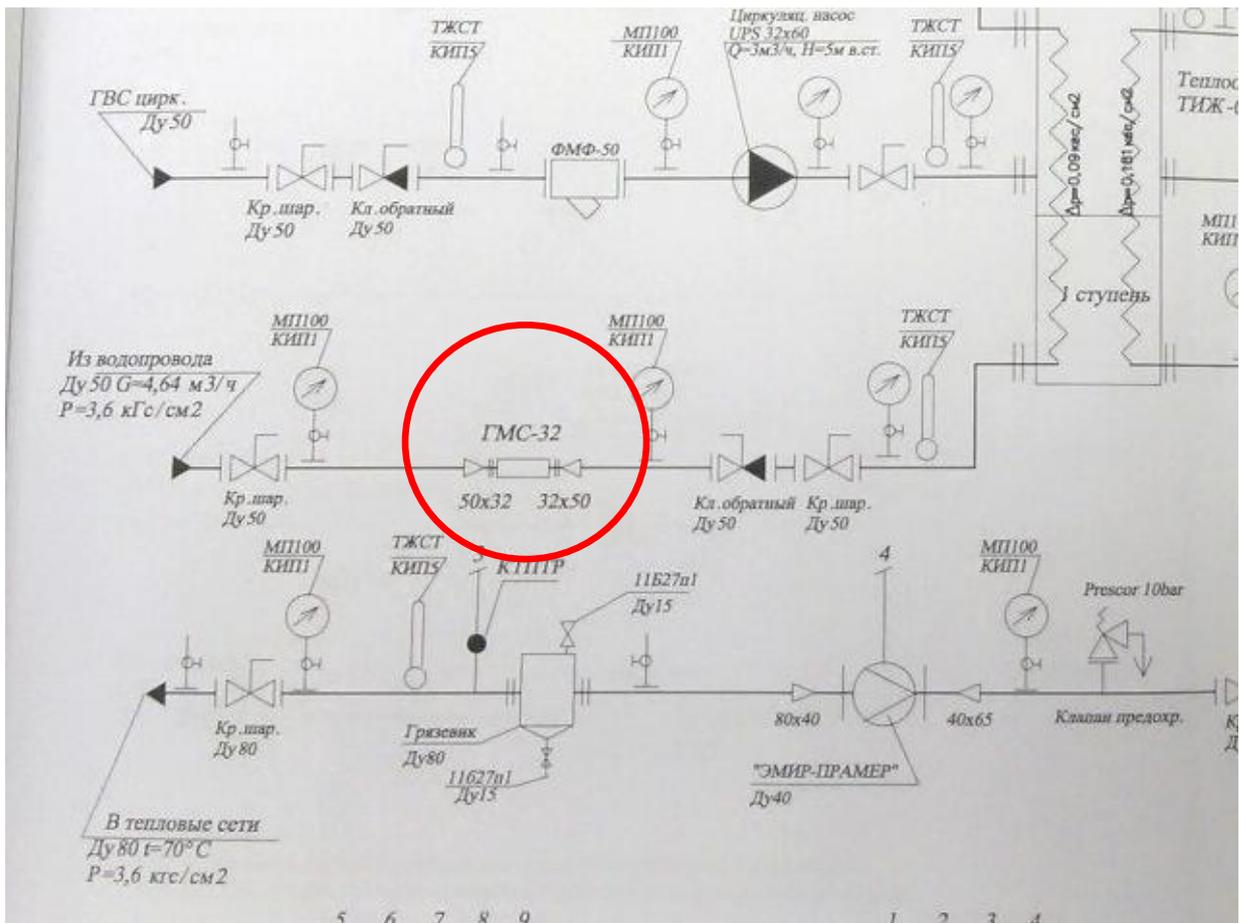


Рисунок 2.13 – Увеличенный фрагмент принципиальной схемы теплового узла Объекта 2

2.1.3 Объект 3 – ул. Баныкина, д. 16Г

Объект 3 – это жилой четырнадцатизэтажный одноподъездный кирпичный дом, расположенный в Центральном районе по адресу ул. Баныкина, д. 16Г (рис. 2.14, 2.15). Дом построен и введен в эксплуатацию в 2015 году.

На момент проведения исследования в жилом доме проживает 76 человек. Фактический средний месячный расход горячей воды составляет 84 м³/мес., фактический средний суточный расход горячей воды составляет 2,8 м³/сут.

Для расчета расходов воды и стоков согласно Пояснительной записке принята норма максимального суточного расхода горячей воды 192 м³/сут.



Рисунок 2.14 – Объект 3 жилой дом ул. Баныкина, д.16г
(вид со стороны двора)



Рисунок 2.15 – Объект 3 жилой дом ул. Банькина, д.16г
(вид со стороны улицы)

Схема теплоснабжения дома запроектирована по закрытой схеме с независимым присоединением системы отопления через пластинчатый теплообменник с одним вводом теплоносителя и с приготовлением горячей воды непосредственно в индивидуальном тепловом пункте жилого дома через пластинчатый теплообменник системы горячего водоснабжения. Система горячего водоснабжения выполнена по двухступенчатой смешанной схеме.

Холодная вода подается (на схеме трубопровод В1) ООО «Волжские коммунальные системы». В пластинчатом теплообменнике системы горячего водоснабжения она нагревается до расчетной температуры 60-65°C водой из тепловых сетей с температурным графиком (Т1, Т2) 150-70°C.

Согласно принципиальной схеме (Рис. 2.16) на трубопроводе В1 подачи холодной воды для умягчения исходной воды и предохранения элементов пластинчатого теплообменника и элементов системы горячего водоснабжения от отложений солей жесткости перед пластинчатым теплообменником системы горячего водоснабжения установлен прибор ГМС-40 (гидромагнитная система) (рис. 2.17, 2.18, 2.19)

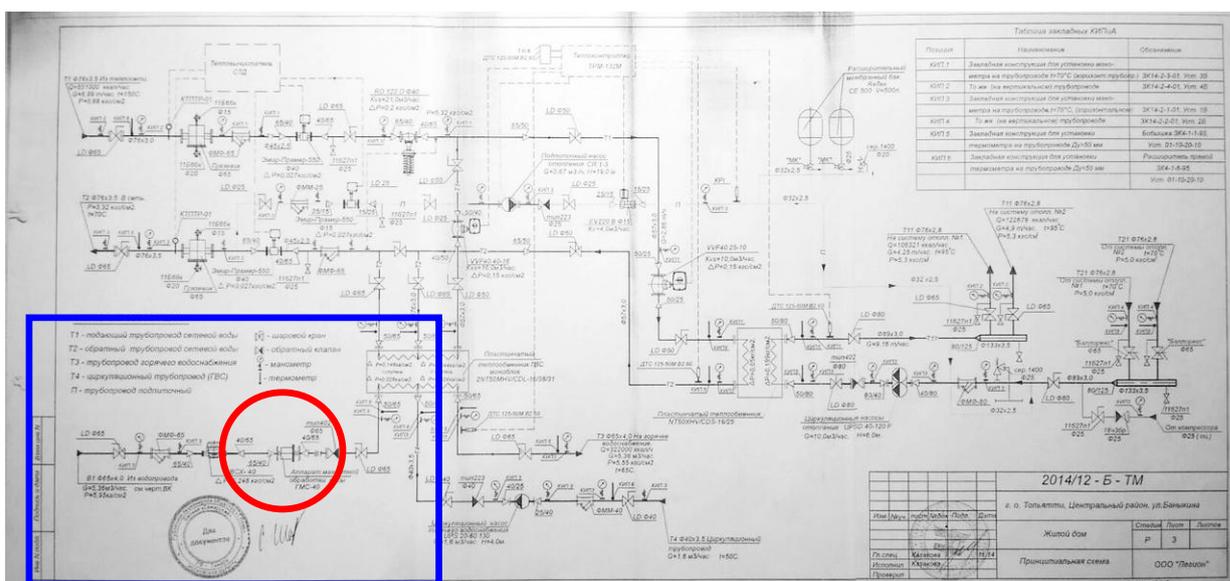


Рисунок 2.16 – Принципиальная схема теплового узла Объекта 3



Рисунок 2.17 – Тепловой узел Объекта 3



Рисунок 2.18 – Прибор ГМС-40 (гидромагнитная система) Объекта 3

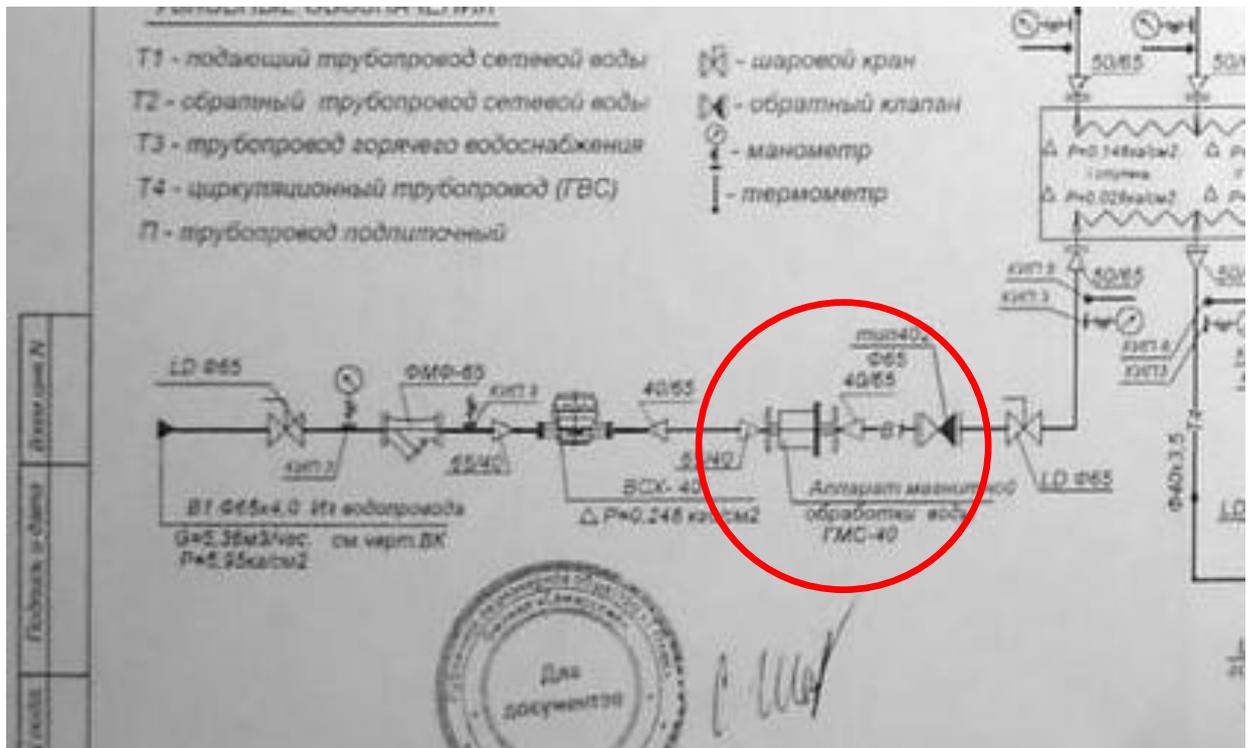


Рисунок 2.19 – Увеличенный фрагмент
 принципиальной схемы теплового узла Объекта 3

2.1.4 Контрольный объект 4 – б-р 50 лет Октября, д. 73а

Объект 4 – это жилой десятиэтажный 2-х подъездный панельный дом, расположенный в Центральном районе по адресу б-р. 50 лет Октября, д. 73А. Дом построен и введен в эксплуатацию в 2008 году (рис. 2.20, 2.21).



