ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59961— 2021

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксплуатационная и предпусковая пароводокислородная очистка, пассивация и консервация внутренних поверхностей нагрева. Правила проведения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2021 г. № 1829-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Основные положения 3
5 Принципиальные схемы предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации . . 3
5.1 Принципиальная схема предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации энергоблока с прямоточным котлом 3
5.2 Принципиальная схема предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации энергоблока с барабанным котлом 5
6 Подготовительные работы для предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации 7
7 Технологические операции при проведении предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации 7
7.1 Технологические операции при предпусковой пароводокислородной очистке, пассивации и консервации прямоточного котла 7
7.2 Технологические операции при предпусковой пароводокислородной очистке, пассивации и консервации барабанного котла 9
8 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация теплоэнергетического оборудования 10
8.1 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация прямоточных котлов 10
8.2 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация барабанных котлов 11
8.3 Парокислородная очистка, пассивация и консервация наружной поверхности подогревателей высокого давления 11
9 Подготовительные работы при эксплуатационной пароводокислородной очистке, пассивации и консервации 11
10 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации 12
10.1 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации прямоточного котла 12
10.2 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации барабанного котла 13
11 Техника безопасности при проведении пароводокислородной обработки 15
11.1 Организация работ по технике безопасности 15
11.2 Техника безопасности при устройстве и эксплуатации кислородного оборудования для проведения пароводокислородной обработки 15
Приложение А (рекомендуемое) Экспресс-метод проверки защитных свойств оксидных пленок 17
Приложение Б (рекомендуемое) Методика определения концентрации кислорода в перегретом паре, пароводяной смеси и воде 18
Библиография 19

Введение

Настоящий стандарт базируется на применении международных, национальных стандартов, стандартов организаций и нормативных документов федеральных органов исполнительной власти, устанавливающих требования к организационным принципам, техническим характеристикам и порядку действий персонала при эксплуатации и техническом обслуживании паросилового оборудования тепловых электрических станций.

Настоящий стандарт предлагает единые правила проведения пароводокислородной очистки, пассивации и консервации и распространяется на пароводяной тракт котлов, подогреватели высокого давления и паропроводы. В процессе эксплуатации котельных агрегатов на поверхностях нагрева образуются различные отложения. Они включают в себя железоокисные, железофосфатные, железосиликатные, медные, кальциево-фосфатные отложения и другие их композиции. При проведении окислительной обработки необходимо учитывать структуру и состав отложений, т. к. каждый вид требует применения разных схемных и технологических решений для их удаления.

В настоящем стандарте приведены обобщающие материалы по применению метода пароводокислородной очистки, пассивации и консервации для эксплуатационной и предпусковой очистки и консервации, учитывающие все разнообразие видов отложений и оборудования.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксплуатационная и предпусковая пароводокислородная очистка, пассивация и консервация внутренних поверхностей нагрева. Правила проведения

United power system and isolated power systems. Thermal power plants. Heat-power equipment. Operational and pre-start steam-oxygen treatment, passivation and conservation of the internal heating surfaces of power equipment. Rules for conducting

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет условия очистки, пассивации и консервации теплоэнергетического оборудования тепловых электростанций в процессе пуска и эксплуатации.

Стандарт распространяется на котлоагрегаты, работающие с давлением пара 3,825 МПа и выше.

1.2 Настоящий стандарт предназначен для применения проектными организациями, разработчиками и поставщиками котлотурбинного оборудования, монтажными и наладочными организациями, научно-исследовательскими организациями, управленческим и эксплуатационным персоналом тепловых электрических станций, и другими субъектами хозяйственной деятельности на территории Российской Федерации, которые участвуют в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта теплоэнергетического оборудования тепловых электрических станций.

