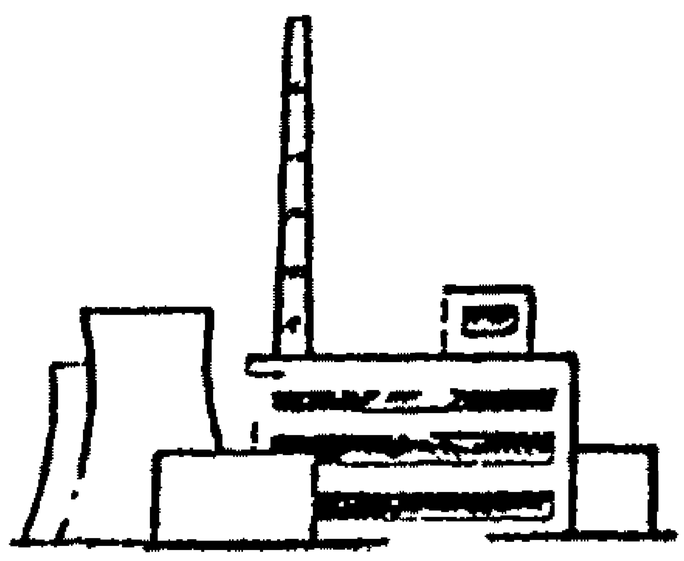
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»

Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАРКИ И ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИНАКИПИНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОДПИТОЧНОЙ И СЕТЕВОЙ ВОДЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ



СО 34.37.533–2001
(РД 153-34.0-37.533–2001)

ОАО «ВТИ»
Москва 2003

Разработано Открытым акционерным обществом «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»);

Исполнители *Ю.В. БАЛАБАН-ИРМЕНИН, А.М. РУБАШОВ*

Утверждено Департаментом научно-технической политики и развития «РАО ЕЭС России» 28 сентября 2001 г.

Заместитель начальника *А.П. ЛИВИНСКИЙ*

Срок первой проверки настоящего СО – 2007 г.,
периодичность проверки – один раз в 5 лет.

Ключевые слова: энергетика, теплоснабжение, сетевая вода, накипеобразование, антинакипная обработка.

© ОАО «ВТИ», 2003

УДК 621.182.12:697.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МАРКИ И ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИНАКИПИНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОДПИТОЧНОЙ И СЕТЕВОЙ ВОДЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

СО 34.37.533–2001
(РД 153-34.0-37.533–2001)

Введено впервые

Дата введения 2002–07–01

Настоящий стандарт организации распространяется на системы теплоснабжения и устанавливает способ определения типа (марки) и оптимальной концентрации антинакипина для обработки подпиточной и сетевой воды систем теплоснабжения.

Сущность метода заключается в сравнении накипеобразующей способности воды кристаллооптическим способом в присутствии антинакипина и без него при температурных условиях, полностью соответствующих реальным.

Настоящий стандарт организации предназначен для организаций (предприятий)-владельцев систем теплоснабжения, в составе АО-энерго и АО-электростанций.