Рисунок 2.20 – Объект 4 жилой дом б-р 50 лет Октября, д.73а
 (вид со двора)



Рисунок 2.21 – Объект 4 жилой дом б-р 50 лет Октября, д.73а

На момент проведения исследования в жилом доме проживает 279 человек. Фактический средний месячный расход горячей воды составляет 375 м³/мес., фактический средний суточный расход горячей воды составляет 12,5 м³/сут.

Для расчета расходов воды и стоков согласно Пояснительной записке принята норма максимального суточного расхода горячей воды 467,76 м³/сут.

Схема теплоснабжения дома запроектирована по закрытой схеме с зависимым присоединением системы отопления через пластинчатый теплообменник с одним вводом теплоносителя и с приготовлением горячей воды непосредственно в индивидуальном тепловом пункте жилого дома через пластинчатый теплообменник системы горячего водоснабжения. Система горячего водоснабжения выполнена по одноступенчатой схеме.

Холодная вода подается (на схеме трубопровод В1) ООО «Волжские коммунальные системы». В пластинчатом теплообменнике она нагревается до расчетной температуры 65 °С водой из тепловых сетей с температурным графиком (Т1, Т2) 150-70 °С.

Согласно принципиальной технологической схеме (Рис. 2.22) на трубопроводе В1 подачи холодной воды для умягчения исходной воды и предохранения элементов пластинчатого теплообменника и элементов системы горячего водоснабжения от отложений солей жесткости перед пластинчатым теплообменником системы горячего водоснабжения установлен прибор ГМС (гидромагнитная система) на схеме 17. Однако, в период обслуживания данного многоквартирного дома управляющей компанией «ПЖРТ Сервис» в 2010-2011 гг. прибор ГМС был демонтирован. Вместо него был установлен общедомовой крыльчатый прибор учета холодной воды, идущей на производство горячей воды в теплообменник (рис. 2.22 – 2.24). Данный объект был взят в качестве контрольного.

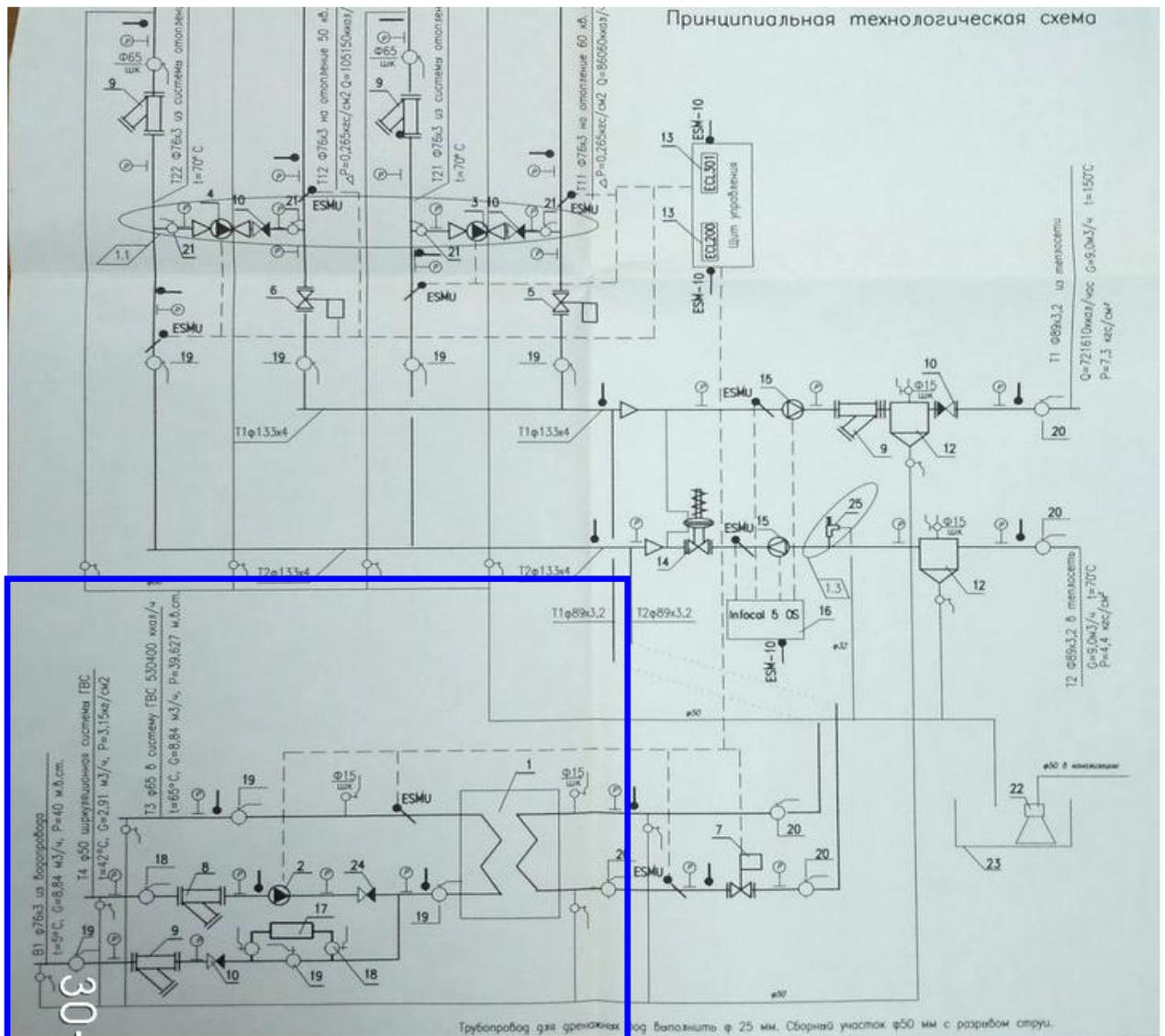


Рисунок 2.22 – Принципиальная схема теплового узла Объекта 4

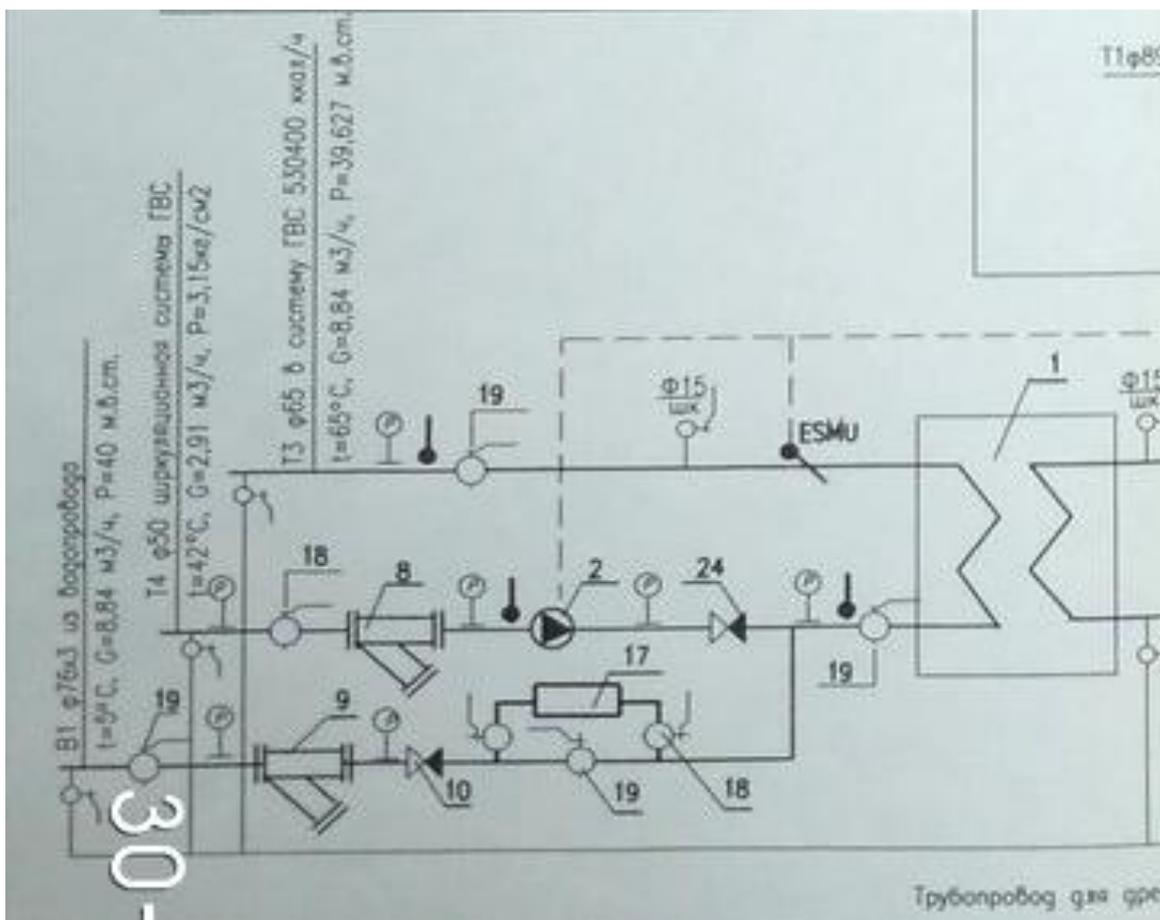


Рисунок 2.23 – Увеличенный фрагмент
принципиальной схемы теплового узла Объекта 4



Рисунок 2.24 – Фрагмент теплового узла Объекта 4,
где согласно принципиальной схеме должен быть установлен прибор ГМС

2.2 Описание исследования

Для исследования мной были выбраны четыре объекта – жилые дома Центрального района городского округа Тольятти. Данные объекты имеют схожие конструктивные особенности тепловых пунктов по приготовлению горячей воды посредством пластинчатых теплообменных аппаратов, но с различным объемом водопотребления. На трех объектах (Объекты 1-3) в схеме установлены одинаковые по конструкции и принципу работы приборы магнитной обработки воды (гидромагнитные системы – ГМС). На одном (Объекте 4) – такой прибор демонтирован в процессе эксплуатации теплового пункта в 2011 году, поэтому данный жилой дом был мной выбран в качестве контрольного объекта.

Исследование проводилось в ноябре 2016 года с моим участием в лаборатории мониторинга водных объектов Института экологии волжского бассейна титриметрическим методом с трилоном Б [57]. Выполнение измерений жесткости основано на способности ионов кальция и магния в среде аммонийно-аммиачного буферного раствора (рН 9-10) образовывать с трилоном Б малодиссоциированные комплексные соединения. При титровании вначале связывается кальций, образующий более прочный комплекс с трилоном Б, а затем магний. Конечная точка титрования определяется по изменению окраски индикатора эриохрома черного Т от вишнево-красной (окраска соединения магния с индикатором) до голубой (окраска свободного индикатора). Погрешность данного метода $-0,05+0,073X$ моль/дм³ (рис. 2.25).