1.3 Настоящий стандарт не ограничивает применение альтернативных способов очистки, пассивации и консервации поверхностей нагрева.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.103 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита металлов и изделий. Термины и определения

ГОСТ 12.2.052 Система стандартов безопасности труда. Оборудование, работающее с газообразным кислородом. Общие требования безопасности

ГОСТ 5632 Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 6331 Кислород жидкий технический и медицинский. Технические условия

ГОСТ 23172 Котлы стационарные. Термины и определения

ГОСТ 23269 Турбины стационарные паровые. Термины и определения

ГОСТ 26691 Теплоэнергетика. Термины и определения

ГОСТ ISO 17769-1 Насосы жидкостные и установки. Основные термины, определения, количественные величины, буквенные обозначения и единицы измерения. Часть 1. Жидкостные насосы

СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03—2003 Защита от шума»

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 9.103, ГОСТ ISO 17769-1, ГОСТ 23172, ГОСТ 23269, ГОСТ 26691, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **консервация:** Осуществление временной противокоррозионной защиты внутренних поверхностей нагрева котла, подогревателя высокого давления и паропроводов по установленной технологии.

3.1.2 **пароводокислородная очистка:** Технология очистки металла внутренних поверхностей нагрева котла, подогревателя высокого давления и паропроводов.

3.1.3 **пассивация:** Уменьшение скорости коррозии внутренних поверхностей нагрева котла вследствие торможения анодной реакции ионизации металла при образовании на его поверхности фазовых или адсорбционных слоев.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие о сокращения и бозначения:

БОУ — блочная обессоливающая установка;

ВЗ — встроенная задвижка;

ВС — встроенный сепаратор;

ГП — главный паропровод;

ГПП — паропровод горячего промежуточного перегрева;

Др — дроссельный клапан;

КПП — конвективный пароперегреватель;

КПП ВД — конвективный пароперегреватель высокого давления;

КПП НД — конвективный пароперегреватель низкого давления;

КЭН — конденсатный электронасос;

НРЧ, ВРЧ и СРЧ — нижняя, верхняя и средняя радиационные части;

ПВД — подогреватель высокого давления;

ПВКО, П и К — пароводокислородная очистка, пассивация и консервация;

ППП — промежуточный пароперегреватель;

ПСБУ — пускосбросное быстродействующее устройство;

ПЭН — питательный электронасос;

РС — растопочный сепаратор;

ТЭС — тепловая электрическая станция;

ХПП — паропровод холодного промежуточного перегрева;

ЦВД — цилиндр высокого давления;

ЦСД — цилиндр среднего давления;

ЦНД — цилиндр низкого давления;

ШПП — ширмовый пароперегреватель;

DN — номинальный диаметр;

pH — водородный показатель.

4 Основные положения

4.1 Количество отложений на внутренней поверхности труб теплоэнергетического оборудования ТЭС определяет выбор схемы и технологию очистки.

При значительном количестве отложений (более 400 г/м^2 в газомазутных и более 600 г/м^2 в пылеугольных котлах) возможно применение комбинированных методов очистки, пассивации и консервации. В качестве первой стадии обработки может быть использована кислотная отмывка, второй (основной) — ПВКО, П и К либо иные альтернативные методы очистки, пассивации и консервации.

В ряде случаев при отложениях более 400 г/м^2 для газомазутных и 600 г/м^2 для пылеугольных котлов по согласованию с владельцем оборудования или эксплуатирующей организацией может быть применена только ПВКО, П и К без предварительной обработки кислотой. В этом случае очистку считают профилактической, предназначенной для снижения температуры стенок экранных труб барабанных котлов, в случаях с прямоточными блоками сверхкритического давления пара — для снижения температуры стенок труб в НРЧ.

4.2 Срок консервации (длительный простой) оборудования после ПВКО, П и К составляет три года в случае останова оборудования без заполнения водой («сухом» останове). Контроль за состоянием внутренних поверхностей нагрева в данном случае осуществляется по вырезанным штатным образцам путем их осмотра и определения коррозионной стойкости защитной пленки.

По результатам исследования образцов с поверхностей нагрева котла в случае, если коррозионная стойкость защитной пленки составляет не менее 2–5 мин, возможно увеличение срока консервации.

4.3 Качество пароводокислородной обработки оценивают по количеству оставшихся отложений, коррозионной стойкости образовавшихся оксидных пленок и показателям водно-химического режима после ввода котла в эксплуатацию.

Оставшееся количество отложений после предпусковой ПВКО, П и К должно составлять не более 150—170 г/м^2.

Качество эксплуатационной ПВКО, П и К считается удовлетворительным при удалении не менее 30 % отложений с очищаемой поверхности.

Экспресс-метод проверки защитных свойств оксидных пленок приведен в приложении А.

