

ВУЗ

студентам
учреждений
высшего
образования

Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС

Лабораторный практикум



Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС

Лабораторный практикум

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальностям «Паротурбинные установки
атомных электрических станций»,
«Промышленная теплоэнергетика»,
«Тепловые электрические станции»*



Минск
«Вышэйшая школа»
2012

УДК 621.311.22:621.182.12(075.8)

ББК 31.37я73

В62

Авторы: В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, Е.Н. Криксина, А.В. Нерезько

Рецензенты: кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники Белорусского государственного технологического университета (заведующий кафедрой доктор технических наук, профессор В.И. Володин); начальник производственно-технического отдела проектного научно-исследовательского республиканского унитарного предприятия «Белнипиэнергопром», кандидат технических наук В.М. Сыропушинский

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства

Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС
В62 и АЭС. Лабораторный практикум: учеб. пособие /
В. А. Чиж [и др.]. – Минск : Выш. шк., 2012. – 159 с: ил.
ISBN 978-985-06-2122-1.

Освещены вопросы охраны труда при выполнении лабораторных работ и дана характеристика основных химических веществ, применяемых при проведении этих работ.

Предоставлены лабораторные работы по водоподготовке и организации водно-химических режимов ТЭС и АЭС.

Каждая лабораторная работа содержит перечень контрольных вопросов, позволяющих систематизировать знания.

Для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Паротурбинные установки АЭС», «Промышленная теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции».

Будет полезно магистрантам, аспирантам, а также инженерно-техническим работникам энергетической отрасли.

УДК 621.311.22:621.182.12(075.8)

ББК 31.37я73

ISBN 978-985-06-2122-1

© Оформление УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2012

Предисловие

Условия обеспечения надежной и экономичной работы теплообменного оборудования ТЭС и АЭС напрямую определяются качеством теплоносителей. Основными причинами снижения этих факторов являются наличие отложений на поверхностях нагрева, протекание коррозионно-эрозионных процессов в конструкционных материалах, появление в теплоносителях шлама.

Для более полного усвоения теоретических основ протекания указанных процессов и методов по их устранению лекции и практические занятия по дисциплинам «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС», «Водоподготовка и водно-химические режимы АЭС» сопровождаются лабораторными работами.

Лабораторный практикум «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС» состоит из двух частей: «Водоподготовка» и «Водно-химические режимы ТЭС и АЭС».

Первая часть содержит 10 лабораторных работ, цель которых – освоение студентами методик определения основных показателей качества природных и технологических вод, а также методов подготовки воды на водоподготовительных установках ТЭС и АЭС, используемой в технологических циклах электростанций и системах теплоснабжения.

Во второй части представлены 7 работ, которые позволяют студентам не только закрепить теоретические знания по проблемам появления отложений, коррозии, шлама в теплоэнергетическом оборудовании, но и овладеть практическими вопросами организации на ТЭС и АЭС контроля за состоянием теплоэнергетического оборудования (проточной части турбин, поверхностей нагрева котлов и парогенераторов).

Студенты изучают методики определения степени загрязненности экранных труб котла, а также методы контроля скорости коррозии конструкционных материалов.

В лабораторном практикуме в полной мере изложены правила охраны труда во время проведения лабораторных работ, при выполнении которых используются химические реагенты. Представлены основные характеристики этих реагентов, указаны возможное негативное воздействие на человека и применяемые меры по оказанию первой помощи.

В приложениях 1–9 приведена информация, позволяющая дополнить знания студентов при выполнении лабораторных работ и практических занятий.

Лабораторный практикум «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС» рекомендуется для использования в учебном процессе для студентов специальностей 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» и 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика».

Авторы

1. Охрана труда при выполнении лабораторных работ

1.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по безопасным методам работы с химическими реагентами и проверку знаний по вопросам охраны труда, что должно быть зафиксировано личной росписью студента в специальном журнале.