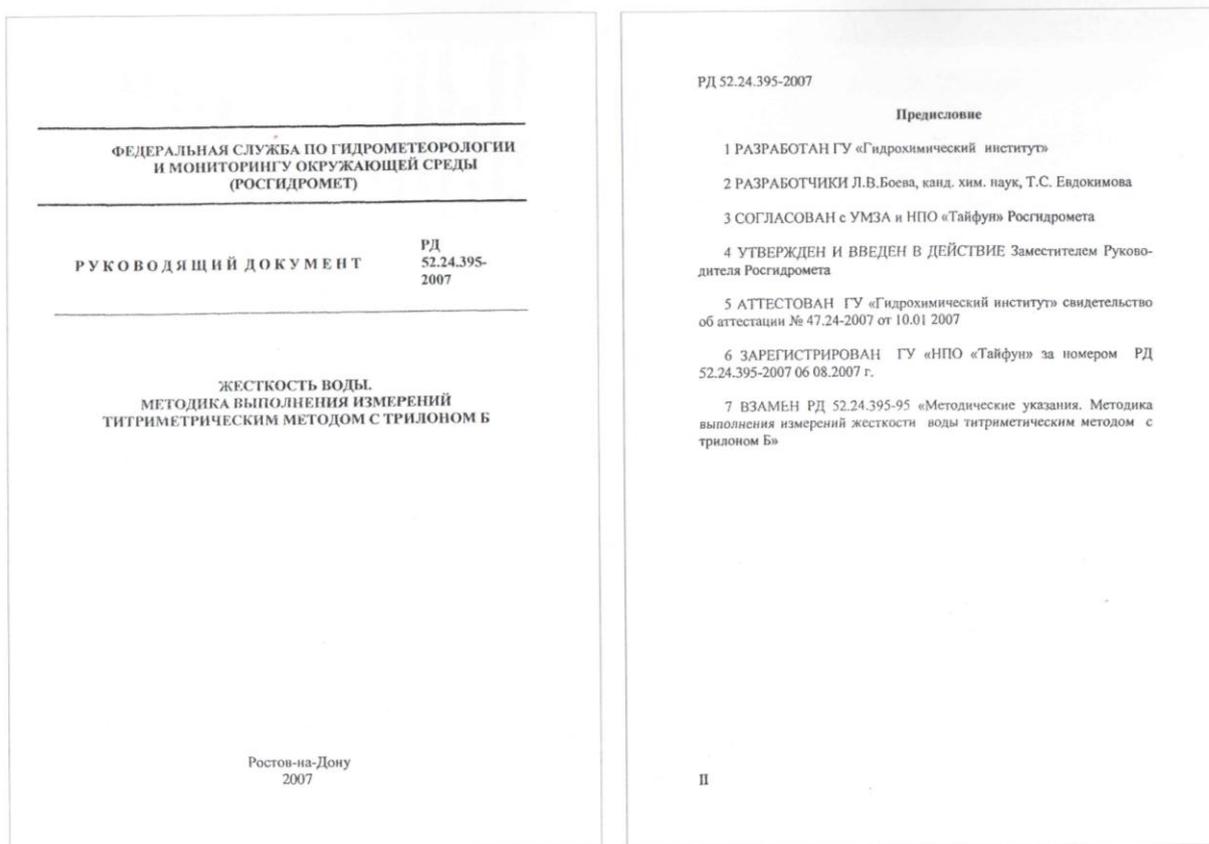


Рисунок 2.25 – Руководящий документ РД 52.24.395-2007

Также пробы воды проверялись на электропроводность прибором sensION5 с погрешностью измерения $\pm 0,5\%$ (рис. 2.26).

Данный прибор предназначен для измерения солесодержания, проводимости, TDS и температуры образцов в полевых и лабораторных условиях. Четырехэлектродная кондуктометрическая ячейка дает возможность проводить высокоточные исследования различных растворов, как чистой воды, так и сточных вод.

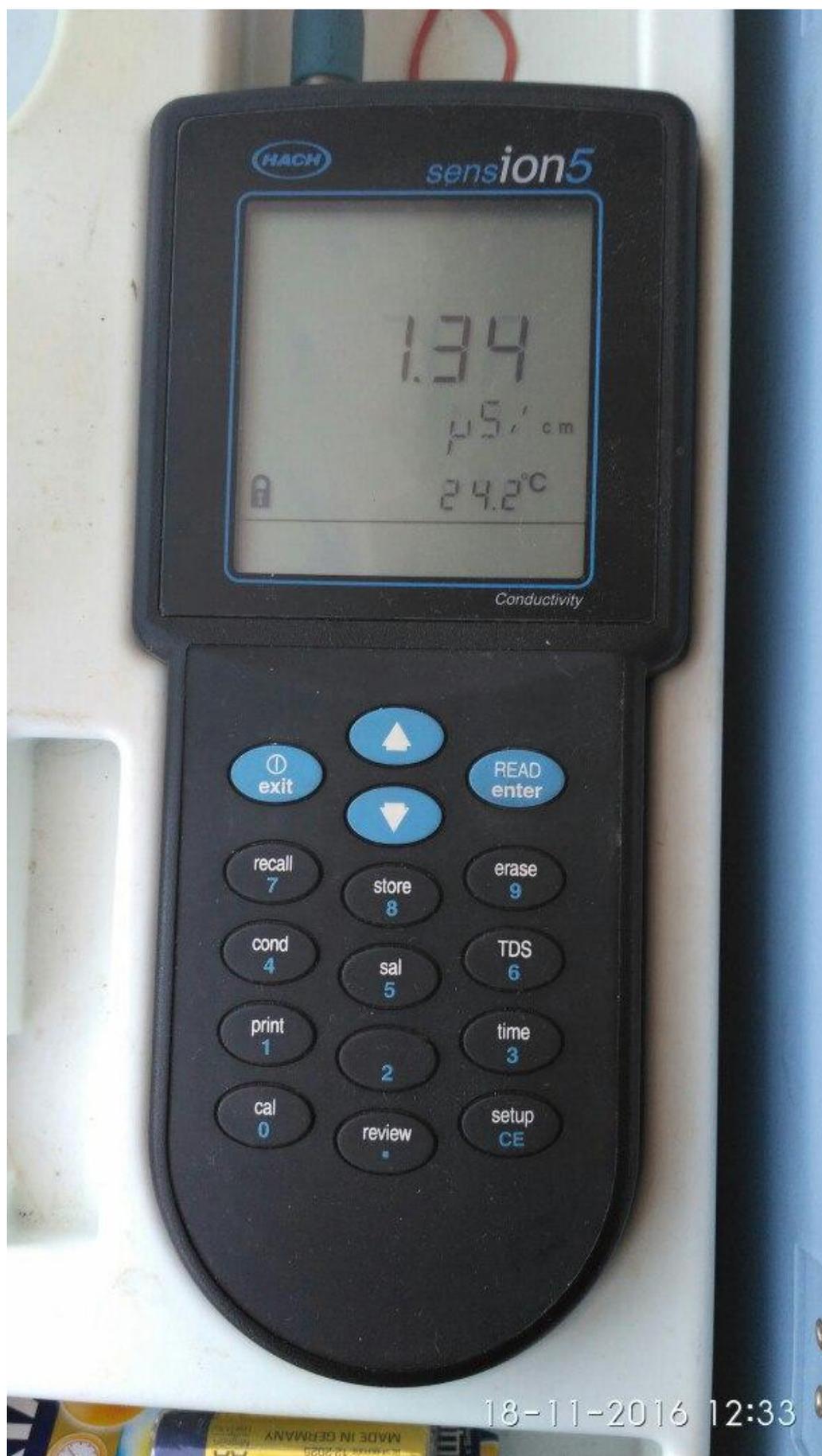


Рисунок 2.26 – Прибор sensION5

Отбор проб производился со сбросных кранов на трубопроводе В1 на принципиальной схеме: до прибора гидромагнитной обработки воды (ГМС), после прибора ГМС перед теплообменником и на циркуляционном трубопроводе Т4 на принципиальной схеме до теплообменника. На контрольном объекте 4 забор проб производился на трубопроводе В1 на принципиальной схеме перед теплообменником и на циркуляционном трубопроводе Т4 на принципиальной схеме до теплообменника (рис. 2.27, 2.28).



Рисунок 2.27 – Пробы воды,
взятые со сбросных кранов на трубопроводе В1 на принципиальной схеме
до прибора ГМС, после прибора ГМС перед теплообменником



Рисунок 2.28 – Пробы воды, взятые на циркуляционном трубопроводе Т4 на принципиальной схеме до теплообменника

На жесткость проверялись пробы воды до прибора гидромагнитной обработки воды (ГМС), после прибора ГМС и с циркуляционного трубопровода с фильтрацией и без нее. Пробы до прибора ГМС и после прибора ГМС объекта 1 подвергались нагреву до температур: 40 °С, 60 °С и 80 °С.

Данный диапазон температур был выбран из расчета нагрева исходной воды в теплообменнике при приготовлении горячей воды.

Пробы с циркуляционного трубопровода нагреву не подвергались.

На электропроводность проверялись пробы воды до прибора ГМС, после прибора ГМС и с циркуляционного трубопровода с фильтрацией и без нее.

Пробы с контрольного объекта 4 нагреву не подвергались, проверялись на жесткость и электропроводность.

2.3 Результаты исследования

Полученные в ходе исследования данные для удобства проведения анализа сведены мною в таблицы и для наглядности представлены в графиках.