4.4 В эксплуатационных условиях для исключения накопления на поверхностях нагрева котла отложений более 400 г/м^2 для газомазутных и 600 г/м^2 для пылеугольных котлов целесообразно периодически с интервалом от двух до четырех лет проводить пароводокислородную обработку по принятой на ТЭС схеме.

4.5 После проведения ПВКО, ПиК составляется акт о выполнении работ.

5 Принципиальные схемы предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации

5.1 Принципиальная схема предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации энергоблока с прямоточным котлом

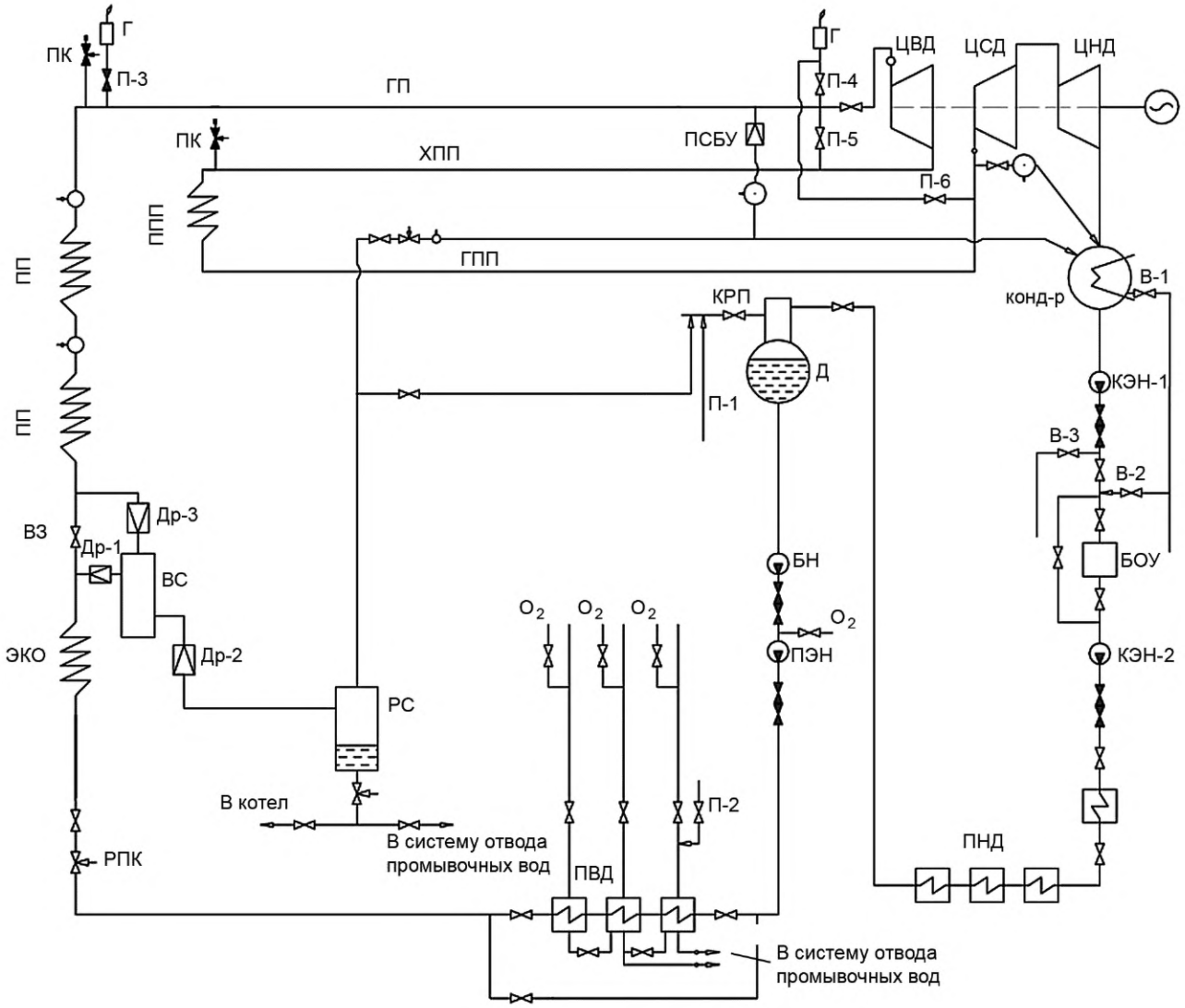
5.1.1 Для проведения предпусковой ПВКО, П и К энергоблоков с прямоточными котлами применяют принципиальную технологическую схему, приведенную на рисунке 1.