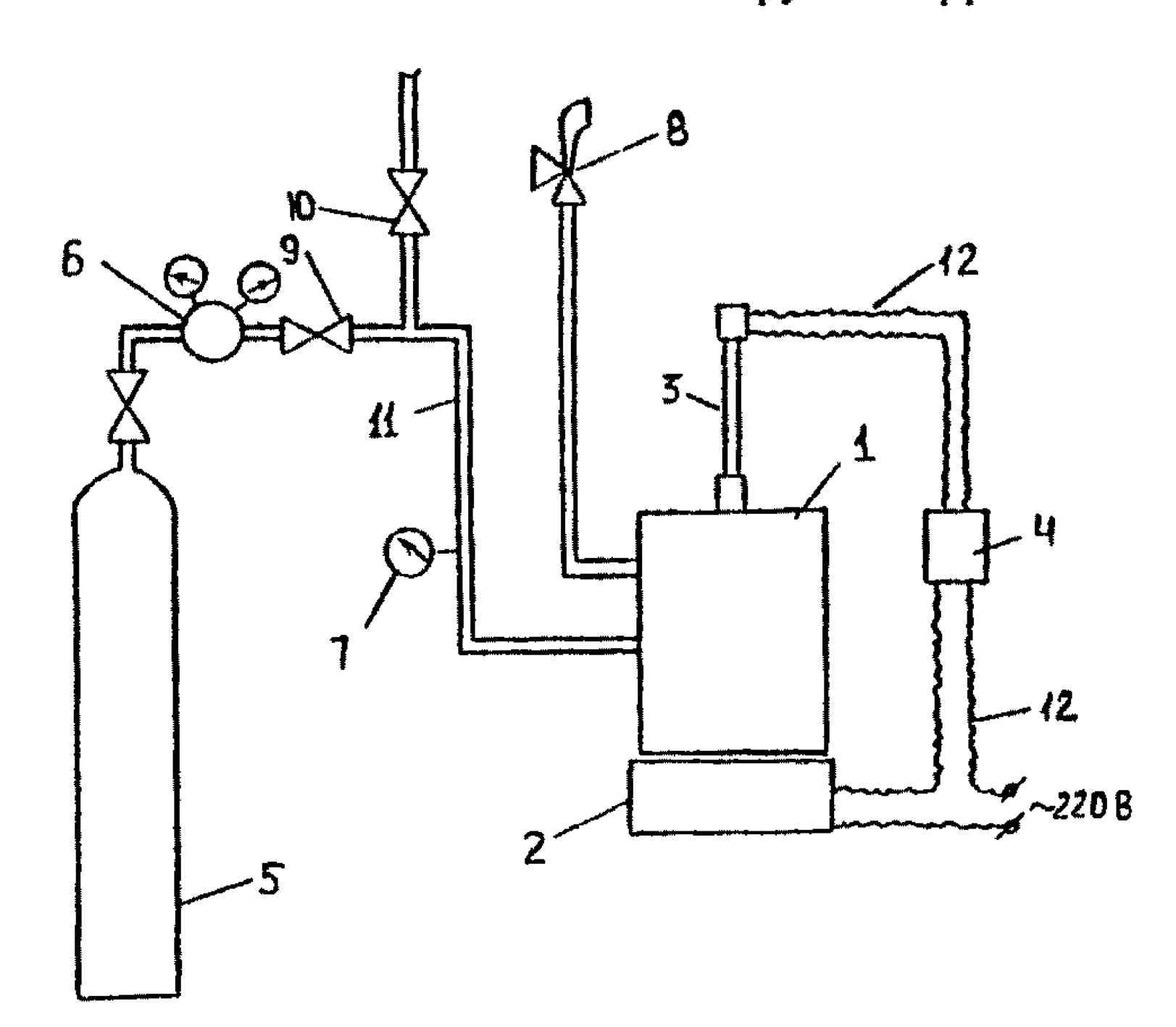
Издание официальное

Настоящий стандарт организации не может полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения РАО «ЕЭС России» или ОАО «ВТИ»