Перед началом проведения лабораторных занятий *лаборант должен:*

- ◆ осмотреть лабораторные стенды, привести их в порядок;
- ◆ убрать посторонние предметы, освободить подходы к стендам;
- ◆ проверить наличие аптечки и необходимых медикаментов в ней;
- ◆ подготовить нужные реагенты и реактивы, посуду для опытов (проведение работ с химическими веществами в лабораториях, не оборудованных общеобменной вентиляцией, запрещается); помимо общеобменной вентиляции, лаборатории оборудуются отдельными (автономными) вентиляционными устройствами (системами местных отсосов) для удаления воздуха из вытяжных шкафов.

Все работы в лаборатории должны проводиться при исправном состоянии электрооборудования, арматуры, электропроводки и защитного заземления (зануления).

Обнаруженные нарушения требований по охране труда должны быть устранены лаборантом до начала работ.

Во время выполнения лабораторных работ *студент обязан:*

- ◆ выполнять требования охраны труда и пожарной безопасности, знать сигналы оповещения о пожаре, порядок действий при пожаре, место расположения средств пожаротушения и уметь пользоваться ими;
- ◆ знать приемы оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях;

◆ знать место расположения аптечки первой медицинской помощи и уметь применять содержащиеся в ней лекарственные средства и изделия медицинского назначения;

◆ извещать преподавателя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, замеченных неисправностях оборудования, инструмента и средств защиты или их отсутствии и до их устранения к работе не приступать;

◆ сообщать преподавателю об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого заболевания;

◆ соблюдать правила личной гигиены.

◆ содержать в порядке и чистоте свое рабочее место при выполнении лабораторных работ;

◆ быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;

◆ соблюдать правила работы с используемыми приборами, оборудованием, химическими реагентами.

Не допускается:

◆ хранить реактивы в посуде, применяющейся для содержания пищевых продуктов (посуда, в которой сохраняются реактивы, должна иметь отличительные признаки и обязательные надписи);

◆ брать реактивы руками;

◆ пить, есть в лаборатории;

◆ пробовать реактивы на вкус (при определении запаха воздух с парами следует подносить к носу взмахом ладони);

◆ самовольно включать установки, работать с химическими реагентами;

◆ переносить без разрешения преподавателя (инженера) приборы, оборудование, химические растворы с одного места на другое;

◆ заходить в лабораторию и находиться в ней в верхней одежде;

◆ ходить по лаборатории без дела и отвлекаться в период проведения занятий;

◆ при возникновении признаков неисправности лабораторной установки, а также при всяких затруднениях в работе немедленно обращаться к преподавателю.

После выполнения работы необходимо:

◆ привести рабочее место в порядок и приступить к обработке результатов, полученных в процессе проведения опыта;

◆ убрать химические реагенты в вытяжной шкаф, стеклянную посуду в шкаф для ее хранения (должен лаборант).

1.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении лабораторных работ по курсам «Водоподготовка и водно-химические режимы (ВХР) ТЭС», «Водоподготовка и ВХР АЭС», «Водоподготовка и ВХР котельных», студентам приходится встречаться с рядом высокотоксичных химических веществ, обращение с которыми требует строгого соблюдения определенных правил. Ниже приведены характеристики наиболее часто используемых химических реагентов, в том числе сведения, касающиеся охраны труда.

Аммиак водный технический NH_4OH . Аммиак в виде концентрированного водного раствора содержит 22–25 % NH_3 (плотность 0,9 г/см³ при 15 °С). Водный раствор обладает сильными щелочными свойствами. Значение pH 1 %-го раствора аммиака составляет 11,7.

Водные растворы аммиака могут вызвать отравление организма. При вдыхании воздуха, содержащего 5 % аммиака, начинается резкое удушье, слезотечение, боль в глазах, сильные приступы кашля, головокружение, боль в желудке, рвота. При высокой концентрации аммиак может вызвать ожоги слизистой оболочки глаз и привести к слепоте.

Едкий натр NaOH . Едкий натр – белое, непрозрачное, очень гигроскопичное вещество. Сильное основание. Значение pH 1 %-го водного раствора равно 13. Как твердое вещество, так и концентрированные его растворы вызывают очень сильные ожоги кожи. Попадание щелочи в глаза может привести к тяжелым заболеваниям и даже к потере зрения.

Серная кислота H_2SO_4 . *Химически чистая серная кислота* представляет собой бесцветную маслянистую жидкость, застывающую в кристаллическую массу при 10 °С.