Таблица 2.1 – Электропроводность и жесткость воды с объектов 1-3

Объект исследования	электропроводность исходной воды		жесткость исходной воды	
	до прибора	после прибора	до прибора	после прибора
Объект 1	672 ± 3,36	670 ± 3,35	6,16 ± 0,40	6,00 ± 0,39
Объект 2	671 ± 3,36	674 ± 3,37	6,80 ± 0,45	5,96 ± 0,39
Объект 3	680 ± 3,40	679 ± 3,40	6,16 ± 0,40	6,20 ± 0,40

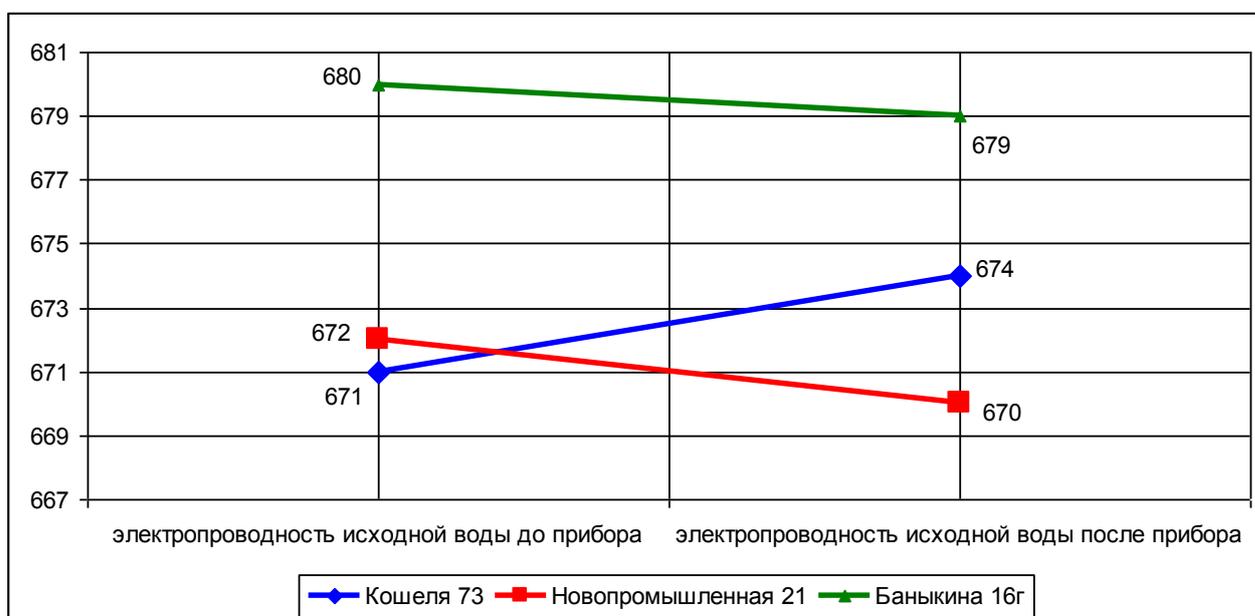


Рисунок 2.29 – Электропроводность воды с объектов 1-3

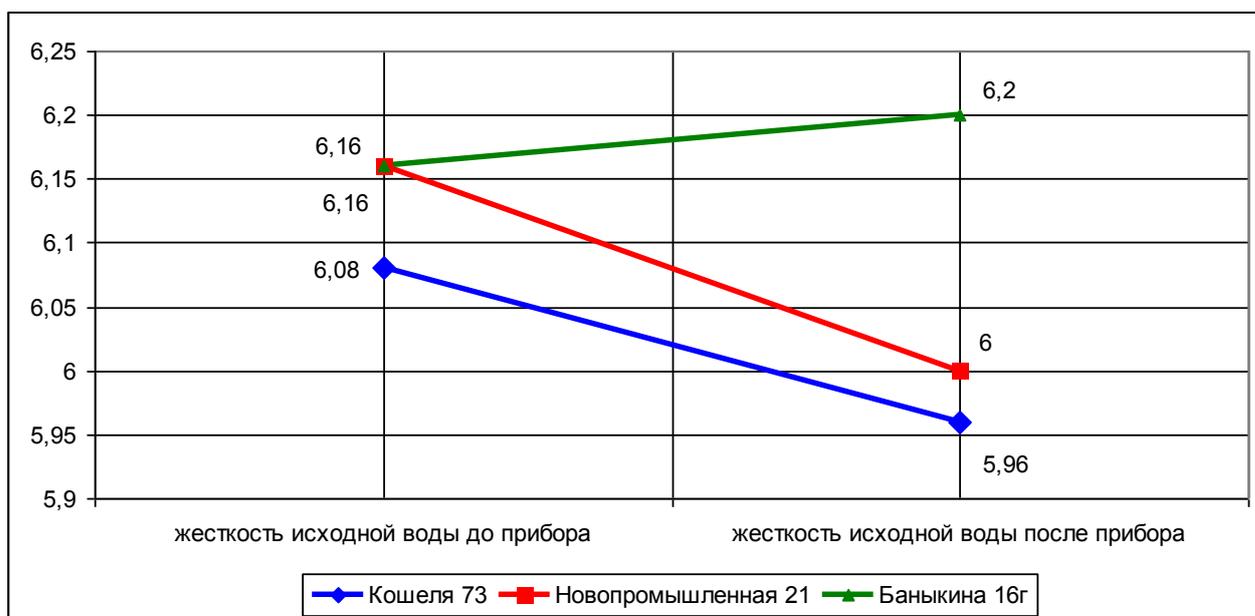


Рисунок 2.30 – Жесткость воды с объектов 1-3

Как видно из приведенных в таблице 2.1 данных и на графиках (рис. 2.29 и рис. 2.30) электропроводность и жесткость исходной воды до прибора и после прибора не меняются, а вернее меняются в пределах погрешности измерения.

Таблица 2.2 – Изменение жесткости воды объекта 1 при нагреве

Новопромышленная 21					
Адрес	жесткость исходной воды	жесткость воды при t °C			
		t=40°C	t=60°C	t=80°C	t=100°C
до прибора	6,16 ± 0,40	6,20 ± 0,40	6,60 ± 0,43	5,44 ± 0,35	5,60 ± 0,36
после прибора	6,00 ± 0,39	6,16 ± 0,40	6,16 ± 0,40	4,96 ± 0,31	3,56 ± 0,21

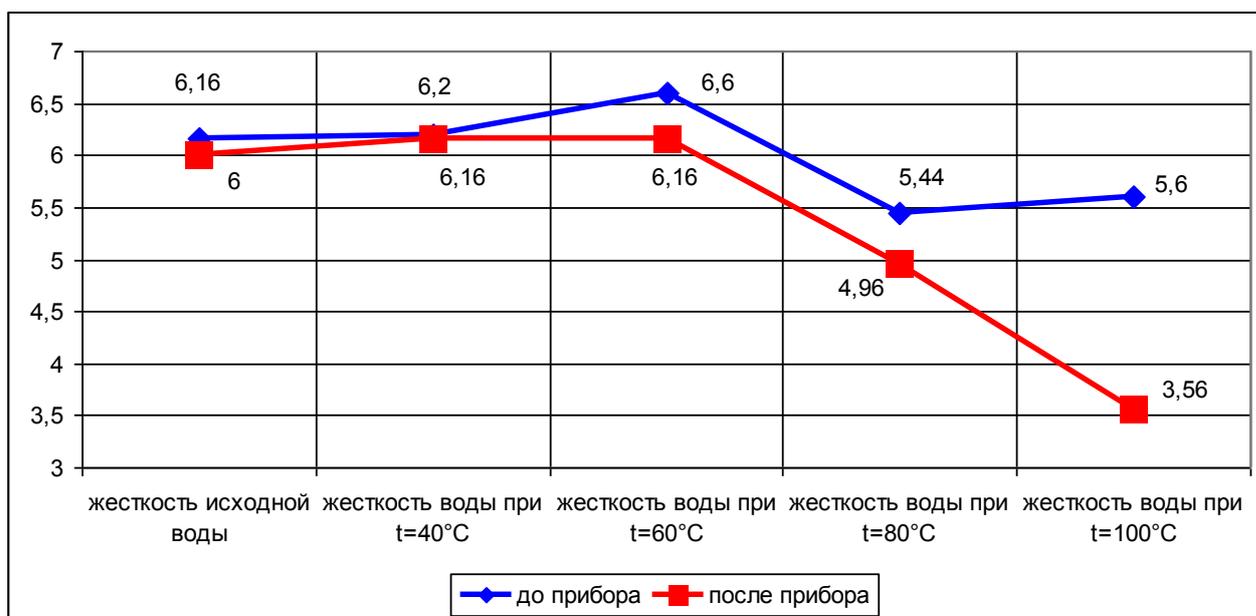


Рисунок 2.31 – Изменение жесткости воды с объекта 1

Как видно из приведенных в таблице 2.2 данных и на графике (рис. 2.31) жесткость исходной воды до прибора и после прибора после нагрева меняется незначительно, т.е. в пределах погрешности измерения. Более значительные изменения уровня жесткости заметны при нагреве воды до температуры не менее 100 °С. Однако вода, поступающая в пластинчатый теплообменник для приготовления горячей воды, не нагревается выше температуры 75 °С.

Таблица 2.3 – Электропроводность исходной и обратной воды объектов 1-3

Адрес	Исходная вода В1		Обратная вода Т4	
	до прибора	после прибора	до фильтрации	после фильтрации
Кошеля 73	671 ± 3,36	674 ± 3,37	680 ± 3,40	674 ± 3,37
Новопромышленная 21	672 ± 3,36	670 ± 3,35	672 ± 3,36	664 ± 3,32
Банькина 16г	680 ± 3,40	679 ± 3,40	682 ± 3,41	670 ± 3,35

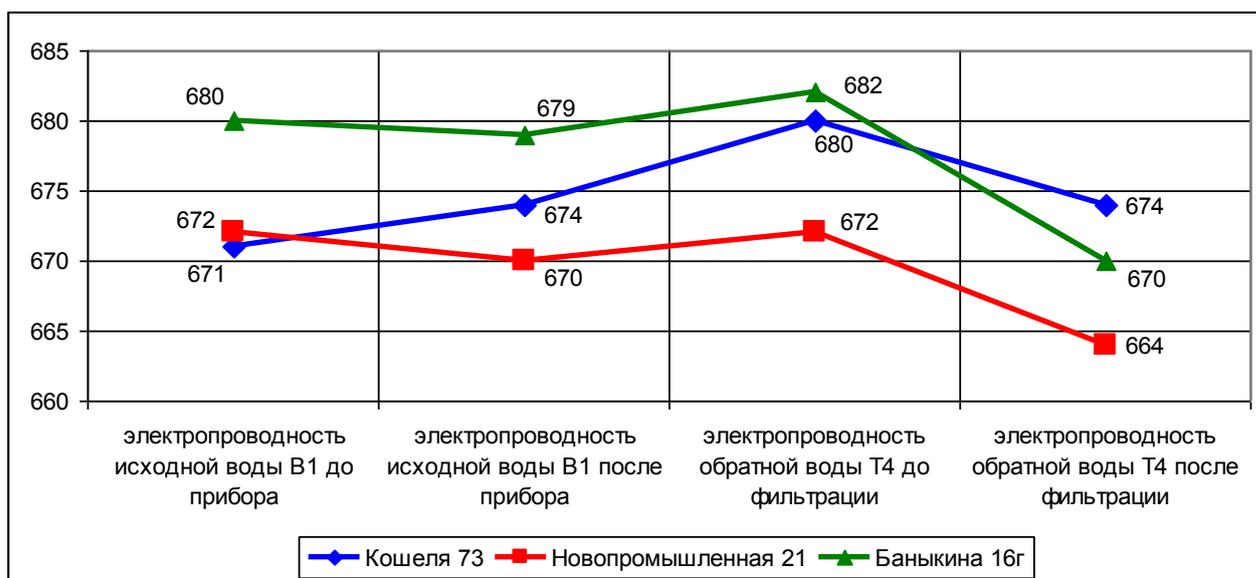


Рисунок 2.32 – Электропроводность исходной и обратной воды с объектов 1-3

Как видно из приведенных в таблице 2.3 данных и на графике (Рис. 2.32) электропроводность исходной и обратной воды объектов 1-3 меняется в незначительных пределах, т.е. в пределах погрешности измерения.