1 АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ

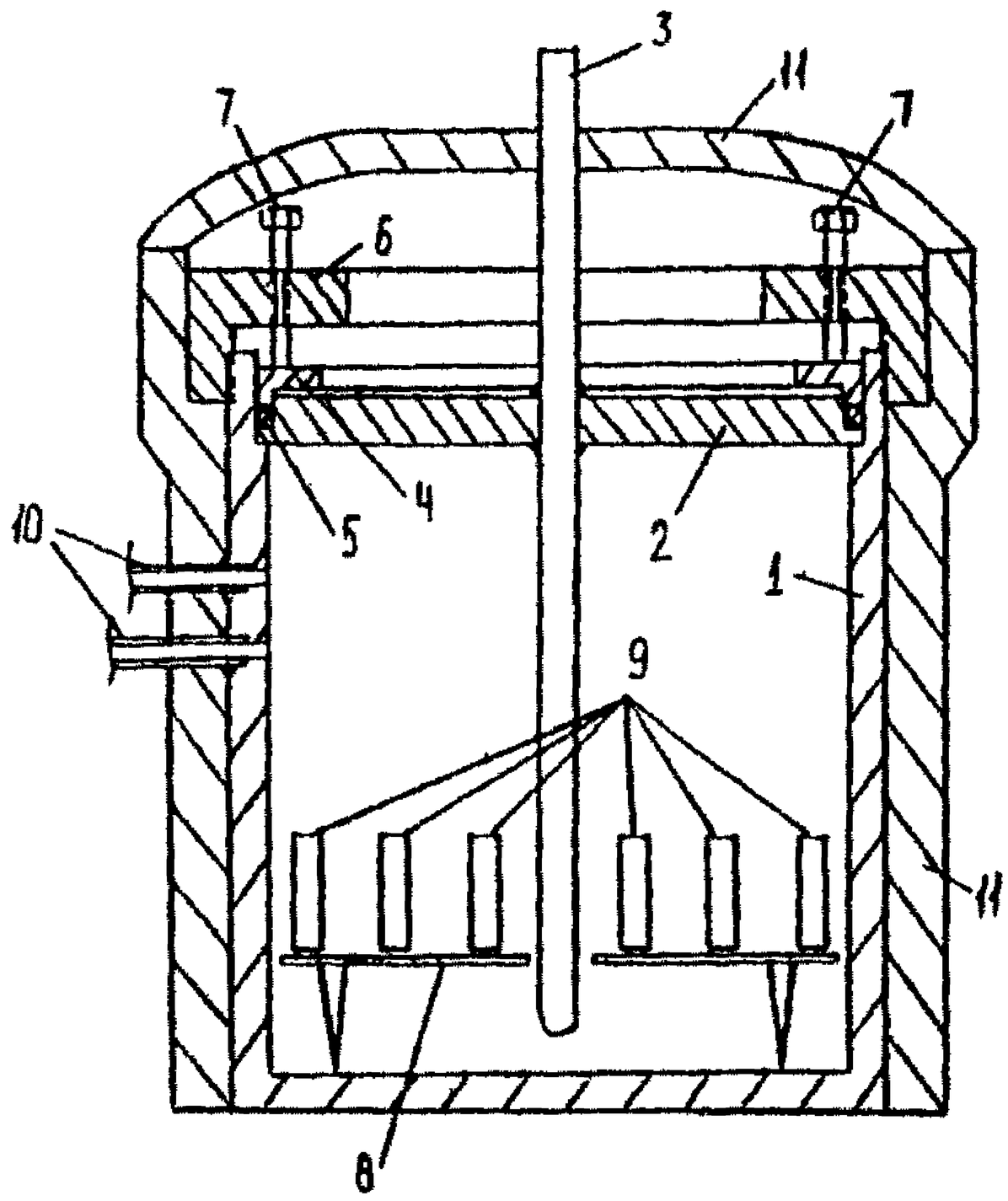
Установка (рисунок 1) включает:
- автоклав (*1*);
- электроплитку по ГОСТ 14919 мощностью 1,2 кВт (*2*);
- термометр ртутный электроконтактный по ГОСТ 9871 с диапазоном измерения 0–250 °С (*3*);
- электромагнитное реле РП-25 (*4*);
- баллон с газообразным азотом объемом 40 л по ГОСТ 9293 (*5*);
- регулятор давления СДВ-6 (редуктор) (*6*);
- манометр класса точности не менее 0,6; диапазон измерения 0–2,5 МПа по ГОСТ 2405 (*7*);
- предохранительный клапан (*8*) на давление 2,5 МПа;
- вентили $d_у$ = 10 мм, $p_у$ = 2,5 МПа (*9*, *10*);
- трубки стальные 12×2 мм (*11*) из нержавеющей стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 9941;
- электрические провода (*12*) медные многожильные сечением 1 мм^2.

Автоклав (рисунок 2), все детали которого изготовлены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 9941 или других коррозионно-стойких,



1 – автоклав; *2* – электроплитка; *3* – термометр ртутный электроконтактный; *4* – электромагнитное реле; *5* – баллон с газообразным азотом; *6* – регулятор давления (редуктор); *7* – манометр; *8* – предохранительный клапан; *9*, *10* – вентили; *11* – трубки стальные; *12* – электрические провода.

Рисунок 1 – Схема установки для испытаний антинакипинов



1 – корпус; *2* – крышка; *3* – гильза для термометра; *4* – уплотнительное кольцо; *5* – фторопластовая прокладка; *6* – нажимное кольцо; *7* – болты; *8* – дырчатый поддон; *9* – металлические стаканчики; *10* – штуцера для подвода газа от баллона и отвода газа к предохранительному клапану; *11* – съемная тепловая изоляция.