Техническая концентрированная серная кислота имеет плотность 1,84 г/см³ и содержит около 98 % H_2SO_4 ; с водой смешивается в любых пропорциях с выделением большого количества теплоты. Поэтому во избежание разбрызгивания *следует кислоту лить в воду, а не наоборот.*

Серная кислота при попадании на кожу вызывает сильные ожоги, весьма болезненные и трудно поддающиеся лечению.

При вдыхании паров серной кислоты раздражаются и прижигаются слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Попадание крепкой серной кислоты в глаза грозит потерей зрения. При работе с ней необходима особая осторожность.

Соляная кислота HCl. Химически чистая соляная кислота – бесцветная жидкость плотностью 1,19 г/см³, содержит около 37 % хлористого водорода, на воздухе «дымит».

Соляная («дымящаяся») кислота имеет душливый запах и при вдыхании оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, вызывает кашель, першение в горле и хрипоту. При длительном действии на кожу приводит к ожогам третьей степени.

Техническая соляная кислота – жидкость желтого цвета с душливым запахом, содержит 27,5 % хлористого водорода.

Соляная ингибированная кислота представляет собой темно-коричневую жидкость плотностью 1,1–1,12 г/см³, она не дымит. Физиологическое действие на организм человека технической и ингибированной кислот такое же, как и химически чистой кислоты.

Полиакриламид ПАА. Полиакриламид – желеобразное вещество. Температура его размягчения 180 °С. Он растворяется в воде. Малотоксичен. При нагревании полиакриламида выше 100 °С выделяется аммиак.

Трилон Б. Трилон Б – белый кристаллический порошок. Растворимость его в воде составляет 10 % (при 20 °С).

Заметного негативного воздействия на организм человека трилон Б не оказывает.

Гидразингидрат N₂H₄H₂O. Гидразингидрат – бесцветная жидкость, по запаху напоминающая аммиак. Легко воспламеняется. Ядовит. Гидразингидрат хорошо растворим в воде и спиртах. Температура кипения его 118,5, замерзания – (–51,7), вспышки – 73 °С. Плотность гидразингидрата – 1,03 г/см³, относительная молекулярная масса – 50.

Гидразингидрат – сильный восстановитель. В смеси с кислородом взрывоопасен. При контакте с оксидами некоторых металлов, асбестом или активированным углем возможно его самовозгорание.

Токсичен при различных путях поступления в организм и на кожу.

Попадание соединений гидразингидрата в организм человека вызывает изменения в печени и в крови. Пары гидразингидрата и пыль его солей действуют на слизистые оболочки дыхательных путей и глаз.

Воздействие растворов гидразина на кожу в зависимости от индивидуальной восприимчивости может привести к дерматитам.

1.3. ХРАНЕНИЕ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

В учебной лаборатории опасные химические реагенты (NaOH, NH₄OH, H₂SO₄, HCl в концентрированном виде), а также упаковки с фиксаналями реагентов должны храниться в количестве не более 1 л (1 кг) в недоступном месте, например в сейфе.

Не допускается участие студентов в приготовлении рабочих растворов химических реагентов из концентрированных растворов.

Приготовленные рабочие растворы указанных реагентов хранятся в вытяжном шкафу.

Для приготовления растворов серной кислоты ее необходимо подливать в воду тонкой струей при непрерывном перемешивании, так как разбавление кислоты сопровождается выделением тепла с последующим разбрызгиванием кислоты. Лить воду в серную кислоту запрещается.

Посуда, применяемая для приготовления раствора, должна быть из термостойкого стекла.

На всех склянках с реактивами необходимо иметь надписи с названием реактива. Хранить в рабочих помещениях какие-либо неизвестные вещества запрещается.

Сливать отработанные растворы вредных веществ можно только после их предварительной нейтрализации.

Убирать разлитые растворы вредных веществ надо только после предварительной нейтрализации.

Запрещается пользоваться стеклянной посудой, имеющей надколы, трещины, острые края.

В лаборатории, где проводятся работы с кислотами и щелочами, должны быть:

- 1) водопровод;
- 2) 0,5 %-ные и 2 %-ные растворы пищевой соды;
- 3) 1 %-ный раствор уксусной кислоты и 2 %-ный раствор борной кислоты;
- 4) вазелин.