Для возможности полного размыкания цикла при обработке предусматривают трубопроводы сброса воды с нагнетания КЭН в систему отведения промывочных вод (через В-3) и подпитки перед БОУ (через В-2).

5.1.2 Для подогрева питательной воды, обеспечивающего окислительную обработку водяного тракта ПВД, экономайзера и тракта до ВЗ котла, необходим подвод стороннего пара в деаэратор (через П-1) и ПВД (через П-2).

Сечение трубопроводов подвода пара к деаэратору и ПВД принимают исходя из обеспечения температуры воды за ПВД от 200 °С до 250 °С.

5.1.3 Для обработки пароводяного тракта до ВЗ изменений в штатной (эксплуатационной) схеме тракта не требуется. При необходимости должен быть обеспечен сброс воды в ВС с требуемым количеством воды.



КЭН-1, КЭН-2 — конденсатные электронасосы первой и второй ступени; БОУ — блочная обессоливающая установка; В-1, В-2, В-3 — водяные задвижки; БН — бустерный насос; ПЭН — питательный электронасос; ПВД, ПНД — подогреватели высокого, низкого давления; конд-р — конденсатор; РПК — регулятор питания котла; ЭКО — экономайзерные поверхности нагрева; ВЗ — встроенные задвижки; Др-1, Др-2, Др-3 — дроссельные клапаны; ВС — встроенный сепаратор; РС — растопочный сепаратор; ПП — пароперегревательные поверхности; ППП — промежуточный пароперегреватель; ПК — предохранительные клапаны; П-1–П-6 — паровые задвижки; Г — выхлоп в атмосферу; ГП — главный паропровод; ХПП — паропровод холодного промежуточного перегрева; ГПП — паропровод горячего промежуточного перегрева; ПСБУ — пускосбросное быстродействующее устройство; Д — деаэратор; КРП — клапан регулятора пара; ЦВД, ЦСД, ЦНД — цилиндры высокого, среднего и низкого давления турбины; O_2 — точки подвода газообразного кислорода

Рисунок 1 — Принципиальная схема предпусковой ПВКО, П и К энергоблока с прямоточным котлом

5.1.4 Для обработки перегревательного тракта за ВЗ собственным паром необходимо создание массовых скоростей движения пара в трубах порядка 800 кг/м^{2}с.

При растопке котла с паропроизводительностью 30 % номинальной это, как правило, невозможно. С учетом этого обстоятельства аналогично предпусковой продувке паропроводов требуется снижение давления пара до значения, при котором динамический напор потока пара не ниже 0,1 МПа.

Для обеспечения требуемого давления в пароперегревателе целесообразно дополнительно к сбросному трубопроводу в атмосферу с задвижкой П-4, присоединяемому, как правило, при вводе блока в эксплуатацию к паропроводу вблизи турбины, предусмотреть непосредственно за котлом сброс с задвижкой П-3.

Количество и сечения сбросов выбирают с учетом числа потоков в котле, ниток паропроводов и схемы энергоблока (моноблок, дубль-блок) на основе вариантных гидравлических расчетов всей си-

стемы от первой перегревательной поверхности за ВЗ до сбросного трубопровода в атмосферу перед турбиной.

5.1.5 Для обработки промежуточного перегревателя котла выполняют временные трубопроводы с задвижками П-5 и П-6. Первый из них предусматривают для перепуска собственного пара из ГП в ХПП; второй — для сброса пара в атмосферу из паропровода перед ЦСД турбины.

С учетом относительно небольшого гидравлического сопротивления ГПП и ППП дополнительный сброс в атмосферу из паропровода непосредственно за ППП не требуется.

Учитывая низкие скорости пара в ППП при расходе пара 30 % номинального значения, требуемый динамический напор не обеспечивается. Поэтому необходимо разделение ППП на отдельные потоки (путем установки временных задвижек, заглушек байпасных клапанов и т. п.) с обеспечением их поочередной продувки полным растопочным расходом пара. Выбор количества и сечения временных сбросных трубопроводов и других элементов схемы также выполняют на основе гидравлических расчетов.