Рисунок 2 – Автоклав для испытаний антинакипинов

жаропрочных сталей, состоит из корпуса (*1*) (обечайки) диаметром 194×2 мм и дна толщиной 18 мм, крышки (*2*) толщиной 18 мм, с вваренной в нее гильзой (*3*) для термометра (трубка 16×2 мм), уплотнительного кольца (*4*) для уплотнения фторопластовой прокладки (*5*) и нажимного кольца (*6*) с восемью болтами М16 (*7*) по ГОСТ 8560. Внутри автоклава находятся дырчатый поддон (*8*) диаметром 165 мм на ножках высотой 30 мм и центральным отверстием диаметром 20 мм. На поддоне устанавливают нумерованные металлические стаканчики (*9*) внутренним диаметром 27 мм, толщиной стенки 1–2 мм и высотой 80 мм, изготовленные из хромоникелевой стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 9941. Съемная тепловая изоляция (*10*) автоклава выполняется из асбестового полотна по ГОСТ 2198 с наружным покрытием тканью из стекловолокна по ГОСТ 19170.

Автоклав предназначен для работы при максимальной температуре 220 °С и максимальном давлении 2,5 МПа.

Гидравлические испытания автоклава перед вводом его в эксплуатацию произвести в соответствии с требованиями "Правил уст-

ройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" ПБ 10-115–96. При работе используются:

- микроскоп лабораторный общего назначения с кратностью увеличения 50–100;
- стаканы химические – по ГОСТ 25336;
- стеклянные пластинки бесцветные, прозрачные, прямоугольные размером 10×50 мм и толщиной 0,5–3 мм;
- кислота соляная по ГОСТ 3118;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709, или конденсат отборного пара, или конденсат турбин.

2 ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АВТОКЛАВА

2.1 Температурный режим обработки выбирается в зависимости от режимов работы системы теплоснабжения и используемого в ней теплообменного оборудования.

2.2 При использовании для нагрева сетевой воды пароводяных теплообменников температура, создаваемая в автоклаве, должна быть равна максимальной в сезоне температуре сетевой воды.

2.3 При использовании для нагрева сетевой воды водогрейных котлов или пароводяных теплообменников и водогрейных котлов температура, создаваемая в автоклаве, должна быть на 20 °С выше максимальной в сезоне температуры сетевой воды (для учета температурной разверки в водогрейных котлах).

3 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1 Приготавливают 5%-ный раствор соляной кислоты разбавлением концентрированной соляной кислоты в 7 раз.

3.2 Окунают каждую стеклянную пластинку на 5 мин в приготовленный раствор соляной кислоты при температуре 50–60 °С, после чего обмывают дистиллированной водой и вытирают насухо калькой.

3.3 Возможно многократное применение стеклянных пластинок.

3.4 Визуально, разглядывая пластинку на просвет (расположив ее между глазами и источником света), определяют чистоту пластинки. При наличии загрязнений повторяют обработку по п. 3.2, окуная пластинку в подогретый до 50 °С 5%-ный раствор соляной кислоты. Если и при повторном визуальном контроле на пластинке обнаруживаются загрязнения, пластинку в дальнейшем не используют.

3.5 Металлические стаканчики ополаскивают хромовой смесью, тщательно, многократно (10 раз) промывают водопроводной водой, а затем промывают не менее 5 раз конденсатом.

4 РАБОТА С АВТОКЛАВОМ

4.1 Поместить в стаканчики стеклянные пластинки в наклонном положении (рисунок 3).