1.4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

При возникновении ситуаций, которые могут привести к аварии или несчастным случаям, немедленно прекратить проведение лабораторных работ.

Первая помощь при несчастных случаях в процессе работы с химическими реагентами:

Происшествие	Первая помощь
Попадание едких веществ на кожу	Снять ветошью и промыть большим количеством воды, нейтрализовать 2 %-ным раствором питьевой соды
Попадание едких веществ в глаза	Промыть большим количеством воды, нейтрализовать: <ul style="list-style-type: none"> ◆ при попадании кислот – 0,5 %-ным раствором питьевой соды; ◆ при попадании щелочи – 0,5 %-ным раствором лимонной кислоты
Попадание едких веществ в рот	При попадании кислот: пить кашицу из окиси магния. При попадании щелочи: пить раствор лимонной кислоты или очень разбавленный раствор уксусной кислоты
Отравление твердыми или жидкими веществами	Вызвать рвоту, например 1 %-ным раствором сульфата меди
Отравление газами	Пострадавшего немедленно вывести на свежий воздух
Ожоги	Волдыри от ожогов не вскрывать!

В случае проливания *кислоты* внутри помещения на пол, ее следует нейтрализовать (содой или негашеной известью), а затем смыть водой. Одежду, залитую кислотой, следует в начале обмыть обильной струей воды, а затем нейтрализовать слабым 2–3 %-ным раствором соды, после чего снова промыть водой.

При попадании *на тело крепкой кислоты*, особенно серной, надо немедленно снять ее сухой тряпкой или ватой, а затем промыть пораженное место водой или лучше 2 %-ным раствором бикарбоната натрия и немедленно обратиться в пункт первой медицинской помощи.

При попадании брызг *крепкой кислоты в глаза*, их надо промыть большим количеством воды, а затем 0,5 %-ным раствором бикарбоната натрия и немедленно обратиться в пункт первой медицинской помощи.

При раскалывании крупных кусков каустика (NaOH) необходимо обернуть их тканью или мешковиной для предотвращения разлетающихся мелких кусков.

При попадании *на тело или в глаза щелочи* пользуются соответственно 1 %-ным раствором уксусной кислоты и 2 %-ным раствором борной кислоты.

1.5. НЕОБХОДИМЫЕ РЕАГЕНТЫ И ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ

В лабораторных работах, представленных в настоящем практикуме, для выполнения химических анализов применяются водные и спиртовые растворы индикаторов, растворы кислот, щелочей, солей.

Растворы приготавливают из жидких и твердых химических веществ, используя при этом мерную химическую посуду: цилиндры, мерные стаканы, колбы, бюретки, пипетки и др.

Взвешивание твердых химических веществ производится на аналитических весах.

Для приготовления растворов и разбавления исследуемых проб воды необходим высококачественный дистиллят, не содержащий даже следов ионов меди. Рекомендуется пользоваться дистиллированной водой, пропущенной через Н-катионитовый фильтр.

Качество дистиллированной воды испытывают следующим образом: к 100 мл дистиллята прибавляют 1 мл аммиачного буферного раствора и 5–7 капель индикатора кислотного хром-темносинего. Голубая с сиреневым оттенком окраска раствора указывает на чистоту воды.

Приготовление растворов кислот и щелочей. Для титрования пробы при определении щелочности и кислотности воды применяют нормальные растворы, в основном сантинормальные 0,01 н и децинормальные 0,1 н.

Для определения *кислотности* используются 0,01 н и 0,1 н растворы едкого натра NaOH, а для определения *щелочности* – 0,01 н и 0,1 н растворы соляной кислоты HCl.

Растворы такой концентрации удобно приготовить из *фиксаналов* (стандартного раствора). Для этого содержимое одной ампулы соответствующей концентрации выливается в мерную посуду (цилиндр или колбу) и доводится до 1 дм³ дистиллированной водой.

Менее концентрированные растворы могут быть приготовлены из более концентрированных путем разбавления их дистиллированной водой.

При пользовании фиксаналами поправочный коэффициент нормальности равен 1.

Приготовление раствора трилона Б. Трилон Б – двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, образует растворимые в воде комплексные соединения с катионами металлов.