При двухбайпасной пусковой схеме временную перемычку с задвижкой П-5 можно не выполнять, установив временную задвижку П-5 вместо клапана ПСБУ. Аналогичное решение может быть также принято в схеме, содержащей пускосбросное устройство собственных нужд для энергоблоков мощностью от 500 до 800 МВт.

5.1.6 Водяные временные трубопроводы должны быть выполнены на максимальное давление, развиваемое питательным насосом.

Временные трубопроводы подвода пара к деаэратору и ПВД должны быть выполнены на максимальное давление «стороннего» пара. Временные трубопроводы и задвижки П-3 — П-6 должны быть выполнены на параметры пара: давление 6,4 МПа, температура 450 °С.

На выхлопных трубопроводах в атмосферу, при наличии вблизи от электростанции жилых строений, должны быть установлены шумоглушители согласно СП 51.13330.2011.

5.1.7 В схеме должны быть предусмотрены трубопроводы подвода кислорода в питательную воду и в паропроводы отборов пара из турбины на ПВД. Для обеспечения требуемой растворимости кислорода в воде его подвод необходимо осуществлять в зону давлений не ниже 1,5 МПа (на нагнетание бустерных насосов, в промежуточную ступень основного питательного насоса и т. п.).

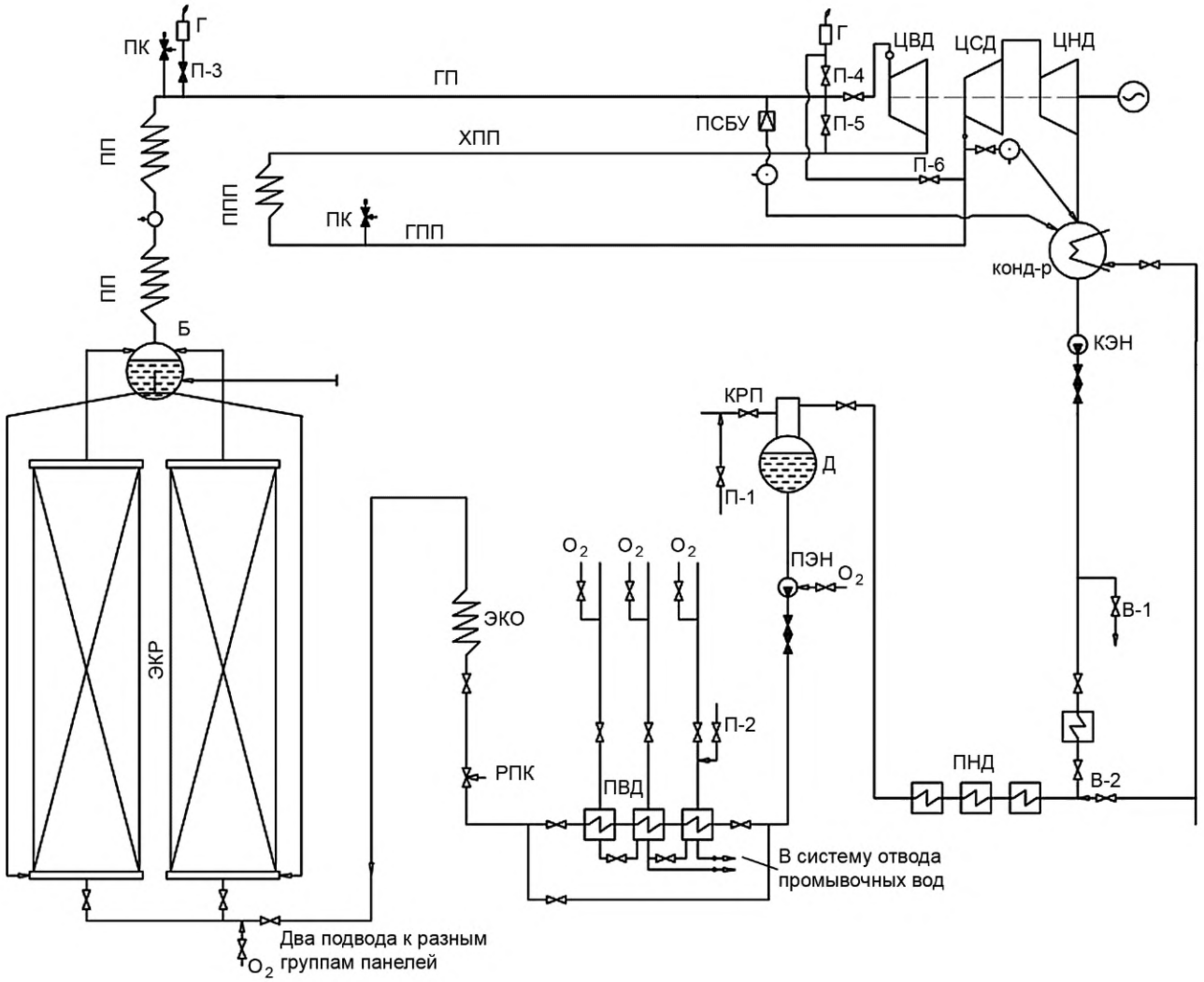
При рекомендуемой концентрации кислорода в питательной воде от 1,5 до 3,0 г/дм^3 снижение кислорода в котле незначительно и в паре на выходе из котла сохраняется практически та же концентрация. В ВС котла при образовании пароводяной смеси большая часть кислорода переходит в пар и отводится в пароперегреватель и последующий тракт.