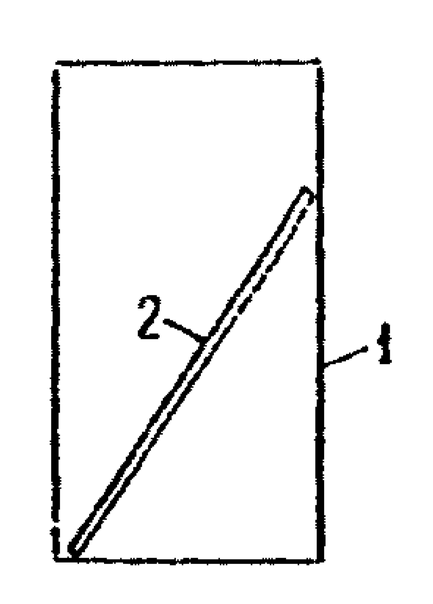
4.2 Залить в стаканчики до 50 мл воды различного состава: с нормативным карбонатным индексом (для действующего объекта – сетевой воды, применяемой на нем); с более высоким карбонатным индексом с различными концентрациями антинакипина (приложение А).

4.3 Поместить стаканчики в автоклав (см. позиция *1*, рисунок 1), залить в автоклав дистиллированную воду или конденсат до уровня на 1 см ниже верхнего края стаканчиков (см. рисунок 2). При заливе воды следить, чтобы вода не попала в стаканчики. Наиболее удобно заливать воду через резиновую трубку, конец которой опущен в автоклав ниже уровня поддона.

4.4 Накрыть автоклав крышкой (см. позиция *2*, рисунок 2) с вваренной в нее гильзой для термометра, вставить в кольцевой паз фторопластовую прокладку (см. позиция *5*, рисунок 2), наложить уплотнительное кольцо (см. позиция *4*, рисунок 2) и накрутить на автоклав нажимное кольцо (см. позиция *6*, рисунок 2) до упора. Затем, вворачивая восемь болтов (см. позиция *7*, рисунок 2), уплотнить автоклав.

4.5 Подать в автоклав азот из баллона, для чего закрыть вентиль *10* (см. рисунок 1) и открыть вентиль *9* (см. рисунок 1); открыть вентиль на баллоне и с помощью редуктора (см. позиция *6*, рисунок 1) создать в автоклаве давление на 0,2 МПа больше, чем давление насыщенного пара при температуре испытаний. После чего с помощью редуктора прекратить подачу азота в автоклав и затем закрыть вентиль *9* (см. рисунок 1) и вентиль на баллоне.

4.6 Надеть схемную тепловую изоляцию на автоклав и установить в гильзу контактный термометр. В гильзу должно быть налито приблизительно 10 см^3 силиконового масла.



1 – металлический стаканчик; *2* – стеклянная пластинка.

Рисунок 3 – Установка пластинки в металлический стаканчик

4.7 Нагреть автоклав до выбранной (см. п. 2) температуры.

4.8 Время выдержки зависит от температуры и состава воды, в первую очередь от величины карбонатного индекса данной воды. Продолжительность выдержки должна быть достаточной для осаждения на поверхности пластинок кристаллитов, подсчитываемых с помощью микроскопа, и не слишком большой, чтобы избежать образование на пластинках сплошной пленки накипи. Для величины карбонатного индекса 5–15 (мг-экв/дм^3) ориентировочная продолжительность выдержки составляет: 100 °С – 4 часа, 110 °С – 1 час, 120 °С – 1 час, 130 °С – 45 мин, 140 °С – 45 мин, 150 °С – 30 мин.

4.9 После выдержки при температуре опыта снять тепловую изоляцию автоклава и охладить автоклав до температуры менее 50 °С. Затем, открыв вентиль для сброса газа в атмосферу (см. позиция *8*, рисунок 1), уменьшить давление азота в автоклаве до атмосферного и после этого открыть автоклав, вытащить термометр из гильзы, вывернуть болты на нажимном кольце, снять нажимное кольцо, уплотнительное кольцо и крышку с прокладкой.

4.10 Извлечь из автоклава стаканчики и переместить пластинки из металлических стаканчиков в стеклянные, имеющие ту же маркировку, сохраняя положение пластинок. Пластинки затем просушить при комнатной температуре.

5 КРИСТАЛЛООПТИЧЕСКЙ АНАЛИЗ

5.1 Подготовить микроскоп к работе в соответствии о инструкцией по эксплуатации.

5.2 Поместить пластинки поочередно в поле зрения микроскопа.

5.3 На каждой пластинке в 5–10 полях выбранного размера определить максимальный размер кристаллитов и количество кристаллитов различного размера.

5.4 Путем сравнения полученных данных определить эффективность и оптимальную концентрацию антинакипина (см. приложение А).