Для титрования при определении жесткости воды, содержания в ней катионов кальция и магния используют нормальные растворы трилона Б – в основном 0,01 н и 0,1 н концентраций.

Растворы такой концентрации готовят также из фиксаналов. Методика приготовления изложена выше.

Приготовление аммиачного буферного раствора. На аналитических весах взвешивают 20 г хлористого аммония (х.ч.), растворяют в дистиллированной воде, добавляют 100 мл 25 %-ного раствора аммиака и доводят до 1 дм³ дистиллированной водой.

Приготовление раствора натрия сернистого. Раствор натрия сернистого (сульфида натрия) концентрацией 2–5 % используется для определения жесткости воды в присутствии ионов меди.

Для приготовления 2–5 %-ного раствора растворяют 2–5 г сульфида натрия Na₂SO₃ в 100 мл дистиллированной воды.

Раствор хранят в склянке, покрытой парафином, или в сосуде из плексигласа. Раствор готовят на срок использования не свыше 2 недель.

Расчет и приготовление рабочего раствора коагулянта оксихлорида алюминия(ОХА). Расчет концентрации рабочего раствора, %:

◆ по товарному продукту:

$$k_T = ((v_T \cdot \rho_T) / (v_p \rho_B)) \cdot 100, \quad (1.1)$$

где v_T – объем товарного продукта, взятый для приготовления рабочего раствора, мл; v_p – объем приготовленного рабочего раствора, мл; ρ_T, ρ_B – плотности товарного продукта и воды, кг/дм³;

◆ по Al₂O₃:

$$k_A = (k_T \cdot c_K) / 100, \quad (1.2)$$

где k_T – концентрация рабочего раствора по товарному продукту; c_K – содержание Al₂O₃ в товарном продукте, %.

Пример расчета:

Для приготовления 1 дм³ рабочего раствора 20 мл товарного продукта перенести в колбу вместимостью 1 дм³ и долить до контрольной отметки дистиллированной водой. В таком растворе, согласно (1.1) и (1.2), содержится $k_T = ((20 \cdot \rho_T) / (1000 \cdot 1)) \times 100 = 2\rho_T$, %, товарного продукта, или $k_A = (2\rho_T \cdot c_K) / 100$, % Al₂O₃.

При $\rho_T = 1,27$ кг/дм³ и $c_K = 10$ %

$$k_T = 2,5 \text{ \%}; k_A = 0,25 \text{ \%}.$$

Таким образом, в 1 мл приготовленного рабочего раствора содержится 25 мг товарного продукта или 2,5 мг действующего вещества, в пересчете на Al_2O_3 .

Приготовление растворов индикаторов. Индикаторы – вещества, обладающие способностью резко изменять окраску тестируемого раствора при достижении эквивалентности соотношения реагирующих веществ.

При проведении объемно-аналитических анализов наиболее часто используют следующие индикаторы: фенолфталеин, метиловый оранжевый, хромоген черный или смешанный индикатор, хромоген темно-синий, мурексид.

При приготовлении индикаторов необходимое их количество взвешивают на аналитических весах.

◆ *1 %-ный спиртовой раствор фенолфталеина:*

взвешивают 1 г фенолфталеина, помещают в мерную посуду и доводят до 100 мл этиловым спиртом;

◆ *0,1 %-ный водный раствор метилового оранжевого:*

взвешивают 0,1 г метилового оранжевого, помещают в мерную посуду и доводят до 100 мл дистиллированной водой;

◆ *смешанный индикатор (используется при искусственном освещении):*

взвешивают 0,125 г метилроута и растворяют в 50 мл спирта; 0,085 г метиленового голубого также растворяют в 50 мл спирта. Затем оба раствора соединяют;

◆ *хромоген черный, хромоген темно-синий.*

0,5 г одного из индикаторов растворяют в 20 мл аммиачного буферного раствора и доводят до 100 мл этиловым спиртом. Раствор хромогена черного следует готовить на срок, не превышающий 10 сут;

◆ *мурексид (пурпуреат аммония):*

0,03 г индикатора растворяют в 10 мл дистиллированной воды. Раствор сохраняют в темном месте и готовят на срок до 4 дней.