Таблица 2.4 – Жесткость воды объектов 1-3

Адрес	исходной воды V1		обратной воды T4	
	до прибора	после прибора	до фильтрации	после фильтрации
Кошеля 73	6,08 ± 0,39	5,96 ± 0,39	6,40 ± 0,42	6,40 ± 0,42
Новопрмышленная 21	6,16 ± 0,40	6,00 ± 0,39	6,44 ± 0,42	6,36 ± 0,41
Банькина 16г	6,16 ± 0,40	6,20 ± 0,40	6,40 ± 0,42	6,36 ± 0,41

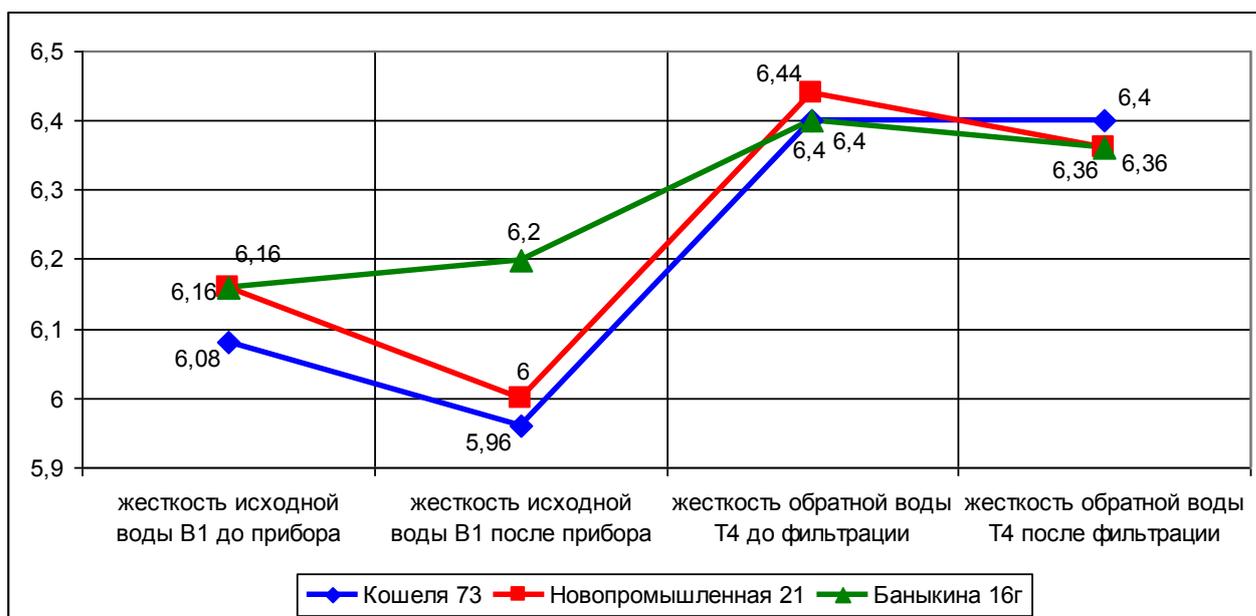


Рисунок 2.33 – Жесткость воды с объектов 1-3

Как видно из приведенных в таблице 2.4 данных и на графике (Рис. 2.33) жесткость исходной и обратной воды объектов 1-3 также меняется в незначительных пределах, т.е. в пределах погрешности измерения.

Таблица 2.5 – Электропроводность и жесткость воды с объекта 4 (контрольного объекта)

Объект исследования	Электропроводность		жесткость	
	исходной воды В1	обратной воды Т4	исходной воды В1	обратной воды Т4
Объект 4	$678 \pm 3,39$	$94 \pm 0,47$	$5,92 \pm 0,38$	$2,56 \pm 0,14$

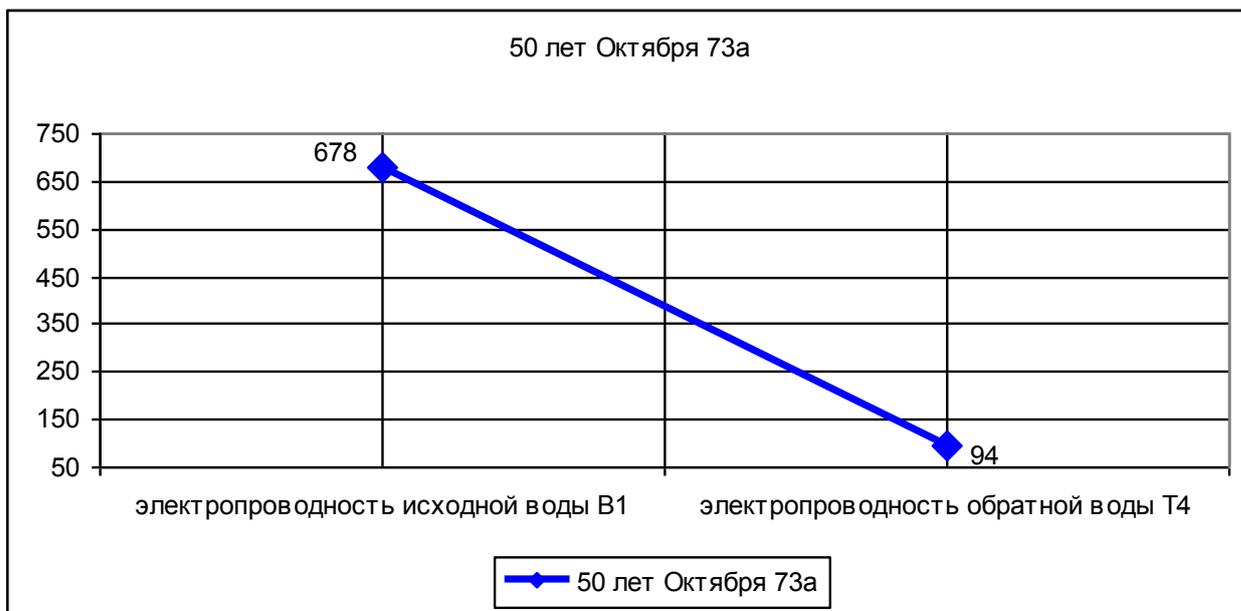


Рисунок 2.34 – Электропроводность воды с объекта 4 (контрольный объект)

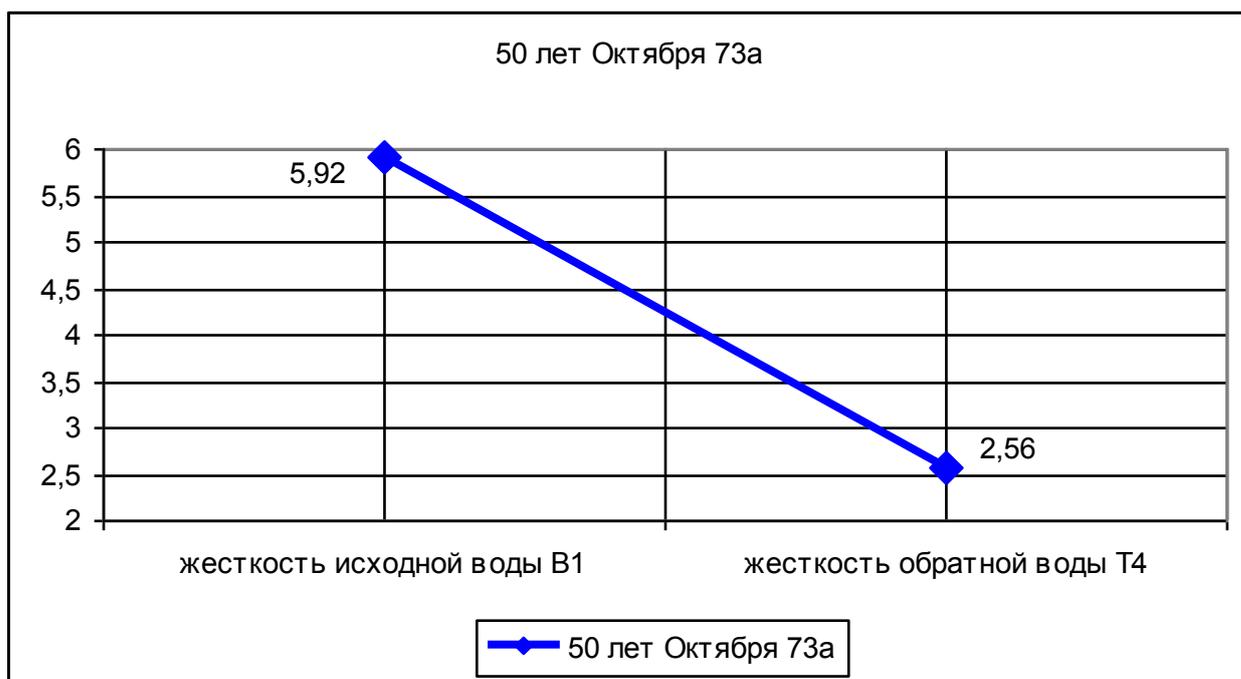


Рисунок 2.35 – Жесткость воды с объекта 4(контрольный)

Как видно из приведенных в таблице 2.5 данных и на графиках (Рис. 2.34 и Рис. 2.35) электропроводность и жесткость исходной и обратной воды контрольного объекта 4 меняются в значительных пределах. Диапазон изменений показателей жесткости исходной воды и обратной воды порядка 50-60 %, а диапазон изменений показателей электропроводности – порядка

80-90 %. Данный факт показывает, что значительный показатель жесткости исходной воды остался в системе горячего водоснабжения многоквартирного дома в виде отложений солей жесткости.

Одновременно в ходе проведенного анализа аварийности и поломок элементов систем горячего водоснабжения и ИТП исследуемых объектов были выявлены существенные различия между объектами 1-3 и контрольным объектом. На объектах 1-3 поломки элементов систем горячего водоснабжения и ИТП носят незначительный характер, т.е. вышел из строя кран, фильтр или образовался свищ. На контрольном объекте, кроме обычных поломок элементов систем горячего водоснабжения, на протяжении 2015-2017 гг., наблюдаются проблемы с гораздо более дорогостоящим регулирующим оборудованием, а именно с регулятором давления и температуры подачи горячей воды и электроприводом к нему, установленным на подаче после пластинчатого теплообменника, ответственного за приготовление горячей воды. Частое заклинивание данного регулятора привело к выходу из строя электропривода и его последующей замене. Однако сам регулятор также нуждается в замене в самое ближайшее время.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

В ходе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения объектов, показал, что в системах с установленным прибором ГМС весь объем жесткости, поступающей в систему, не оседает на арматуре и стенках труб, а продолжает циркулировать по системе.
2. Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения контрольного объекта, показал, что в аналогичных системах, но без установленного прибора ГМС, порядка 50-60 % всей жесткости воды остается в системе и оседает на арматуре и стенках труб, приводя к порче прокладок, уплотнений, порче арматуры, автоматики и прочее.

3 РЕКОМЕНДАЦИИ

3.1 Описание метода магнитной обработки воды, применяемого в многоквартирных жилых домах Центрального района г.о. Тольятти

Для водоснабжения Центрального и Комсомольского районов г.о. Тольятти ООО «Волжскими коммунальными системами» используются водозаборы подземных вод, расположенные в центральной части тольяттинского месторождения. Каждый водозабор состоит из группы водозаборных скважин, накопительных резервуаров чистой воды и насосных станций второго подъема. Вода с водоносного горизонта скважины забирается погружными насосами и поступает в накопительные резервуары. При этом система очистки воды не используется, так как качество добываемой воды соответствует СанПиН [38, 48].