Приложение А
(справочное)

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУКЦИИ

Испытывался антинакипин А. Предлагалось использование в теплосети водопроводной воды с дозировкой антинакипина А вместо Na-катионированной воды, которая постоянно использовалась на одной из ТЭЦ России.

На ТЭЦ установлены пароводяные теплообменники и водогрейные котлы. Максимальная температура сетевой воды равна 130 °С. Теплообменники и котлы на Na-катионированной воде работали надежно и эффективно без химической очистки в течение последних 10 лет.

Эффективность ингибитора оценивалась путем сравнения накипеобразующей способности водопроводной воды в присутствии различных концентраций ингибитора накипеобразования и Na-катионированной воды.

Сетевая натрий-катионированная вода имела следующий состав: общая щелочность 3,4 мг-экв/дм^3; кальциевая жесткость 0,4 мг-экв/дм^3; pH 9,0; железо 0,23 мг/дм^3.

Водопроводная вода имела следующий состав: общая щелочность 2,8 мг-экв/дм^3, кальциевая жесткость 2,2 мг-экв/дм^3, общая жесткость 3,3 мг-экв/дм^3, железо 0,17 мг/дм^3. Величина pH воды 9,0 достигалась подщелачиванием. Концентрация антинакипина А в воде составляла 0; 5; 10 мг/дм^3. Максимальная температура, проверяемая для данной ТЭЦ, была равна 150 °С (130 °С + 20 °С температурной разверки). Кроме того, проверялись температуры 120 °С и 100 °С. Продолжительность выдержи составляла: при 100 °С – 4 ч, при 120 °С – 1 ч, при 150 °С – 0,5 ч. В каждом опыте в одинаковых условиях находились две пластинки. Опыты повторялись не менее 2 раз.

Пластинки после обработки в автоклаве осматривали на микроскопе ММР-2Р с 86-кратным увеличением. Определяли количество кристаллитов различных размеров в поле зрения микроскопа 1,7 мм^2 (в 5–10 полях для каждой пластинки). Размер деления шкалы окуляра микроскопа соответствовал размеру кристаллита (15 мкм). Поэтому для удобства измерений величины кристаллитов типоразмеры кристаллитов выбирались кратными цене деления шкалы окуляра: менее 15 мкм, 15 мкм, 30 мкм, 45 мкм и т.д. Данные по количеству кристаллитов одного размера, подсчитанные на пластинках, находившихся в одинаковых условиях, усредняли.

Результаты испытаний эффективности антинакипного действия реагента А при температурах 100, 120 и 150 °С приведены в таблицах А.1, А.2 и А.3 соответственно.

При обработке результатов осмотра пластинок в графе «максимальный размер кристаллитов» записывалась дробь, в числителе которой указывался часто встречающийся размер крупных кристаллитов, а в знаменателе – самый большой единичный кристаллит. Если рядом с цифрой стоит обозначение «ср», то этот единичный кристаллит состоит из сросшихся более мелких кристаллитов (обычно в виде изогнутой цепочки).

Таблица А.1 – **Результаты испытаний при температуре 100 °С (продолжительность выдержки 4 ч)**

№ п/п	Концентрация антинакипина, мг/дм^3	Максимальный размер кристаллитов, мкм	Результаты осмотра пластинок в поле диаметром 1,6 мм: количество кристаллитов с размером				
			более 50 мкм	~ 45 мкм	~ 30 мкм	~15 мкм	менее 15 мкм
1	2	3	4	5	6	7	8
Водопроводная вода							
1	0	60–75/450ср	0–1–4	0–3–9	0–3–4	0–4–8	25–30
2	5	30–45/120ср	0–0–1	0–1–6	0–2–14	0–6–20	20–30
3	10	30–45/60	0–0–1	0–1–2	0–1–3	1–5–7	5–30
Сетевая Na-катионированная вода							
4	0	45–60/–	0–0–1	0–1–3	0–1–3	0–2–7	40–50

Таблица А.2 – **Результаты испытаний при температуре 120 °С (продолжительность выдержки 1 ч)**