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОХРАНА ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	5
1.1. Общие требования.....	5
1.2. Характеристика основных химических веществ, применяемых при проведении лабораторных работ.....	7
1.3. Хранение кислот и щелочей.....	9
1.4. Требования по охране труда в аварийных ситуациях.....	9
1.5. Необходимые реагенты и приготовление растворов.....	11
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЭС И АЭС». ЧАСТЬ I. ВОДОПОДГОТОВКА	14
Тема 1. Показатели качества природных и технологических вод ..	14
<i>Лабораторная работа 1.</i> Определение содержания взвешенных веществ в воде.....	23
<i>Лабораторная работа 2.</i> Определение сухого и плотного остатков воды.....	25
<i>Лабораторная работа 3.</i> Определение кислотности воды.....	27
<i>Лабораторная работа 4.</i> Определение щелочности природной и технической воды.....	29
<i>Лабораторная работа 5.</i> Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом.....	33
<i>Лабораторная работа 6.</i> Определение кальциевой жесткости воды трилонометрическим методом.....	37
Тема 2. Процессы предварительной очистки воды на ВПУ.....	39
<i>Лабораторная работа 7.</i> Определение оптимальной дозы коагулянта при обработке воды.....	50
<i>Лабораторная работа 8.</i> Умягчение воды методом осаждения накипеобразователей.....	53
Тема 3. Процессы обработки воды методами ионного обмена.....	56
<i>Лабораторная работа 9.</i> Умягчение воды методом натрий-катионирования.....	66

<i>Лабораторная работа 10. Обессоливание воды методом ионного обмена</i>	70
--	----

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЭС И АЭС». ЧАСТЬ II. ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЭС И АЭС

	77
--	----

Тема 4. Образование отложений на поверхностях нагрева ТЭО ТЭС и АЭС. Организация контроля за отложениями.	77
---	----

<i>Лабораторная работа 11. Определение величины присоса охлаждающей воды в конденсатор турбины</i>	82
--	----

<i>Лабораторная работа 12. Контроль состояния проточной части турбин и поверхностей нагрева парогенераторов ТЭС и АЭС.</i>	87
--	----

<i>Лабораторная работа 13. Определение степени загрязненности экранных труб котла</i>	92
---	----

Тема 5. Коррозия теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС.	94
---	----

<i>Лабораторная работа 14. Определение концентрации свободной угольной кислоты в воде</i>	102
---	-----

<i>Лабораторная работа 15. Определение скорости коррозии металла энергетического оборудования</i>	105
---	-----

<i>Лабораторная работа 16. Сепаратор SPIROVENT AIR&DIRT</i>	112
---	-----

Тема 6. Задачи организации ВХР ТЭС и АЭС	116
--	-----

<i>Лабораторная работа 17. Водно-химический режим паротурбинной установки с котлом барабанного типа</i>	120
---	-----

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Показатели качества воды некоторых поверхностных источников водоснабжения	126
--	-----

2. Противоточные технологии очистки воды	128
--	-----

3. Технологические схемы умягчения воды и области их применения.	133
--	-----

4. Технологические схемы химического обессоливания воды	137
---	-----

5. Компоновка оборудования ВПУ	139
--	-----

6. Характеристика материалов, применяемых для изготовления трубок энергетических теплообменных аппаратов	142
7. Характеристика основных видов коррозии металла парогенераторов	144
8. Выписка из «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», 2003 г.	146
9. Данные по переводу единиц энергии, теплоты, жесткости, плотности, объема, длин, температуры и массы	151
ЛИТЕРАТУРА	156

Учебное издание

Чиж Валентина Александровна
Карницкий Николай Барисович
Криксина Екатерина Николаевна
Нерезько Андрей Викторович

ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЭС И АЭС

Лабораторный практикум

Учебное пособие

Редактор *А.В. Новикова.*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько.*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич.*
Корректор *Н.Г. Баранова.*
Компьютерная верстка *Д.И. Дыбовский.*

Подписано в печать 26.05.2012. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 8,4.
Уч.-изд. л. 9,04. Тираж 400 экз. Заказ 1497.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».
ЛИ № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: info@vshph.com <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».
ЛП № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.