ТотЭЦ подает теплоноситель в систему теплоснабжения города по температурному графику 150/70°C со срезкой 130 °С, согласованного с администрацией г.о. Тольятти (рис. 3.1) [16, 50].

В теплообменниках многочисленных ЦТП Центрального района и ИТП жилых домов холодная вода, подаваемая ООО «Волжские коммунальные системы», нагревается до нормативных показателей для горячей воды сетевой водой для нужд систем отопления, подаваемой ПАО «Т-Плюс».

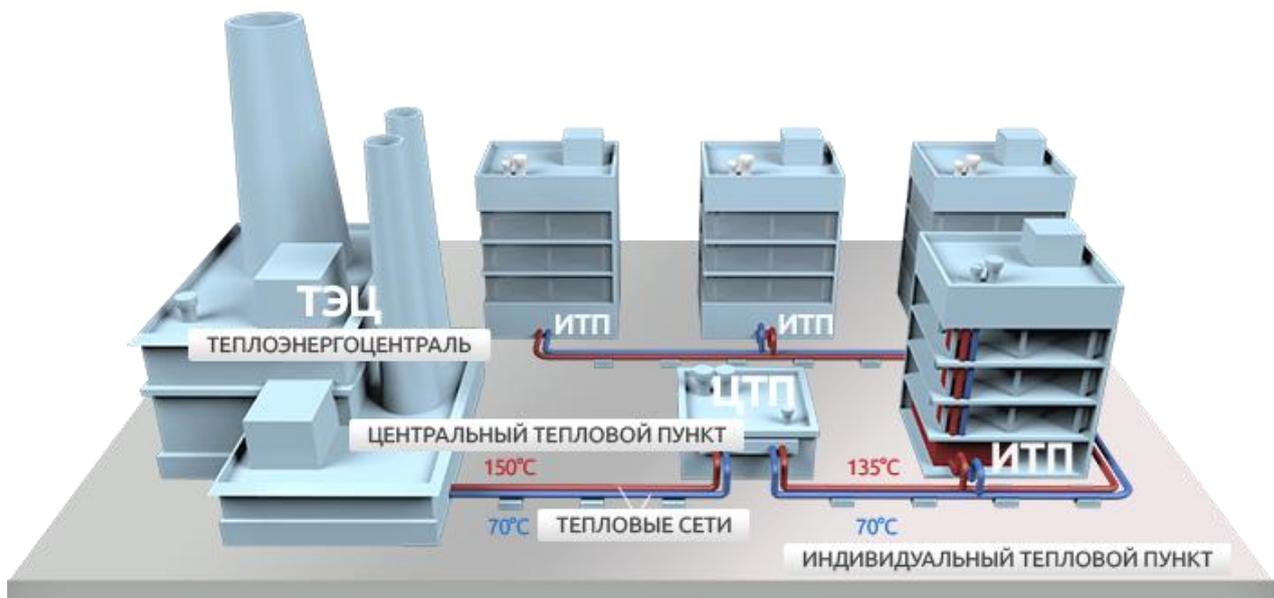


Рисунок 3.1 – Схема теплоснабжения города

В ЦТП района и в части ИТП отсутствует водоподготовка для умягчения воды, подаваемой в теплообменники для нужд горячего водоснабжения. В схемах ТП установлены только обычные косые фильтры для удаления достаточно крупных фракций отложений солей жесткости. В ИТП новостроек Центрального района, а также после проведения капитального ремонта инженерных систем в жилых домах производится монтаж ИТП, в схемах которых присутствуют аппараты магнитной обработки воды – Гидромагнитные системы преобразования солей жесткости «ГМС», устанавливаемые на подающих трубопроводах холодной воды, идущей на приготовление горячей, перед теплообменником. Данные приборы предназначены для уменьшения жесткости воды и, как следствие, уменьшение образования накипи на нагревательных поверхностях теплообменника, а также труб и арматуры систем горячего водоснабжения (рис. 3.2).

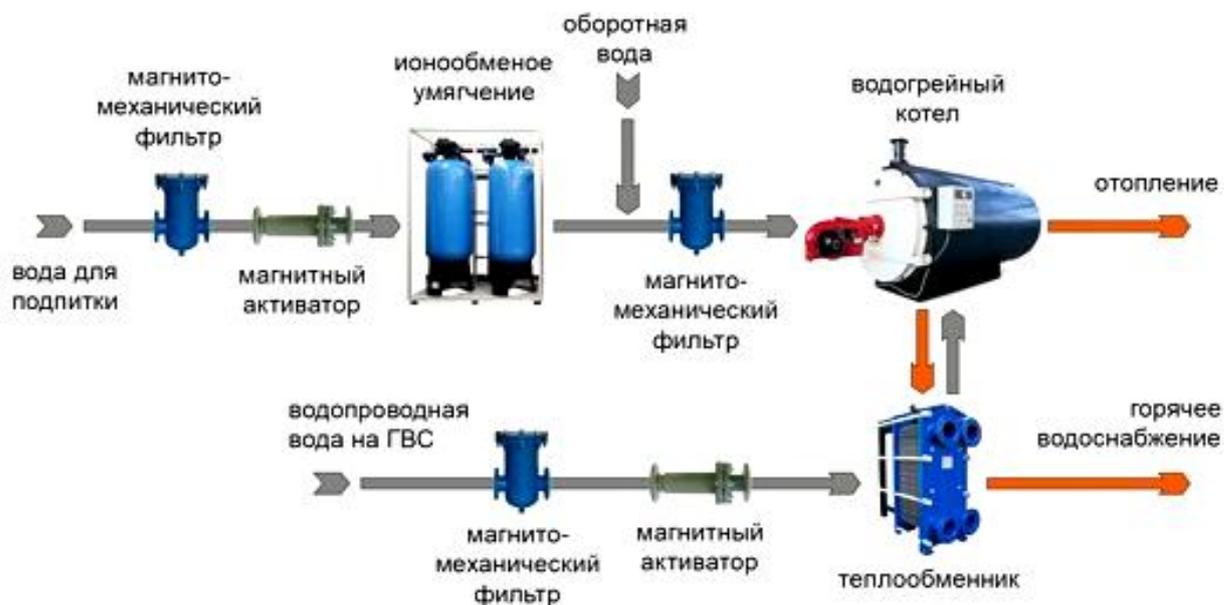


Рисунок 3.2 – Схема горячего водоснабжения с применением приборов магнитной обработки воды

Данное устройство относится к безреагентному или физическому методу умягчения воды. Типовая конструкция данного устройства состоит из нескольких многополюсных магнитов («Неодим-Железо-Бор») цилиндрической формы. Они создают аксиально-симметричное магнитное поле. Аксиальная и радиальная составляющие этого поля меняют свое направление на противоположное при переходе от одного полюса к другому полюсу. [21, 32]

Все исследования магнитного метода умягчения воды условно можно объединить в несколько групп.

К первой группе можно отнести проведение опытов над приготовленными в лабораторных условиях растворами солей жесткости [1, 4-6, 8, 13, 23, 24, 27, 28], таких как: карбонат кальция (CaCO_3), сульфат кальция (CaSO_4), сульфат бария (BaSO_4) [6, 8], карбонат натрия (Na_2CO_3), хлорид кальция (CaCl_2) [5]. В таких опытах приготовленные насыщенные растворы подвергались воздействию:

- различной интенсивности и направленности обработки магнитными полями;
- при разной температуре растворов и окружающего воздуха;
- при различных скоростях потока жидкости;
- в статичном состоянии жидкости.

Эксперименты проводились на специально сконструированных для этих целей стендах.

Проверялись и сравнивались такие показатели как: мутность, цветность, щелочность, электропроводность, а самое главное, общее количество твердого вещества, осажденного на поверхности трубок и пластинах теплообменников.

Данные таких экспериментов неоднозначны, невоспроизводимы и часто заканчивались отрицательными результатами, вследствие отсутствия теоретического объяснения самого явления и механизма процессов приводящих к тем или иным результатам. Но в основном они сводятся к тому, что эффективность магнитной обработки зависит от многих параметров, таких как используемая мощность магнита, типа исследуемой накипи, состояние воды (статичная или поток). Также из результатов данных опытов видно, что эффект магнитной обработки был более сильным на карбонат кальция (CaCO_3) [5, 6, 8], нежели на сульфат кальция (CaSO_4) и сульфат бария (BaSO_4) [6, 8].

На основе результатов успешных лабораторных экспериментов было выявлено, что магнитная обработка эффективна при карбонатной (временной) жесткости, а также генерирует образование затравочных кристаллов накипеобразователей. Это в свою очередь меняет характер отложений солей жесткости на поверхностях труб и теплообменников таким образом, что они формируются не на стенках труб, а вокруг центров кристаллизации и удаляются потоком воды в виде шлама. Однако данный

процесс не затрагивает весь объем солей жесткости и отложения на теплообменных поверхностях сохраняется, но в меньшем масштабе.

В ходе этих опытов были установлены необходимые условия для образования центров кристаллизации. Данные условия стали параметрами успешной работы аппаратов магнитной обработки и вошли в СП [50, 51] как условия для их применения.

Ко второй группе можно отнести теоретические работы и гипотезы, объясняющие производимый эффект на процессы, происходящие в насыщенном водном растворе под действием магнитной обработки [9, 12, 20, 21, 23, 24, 29, 30, 33, 34].

Так ряд исследователей объясняют эффекты магнитной обработки на водные растворы со стороны физики магнитного и ионного процессов. Т.е. на ионы солей жесткостей при их движении через магнитное поле действует сила Лоренца, что в свою очередь, приводит к значительным локальным сдвигам в движении ионов в растворе [5]. Таким образом, магнитная обработка вызывает вихревое движение, которое выравнивает профиль скорости потока жидкости в трубе. Этот эффект может привести к большему градиенту скорости вдоль стен. Кроме того, потенциал течения по ходу стенок, зависящий от скорости должен возрастать с магнитной обработкой. Это явление, изменяя поверхностный заряд, может выбросить из баланса равновесия CO_3^{2-} . Магнитная обработка вызывает более быстрый перенос протона от гидрокарбоната к воде из-за протонной спиновой инверсии в области диамагнитных солей [1, 29].

Как показали расчеты [30] начинается активная коагуляция после магнитной обработки и раствор теряет стабильность. Происходит укрупнение частиц. Раствор становится пересыщенным, и кристаллизация солей жесткости переходит от теплообменных поверхностей к взвеси. Таким образом, магнитная обработка вызывает коагуляцию за счет деформации двойного электрического слоя коллоидных частиц [30].

Часть исследователей в своих работах объясняют образование коллоидных комплексов под воздействием магнитной обработки наличием в воде ферромагнитных частиц железа. В этом случае аппараты магнитной обработки воды рассматриваются как своего рода магнитные фильтры, которые механически удерживают образующуюся накипь в зазоре ферромагнитных включений. При достижении определенной массы эти коллоидные частицы смываются потоком воды и улавливаются обычным косым сетчатым фильтром [33, 34]. В данном случае расчетом определяется количество ферромагнитной заправки для аппарата магнитной обработки воды для его более эффективной работы.