№ п/п	Концентрация антинакипина, мг/дм^3	Максимальный размер кристаллитов, мкм	Результаты осмотра пластинок в поле диаметром 1,6 мм: количество кристаллитов с размером				
			более 50 мкм	~ 45 мкм	~ 30 мкм	~15 мкм	менее 15 мкм
1	2	3	4	5	6	7	8
Водопроводная вода							
1	0	60–90/190ср	1–5–7	4–6–8	15–20–52	0–2–3	2–3
2	5	60–75/150ср	0–2–8	0–0–6	0–4–10	0–4–10	15–20
3	10	30–40/–	0–0–1	0–0–1	0–1–2	0–0–5	8–15
Сетевая Na-катионированная вода							
4	0	30–45/–	0	0–1–3	0–1–5	0–2–4	10–20

В графах 4–8, где указано количество кристаллитов определенного размера, приведены три цифры: левая цифра – это минимальное количество кристаллитов данного размера в осмотренных полях, правая цифра – максимальное и в середине – средне-арифметическое значение количества кристаллитов данного типоразмера на всех осмотренных полях, за исключением двух полей с минимальным и максимальным количеством кристаллитов данного типоразмера.

При оценке данных таблиц А.1–А.3 следует учитывать, что время выдержки при повышении температуры резко уменьшалось. Таким образом,

Таблица А.3 – **Результаты испытаний при температуре 150 °С (продолжительность выдержки 0,5 ч)**

№ п/п	Концентрация антинакипина, мг/дм^3	Максимальный размер кристаллитов, мкм	Результаты осмотра пластинок в поле диаметром 1,6 мм: количество кристаллитов с размером				
			более 50 мкм	~ 45 мкм	~ 30 мкм	~15 мкм	менее 15 мкм
1	2	3	4	5	6	7	8
Водопроводная вода							
1	0	60–75/150	0–4–20	4–10–12	5–12–28	20–35–48	41–115
2	5	45–60/225	0–0–4	0–1–5	1–2–10	2–10–15	25–31
3	10	30–45/150	0–0–1	0–1–2	1–1–2	0–0–1	6–16
Сетевая Na-катионированная вода							
4	0	45–60/150	0–0–4	0–1–2	0–2–7	0–10–20	3–22

прямое сравнение результатов осмотра при различных температурах неправомерно.

Из таблицы А.1 следует, что при введении 5 мг/дм^3 антинакипина А в водопроводную воду, нагреваемую до 100 °С, уменьшается максимальный размер кристаллов, в большинстве обсчитываемых полей уменьшается количество кристаллитов всех типоразмеров, кроме кристаллитов размером 15 мкм, количество которых несколько увеличивается.

Дальнейшее увеличение концентрации антинакипина до 10 мг/дм^3 еще больше уменьшает максимальный размер кристаллитов, исчезают сросшиеся кристаллиты, количество кристаллитов всех типоразмеров уменьшается.

Сравнение водопроводной воды с антинакипином в количестве 10 мг/дм^3 (см. п. 3 таблицы А.1) и сетевой воды (см. п. 4 таблицы А.1) показывает, что количество всех типоразмеров кристаллитов, осадившихся в водопроводной ингибированной воде, меньше, чем в сетевой. Поэтому можно считать, что водопроводная вода с содержанием реагента А с концентрацией 10 мг/дм^3 обладает такой же или несколько меньшей накипеобразующей способностью, как натрий-катионированная вода, применяемая в настоящее время на ТЭЦ.

Влияние антинакипина на накипеобразование в водопроводной воде при температурах 120 и 150 °С практически аналогично вышеописанному.

Испытания показали, что накипеобразующая способность водопроводной воды с содержанием антинакипина А 10 мг/дм^3 такая же как у сетевой натрий-катионированной воды при температуре 100–120 °С, а при 150 °С – даже ниже, чем у сетевой воды.

По аналогичному принципу проводятся сравнительные испытания различных антинакипинов. Для этого проводят параллельные опыты на конкретной воде при выбранных температурах с набором одинаковых

концентраций различных антинакипинов. Так же, как и ранее, сравнение количества кристаллитов различных размеров на стеклах проводится отдельно для каждой температуры. Исходя из полученных результатов может быть произведен выбор антинакипина для конкретной воды с учетом его стоимости, санитарно-технических характеристик, условий поставки и т.п.

Приложение Б
(справочное)

Перечень нормативных документов, на которые имеются ссылки в СО 34.37.533–2001 (РД 153-34.0-37.533–2001)

Обозначение НД	Наименование НД	Пункт, в котором имеется ссылка
ГОСТ 14919–83Е	Электроплиты, электроплитки и жарочные электрошкафы бытовые. Общие технические условия	1
ГОСТ 17523–85Е	Реле электромагнитные. Общие технические условия	1
ГОСТ 2198–76	Полотно асбестовое армированное и прокладки из него. Технические условия	1
ГОСТ 25336–82	Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры	1
ГОСТ 3118–77	Кислота соляная. Технические условия	1
ГОСТ 6709–72	Вода дистиллированная. Технические условия	1
ГОСТ 9893–74	Азот газообразный и жидкий. Технические условия	1
ГОСТ 9871–75Е	Термометры стеклянные ртутные электроконтактные и терморегуляторы. Технические условия	1
ГОСТ 19170–73	Ткани конструкционные из стеклянных комплексных нитей. Технические условия	1
ПБ 10-115–96	Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. (М.: НПО ОБТ, 1996)	1

Содержание

1 Аппаратура и материалы 4
2 Выбор температурных режимов работы автоклава 6
3 Подготовка к проведению измерений 6
4 Работа с автоклавом 7
5 Кристаллооптический анализ 8
Приложение А Пример применения инструкции..... 9
Приложение Б Перечень нормативных документов, на которые имеются ссылки в СО 34.37.533–2001 (РД 153-34.0-37.533–2001)..... 13

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ВСЕРОССИЙСКИЙ ДВАЖДЫ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»

ВТИ – теплотехнический институт, ранее Всесоюзный, ныне Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт, основан 13 июля 1921 года, в течение всего времени своего существования работает для энергетики. Он – пионер в разработке научных основ и практической реализации в промышленности повышенных, а затем сверх- и суперкритических параметров пара, теплофикации с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла, сжигания в котлах наиболее тяжелых отечественных топлив, водной химии и водоподготовки, автоматизации с использованием электроники и многих других вошедших в отечественную и мировую практику и широко используемых технических идей.

В настоящее время целями института являются: проведение научных исследований и разработок для обеспечения на их основе надежной и экономичной эксплуатации тепломеханического оборудования, максимального использования его ресурса и минимального воздействия на окружающую среду; обеспечение научно-технического прогресса в теплоэнергетике.

В структуре ВТИ находятся несколько научных подразделений, в том числе **Отделение водно-химических процессов тепломеханического оборудования ТЭС (ОВХП).**

Отделение имеет большой научный потенциал и многолетний опыт исследований, разработки и внедрения на электростанциях новых водно-химических процессов. Оно является основоположником систем ионообменного обессоливания природных вод для восполнения потерь в цикле электростанций, разработчиком большинства водно-химических режимов, методов анализа воды и пара.

Основные направления деятельности (ОВХП):

создание и совершенствование технологии и оборудования для подготовки воды, используемой в качестве рабочего тела;

предупреждение коррозионных разрушений металла оборудования от воздействия воды и пара в рабочих циклах электростанций и других предприятий;

разработка водно-химических режимов, обеспечивающих минимальное накипеобразование и коррозионное воздействие на металл оборудования;

совершенствование методов химического контроля воды, пара и отложений.

Работы производятся на всех стадиях реализации проектов, начиная с проектирования и заканчивая сдачей заказчику.

Отделение имеет *Аттестат аккредитации специализированного экспертного центра лицензирования в электроэнергетике и право проводить экспертизы и выдавать экспертные заключения* о возможности учреждений, предприятий и организаций заниматься монтажом, наладкой, ремонтом энергообъектов, теплоэнергетического оборудования (кроме объектов котлонадзора) и энергоустановок потребителей.

Отделение готово рассмотреть Ваши предложения по проведению работ, не перечисленных выше.

По всем вопросам обращаться по адресу:

115280, г. Москва, Автозаводская ул., д. 14/23, Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт, Отделение водно-химических процессов.

Телетайп: 111634 "Корсар"
Телефакс: 279-59-24; 234-74-24
Телефон: 275-50-97
E-mail: vti@cnt.ru