К третьей группе можно отнести проведение экспериментов на действующих установках предприятий, производств.

В 60-е годы XX века Министерство энергетики Украины провело эксперимент в Донбассе на Старобешевской ГРЭС. В результате эксперимента интенсивность отложений снизилась и не только в данном конденсаторе, но и в остальных. Это объяснили тем, что прибор «омагнитил» всю воду в водоеме. Однако также было подмечено, что в период проведения эксперимента (2-3 года) в поселке на берегу водоема, где располагалась ГРЭС, для стирки стали использовать вместо мыла стиральный порошок, что резко повысило концентрацию фосфатов в водоеме-охладителе. Таким образом, не были получены достоверные данные об эффективности магнитной обработки [39].

В 2000 году Инженерный корпус армии США провел свое исследование на действующей Рок-Айлендской теплоцентрали. Результаты данного исследования не указали на очевидное уменьшение накипеобразования при использовании любого из трех магнитных аппаратов. Полученные данные не подтвердили претензии производителей относительно предотвращения накипеобразования или какого-либо изменения кристаллической структуры образовавшейся накипи.

В 2011 году в Крыму в Севастополе был проведен промышленный эксперимент на черноморской воде. Как показал данный опыт, обработка воды магнитным аппаратом типа ЭМА-50 Чебоксарского завода «Энергозапчасть» качественно изменила структуру слоя накипи на теплообменных поверхностях. Слой накипи покрывал трубки и пластины не сплошным плотным слоем, а лишь частично [39].

При вскрытии аппарата магнитной обработки было выявлено, что внешнюю поверхность магнитного сердечника покрывает равномерный слой накипи [39].

Таким образом, данный эксперимент показал, что аппарат магнитной обработки эффективен. И что образующаяся после магнитной обработки накипь оседает не на теплообменных поверхностях, а задерживается в самом аппарате (как в фильтре) благодаря наличию в воде ферромагнитных примесей.

3.2 Разработка рекомендаций по применению прибора «ГМС» для использования в жилых домах.

Литературный обзор и результаты экспериментального исследования подтверждают, что магнитная обработка может быть эффективна в системах горячего водоснабжения. Экспериментальное исследование показало, что магнитная обработка препятствует осаждению солей жесткости исходной воды в системе.

Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения объектов, показал, что в системах с установленным прибором ГМС весь объем жесткости, поступающей в систему, не оседает на арматуре и стенках труб, а продолжает циркулировать по системе.

Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения контрольного объекта,

показал, что в аналогичных системах, но без установленного прибора ГМС, порядка 50-60 % всей жесткости воды остается в системе и оседает на арматуре и стенках труб, приводя к порче прокладок, уплотнений, порче арматуры, автоматики и прочее.

Однако проведенный эксперимент не подтверждает образования достаточно крупных коллоидных форм солей жесткости, способных удерживаться фильтрами систем горячего водоснабжения. Это следует из примененного метода определения жесткости, при котором вода проходит фильтрацию через мембранные или бумажные фильтры, которые, в свою очередь, имеют в разы более мелкие поры, нежели сечение сетки любого стандартного фильтра в любой системе горячего водоснабжения.

В процессе проведенного эксперимента с нагревом до различных температур исходной воды и воды, прошедшей магнитную обработку, однозначно не выявлен эффект снижения жесткости. Хотя данный факт может быть связан с тем, что более или менее заметный эффект возникает при нагреве воды свыше 100 °С. Однако, для нашего исследования, для нужд горячего водоснабжения, такие температуры не имеют практического интереса, так как в пластинчатом теплообменнике вода нагревается не более чем до 80 °С и согласно СанПиН [58] температура в точке водоразбора должна быть не менее 60 °С, но не более 75 °С.

В результате экспериментального исследования было подтверждено, что магнитная обработка не уменьшает жесткость воды, но при этом не дает ей осаждаться в виде накипи на элементах системы горячего водоснабжения. Однако отсутствие данных о влиянии взвешенной формы накипи, присутствующей в системе и неотфильтрованной штатными фильтрами системы, требует дальнейшего изучения практического применения метода магнитной обработки воды. Также требуется оценка данного метода в разрезе влияния взвешенной и неотфильтрованной формы накипи, а также непосредственно магнитного воздействия на элементы систем горячего

водоснабжения, как в целом, так и на ее отдельные части. Неизвестно влияние этих факторов на контрольно измерительные приборы, начиная с обычных крыльчатых счетчиков и заканчивая сложной автоматикой.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. Анализ существующего состояния и проблем горячего водоснабжения в жилых многоквартирных домах Центрального района г.о. Тольятти говорит о необходимости проведения водоподготовки для снижения показателя жесткости исходной воды, как в центральных, так и в индивидуальных тепловых пунктах.

2. Анализ существующих методов умягчения воды показал, что, не смотря на обилие классических и эффективных методов умягчения воды, ни один из них по ряду причин не подходит для нужд горячего водоснабжения Центрального района города Тольятти. В Центральном районе города отсутствует централизованная подача горячей воды конечному потребителю, так как это происходит в Автозаводском районе, и нет централизованной водоподготовки, поставляемой потребителю воды. Такое положение приводит к тому, что водоподготовка ложится на плечи конечных потребителей, заинтересованных в качестве воды и работоспособности оборудования тепловых пунктов то есть на собственников, несущих финансовое бремя по содержанию общего имущества многоквартирных домов. Выбираемые собственниками управляющие организации не способны взять подобного рода бремя в сферу своей ответственности за обслуживаемое имущество, так как в управляющих компаниях нет ни специалистов соответствующей квалификации, ни финансовых ресурсов. Монтаж в индивидуальных тепловых пунктах или тепловых пунктах подвала дома установки по умягчению воды весьма затратное предприятие, предполагающее разработку проекта, его согласование в надзорных органах, закупка и монтаж оборудования и реагентов, последующее его обслуживание, требующее определенных знаний и квалификации.

3. Ввиду простоты эксплуатации и монтажа, компактностью приборов, а также отсутствием требований к особой квалификации обслуживающего персонала, аппараты магнитной обработки воды являются наиболее простым решением проблем горячего водоснабжения Центрального района города. Также монтаж такого прибора в разы дешевле установки полноценной системы по умягчению воды с ее последующим обслуживанием.

4. Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения объектов, показал, что в системах с установленным прибором ГМС весь объем жесткости, поступающей в систему, не оседает на арматуре и стенках труб, а продолжает циркулировать по системе. Анализ жесткости и электропроводности исходной воды и воды, прошедшей всю систему горячего водоснабжения контрольного объекта, показал, что в аналогичных системах, но без установленного прибора ГМС, порядка 50-60 % всей жесткости воды остается в системе и оседает на арматуре и стенках труб, приводя к порче прокладок, уплотнений, порче арматуры, автоматики и прочее. Проведенный эксперимент не подтверждает образования достаточно крупных коллоидных форм солей жесткости, способных удерживаться фильтрами систем горячего водоснабжения. Это следует из примененного метода определения жесткости, при котором вода проходит фильтрацию через мембранные или бумажные фильтры, которые, в свою очередь, имеют в разы более мелкие поры, нежели сечение сетки любого стандартного фильтра в любой системе горячего водоснабжения. В процессе проведенного эксперимента с нагревом до различных температур исходной воды и воды, прошедшей магнитную обработку, однозначно не выявлен эффект снижения жесткости. Хотя данный факт может быть связан с тем, что более или менее заметный эффект возникает при нагреве воды свыше 100 °С. Однако, для нашего исследования, для нужд горячего водоснабжения, такие температуры не имеют практического интереса, так как в пластинчатом теплообменнике вода

нагревается не более чем до 80 °С и согласно СанПиН [58] температура в точке водоразбора должна быть не менее 60 °С, но не более 75°С.

5. В результате экспериментального исследования было подтверждено, что магнитная обработка не уменьшает жесткость воды, но при этом не дает ей осаждаться в виде накипи на элементах системы горячего водоснабжения. Однако отсутствие данных о влиянии взвешенной формы накипи, присутствующей в системе и неотфильтрованной штатными фильтрами системы, требует дальнейшего изучения практического применения метода магнитной обработки воды. Требуется оценка данного метода в разрезе влияния взвешенной и неотфильтрованной формы накипи, а также непосредственно магнитного воздействия на элементы систем горячего водоснабжения, как в целом, так и на ее отдельные части. Неизвестно влияние этих факторов на контрольно измерительные приборы, начиная с обычных крыльчатых счетчиков и заканчивая сложной автоматикой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alimi Fathia, Tlili Mohamed, Gabrielli Claude, Georges Maurin, Ben Amor Mohamed. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. WATER RESEARCH 40 (2006) 1941–1950. journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.jatech.fr/pdf/Effect_of_magnetic_water_treatment_Studie_2005_Tunesien.pdf
2. DEMONSTRATION AND EVALUATION OF MAGNETIC DESCALERS DEPARTMENT OF THE ARMY U.S. Army Corps of Engineers 441 G Street, NW Washington, DC 20314-1000. PUBLIC WORKS TECHNICAL BULLETIN 420-49-34 / 15 June 2001. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.wbdg.org/ccb/ARMYCOE/PWTB/pwtb_420_49_34.pdf
3. ISO 6107-2:2006 «Качество воды». [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6107:-2:ed-4:v1:ru>
4. Martina Sammer, Cees Kamp, Astrid H. Paulitsch-Fuchs, Adam D. Wexler, Cees J. N. Buisman and Elmar C. Fuchs. Strong Gradients in Weak Magnetic Fields Induce DOLLOP Formation in Tap Water. Academic Editor: Wilhelm Puttmann. Received: 21 January 2016; Accepted: 23 February 2016; Published: 3 March 2016. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.mdpi.com/2073-4441/8/3/79>
5. Nelson Saksono, Setijo Bismo, Roekmijati Widaningroem, and Azwar Manaf. FORMATION OF CaCO₃ PARTICLE AND CONDUCTIVITY OF Na₂CO₃ AND CaCl₂ SOLUTION UNDER MAGNETIC FIELD ON DYNAMIC FLUID SYSTEM. MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 15, NO. 1, APRIL 2011: 89-95. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=18893>

6. Nelson Saksono, Yuliusman, Setijo Bismo, Roekmijati W. Soemantojo, and Azwar Manaf. EFFECTS OF pH ON CALCIUM CARBONATE PRECIPITATION UNDER MAGNETIC FIELD. MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 13, NO. 2, NOVEMBER 2009: 79-85. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://journal.ui.ac.id/technology/index.php/journal/search/search>
7. Renge V.C. et al. THEORETICAL & EXPERIMENTAL ANALYSIS OF VACUUM MEMBRANE DISTILLATION FOR TAP WATER. International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) Vol. 5 No.05S May 2013. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doaj.org/article/ee34c9883bed4821b76e1f002443439d>
8. Salman M. A., Safar M. and Al-Nuwaibit G. The Effect of Magnetic Treatment on Retarding Scaling Deposition. Received: The Online Journal of Science and Technology - July 2015 Volume 5, Issue 3 [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.tojsat.net/journals/tojsat/articles/v05i03/v05i03-08.pdf>
9. Yadollahpour Ali, Rashidi Samaneh, Rezaee Zohre and Jalilifar Mostafa. Magnetic Water Treatment in Environmental Management A Review of the Recent Advances and Future Perspectives. Department of Medical Physics, School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Golestan Blvd., Ahvaz, Iran. - Received: December 06, 2014; Accepted: December 23, 2014. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.9.3.56>
- 10.Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1974. 480 с.
- 11.Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 154 с.
- 12.БАЖУКОВ А.В., БЕЗЗУБЦЕВА М.М. МАГНИТНЫЙ МЕТОД ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО

- ОБОРУДОВАНИЯ. / Магистрант А.В. БАЖУКОВ Доктор техн. наук М.М. БЕЗЗУБЦЕВА (ФГБОУ ВПО СПбГАУ). «Научный вклад молодых исследователей в инновационное развитие АПК»: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов Ч. III. (Санкт-Петербург-Пушкин, 27- 28 марта 2014 года). [Электронный ресурс] – режим доступа: http://spbgau.ru/files/nid/3957/vestnik_sno_2014_3_chast_.pdf
13. Банников В.В. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ: прибор «Термит». / Банников В.В., канд. техн. наук, предприятие «Экосервис Технохим». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://termit.etch.ru/publ.php?p=1>
14. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
15. Гельферих Ф. Иониты. Основы ионного обмена. Перевод с немецкого канд. хим. наук Ф.А. Белинской, канд. хим. наук Е.А. Матеровой и О.К. Стефановой. Под редакцией канд. техн. наук С. М. Черноброва. Издательство иностранной литературы. Москва, 1962.
16. ГЛАВА 1 СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА, ПЕРЕДАЧИ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.tgl.ru/files/documentation/glava_1_02122015.pdf
17. Гребенюк В. Д., Мазо А. А. Обессоливание воды ионитами. — М.: Химия, 1980 г. — 256 с, ил.
18. ГОСТ 31865-2012 «Вода. Единица жесткости». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://aqcenter.ru/data/documents/GOST-31865-2012-Voda.-Edinica-zhestkosti.pdf>

- 19.ГОСТ 31954-2012 «ВОДА ПИТЬЕВАЯ. Методы определения жесткости». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://meganorm.ru/Data2/1/4293783/4293783515.pdf>
- 20.Домнин А.И. ГИДРОМАГНИТНЫЕ СИСТЕМЫ – УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НАКИПИ И ТОЧЕЧНОЙ КОРРОЗИИ. Журнал "Новости теплоснабжения", № 12, (28), декабрь, 2002, С. 31 – 32, www.ntsni.ru. / А.И. Домнин, ООО «Энирис-СГ», г. Москва. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=68
- 21.ЖАБРИКОВ В. Магнитная обработка воды против накипи. Опубликовано в журнале СОК №3 | 2010 Рубрика: Водоподготовка и водоотведение. Автор: В. ЖАБРИКОВ, технический директор ООО «Магнитные водные системы». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/magnitnaya-obrabotka-vody-protiv-nakipi>
- 22.Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений в 3 томах. Том 2 Очистка и кондиционирование природных вод: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
- 23.Инюшин Н.В. и др. Аппараты для магнитной обработки жидкостей / Н.В. Инюшин, Е. И. Ишемгужин, Л.Е. Каштанова, А.Б. Лаптев, В.И. Максимочкин, Ф.Р. Хайдаров, В.В. Шайдаков. – Уфа: Государственное издательство научно- технической литературы «Реактив», 2000. - с.: табл., ил. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://corrosion.su/literature/09.pdf>
- 24.Классен В.И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1978. – 240 с.
- 25.Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М. Издательство литературы по строительству, 1971. – 579 с.

26. Кокотов Ю. А. Иониты и ионный обмен. — Л.: Химия, 1980. — 152 с., ил. — (Вопросы современной химии).
27. Копылов А.С., Тебенихин Е.Ф., Очков. В.Ф. О механизме изменения свойств технических водных растворов при магнитной обработке. / Кандидат технических наук доц. А.С. Копылов, канд. хим. наук доц. Е.Ф. Тебенихин, асп. В.Ф. Очков. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/MO/art_6_K_T_O.htm
28. Копылов А.С., Тебенихин Е.Ф., Очков. В.Ф. Об использовании магнитного поля для снижения накипеобразования при нагреве высокоминерализованной воды. (Труды МЭИ, выпуск 309, 1976 г., с. 55-60) / Канд. Техн. наук доц. А. С. Копылов, канд. хим. наук доц. Е.Ф. Тебенихин, асп. В.Ф. Очков. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/MO/art_1_K_T_O.htm
29. Кошоридзе С.И., Левин Ю.К. Магнитно – ультразвуковая обработка воды. / С.И. Кошоридзе, Ю.К. Левин Институт Прикладной Механики РАН, Россия, Москва, 125040, Ленинградский пр., 7 iam-ras@mail.ru Физико-химическая кинетика в газовой динамике 2015 Т.16 (4) [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://chemphys.edu.ru/issues/2015-16-4/articles/534/>
30. Кошоридзе С.И., Левин Ю.К. МЕХАНИЗМ СНИЖЕНИЯ НАКИПИ ПРИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОДНОГО ПОТОКА. ФГБУН «Институт прикладной механики» Российской академии наук, Москва, e-mail: iam-ras@mail.ru [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35375>
31. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987, 237 с., ил.

- 32.Магнитные аппараты для обработки воды. Опубликовано в журнале СОК №6 / 2011. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/magnitnye-apparaty-dlya-obrabotki-vody>
- 33.МАРТЫНОВА О. И., КОПЫЛОВ А. С, ТЕБЕНИХИН Е.Ф., ОЧКОВ В. Ф. К механизму влияния магнитной обработки воды на процессы накипеобразования и коррозии. Московский энергетический институт. // Теплоэнергетика, №6/1979. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/МО/art_4_М_К_Т_О.htm
- 34.Мосин О. В., АППАРАТЫ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ. / О. В. Мосин, канд. хим. наук. Сокращенная версия статьи опубликована в журнале «Новости теплоснабжения» № 11 (147) 2012 г. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2666
- 35.Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1995. 688 с: ил.
- 36.О внесении изменений в постановление мэрии городского округа Тольятти от 04.04.2014 г. № 1081-п/1 «Об определении гарантирующих организаций для централизованных систем водоснабжения и водоотведения на территориях городского округа Тольятти» Постановление мэрии г.о. Тольятти от 25.02.2015 г. № 521-п/1 [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.tgl.ru/files/documentation/521_file_1460542237.pdf
- 37.О водоснабжении и водоотведении: Федеральный закон РФ 7 декабря 2011 года № 416-ФЗ [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/
- 38.О компании «Волжские коммунальные системы». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://volcomsys.ru/company/>

39. Очков В.Ф. Вода и магнит. Журнал Водочистка, Водоподготовка, Водоснабжение, № 10, 2011, С. 36-48. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/MO/BBB.html>
40. Очков В.Ф. Магнитная обработка воды: история и современное состояние. Журнал «Энергосбережение и водоподготовка», № 2, 2006 г. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://twf.mpei.ac.ru/OCHKOV/MO/art_EV/index.html
41. Передвигина Е. Электромагнитная обработка воды. Опубликовано в журнале СОК №2 | 2002 Рубрика: Водоподготовка и водоотведение. Автор: Елена Передвигина. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/elektromagnitnaya-obrabotka-vody>
42. ПРИСЯЖНЮК В.А. Водоподготовка и очистка воды: принципы, технологические приемы, опыт эксплуатации. Опубликовано в журнале СОК №4 | 2004. Рубрика: Водоподготовка и водоотведение, Инженерная сантехника, Водопровод Автор: В.А. ПРИСЯЖНЮК, к.х.н. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/vodopodgotovka-i-ochistka-vody-principy-tehnologicheskie-priemy-opyt-ekspluatatsii>
43. РД 52.24.395-2007 Жесткость воды. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837314.pdf>
44. Резник Я. Нехимические методы обработки воды. / Резник Я. «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ» №1 (11) 2012. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.aqua-therm.ru/articles/articles_212.html
45. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
46. САВОЧКИН А. Современные технологии водоподготовки. Опубликовано в журнале СОК №9 | 2011 Рубрика: Инженерная сантехника, Водопровод, Водоподготовка и водоотведение, Насосные технологии. Автор: А.

- САВОЧКИН, главный технолог, Группа компаний «Национальные водные ресурсы». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/sovremennye-tehnologii-vodopodgotovki>
- 47.САВОЧКИН А. Современные технологии водоподготовки. Опубликовано в журнале СОК №6 | 2012 Рубрика: Водоподготовка и водоотведение. Автор: А. САВОЧКИН, главный технолог, Группа компаний «Национальные водные ресурсы». [Электронный ресурс] – режим доступа:<http://www.c-o-k.ru/articles/sovremennye-tehnologii-odopodgotovki-1>
- 48.СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». [Электронный ресурс] – режим доступа: http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/03/14/sanpin1074.pdf
- 49.СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://dvteplo.ru/245-sanpin-2142496-09-gigienicheskie-trebovaniya-k-obespecheniyu-bezopasnosti-sistem-goryachego-vodosnabzheniya.html>
- 50.СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.kwark.ru/files/gs/012.pdf>
- 51.СП 41-104-2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ruteplo.com/images/uslugi/gas-kotly/sp-41-104-2000.pdf>
- 52.СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ТОЛЬЯТТИ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.tgl.ru/files/tinymce/tolyatti.-utverzhdaemaya-chast-shemy-teplosnabzheniya_file_1449039426.pdf
- 53.ФРИДКИН А.М. и др. Умягчение питьевой воды. Опубликовано в журнале СОК №12 | 2011 Рубрика: Водоподготовка и водоотведение

- Автор: А.М. ФРИДКИН; Н.Р. ГРЕБЕНЩИКОВ; В.М. САФИН; М.И. СЕРУШКИН; В.Ф. ЗАХАРЕНКОВ; С.М. КОЧЕРГИН, Группа компаний «Гейзер» (Санкт-Петербург); О.Г. СКОТНИКОВА; Е.А. АНАНЬЕВА; М.А. ГЛАГОЛЕВА, МИФИ (Москва); С.В. ЧЕПУР; В.Н. БЫКОВ, ГосНИИ военной медицины (Санкт-Петербург). [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/umyagchenie-pit-evoy-vody>
54. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. М. Издательство МГУ, 1996 г. 680 с; 178 ил.
55. Чумаевский Н.Б. Магнитная обработка воды как средство борьбы с минеральными отложениями. Магнитный активатор воды – гидромультиполь. / Чумаевский Н.Б. НПП «АТЛИС». Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», №6, июнь 2003. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.alfar.ru/smart/2/244/>
56. Щелоков Я.М. О МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ. Журнал "Новости теплоснабжения", № 8, (24), август, 2002, С. 41 -42, www.ntsni.ru. / Щелоков Я.М., доцент кафедры «Энергосбережение» УГТУ-УПИ, г. Екатеринбург. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=72
57. РД 52.24.395-2007 «Жесткость воды. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837314.pdf>
58. СанПиН 2.1.4.2496-09 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» [Электронный ресурс] – режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/55/55516/