5.1.8 Источником кислорода может быть стационарная реципиентная установка с газообразным кислородом, а также стационарная или передвижная установка с жидким кислородом.

Подводы кислорода должны быть выполнены трубами из аустенитной нержавеющей стали по ГОСТ 5632, рассчитанными на максимальное давление источника кислорода.

5.2 Принципиальная схема предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации энергоблока с барабанным котлом

5.2.1 Для проведения предпусковой ПВКО, П и К энергоблоков с барабанными котлами применяют принципиальную технологическую схему, приведенную на рисунке 2. Временные водяные и паровые трубопроводы предусматривают такие же, как в схеме с прямоточным котлом (см. рисунок 1), добавляется лишь трубопровод сброса воды после экономайзера, предназначенный для исключения заброса в барабан грата при скоростной водной промывке. Участок трубопровода между экономайзером и барабаном не монтируют, вместо него устанавливают сбросной трубопровод.



КЭН — конденсатный электронасос; конд-р — конденсатор; Б — барабан; КРП — клапан регулятора пара; В-1, В-2 — водяные задвижки; ПЭН — питательный электронасос; ПВД, ПНД — подогреватели высокого, низкого давления; РПК — регулятор питания котла; ЭКО — экономайзерные поверхности нагрева; ЭКР — экранные поверхности нагрева; ПП — пароперегревательные поверхности; ППП — промежуточный пароперегреватель; ПК — предохранительные клапаны; П-1, П-6 — паровые задвижки; Г — выхлоп в атмосферу; ГП — главный паропровод; ХПП — паропровод холодного промежуточного перегрева; ГПП — паропровод горячего промежуточного перегрева; ПСБУ — пускосбросное быстродействующее устройство; Д — деаэратор; ЦВД, ЦСД, ЦНД — цилиндры высокого, среднего и низкого давления турбины; O_2 — точки подвода газообразного кислорода

Рисунок 2 — Принципиальная схема предпусковой ПВКО, П и К энергоблока с барабанным котлом

При выборе места подпитки цикла, при наличии стальных охладителей эжекторов, следует учитывать необходимость пропуска конденсата через них при всех режимах, что позволит сохранить вакуум в конденсаторе.

В случаях, когда возможно, целесообразно увеличить сечение сбросных линий из нижних коллекторов экранов с целью обеспечения проведения предпусковых скоростных водных промывок секций экранов.

5.2.2 Дополнительно к подводу кислорода в промежуточную ступень питательного насоса предусматривают подводы кислорода к нижним коллекторам экранов. Подвод кислорода может выполняться в систему слива воды из нижних точек экранов. Подвод кислорода предусматривают исходя из обеспечения возможности продувки одной части экранов при окислительной обработке другой части.

6 Подготовительные работы для предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации

В состав подготовительных работ при проведении предпусковых ПВКО, П и К входят:

- вырезка образцов труб из поверхностей нагрева и определение количества и состава исходных отложений на внутренней поверхности;
- проведение расчетов и разработка схемы ПВКО, П и К с учетом конкретных характеристик оборудования и местных условий;
- разработка и согласование рабочей программы ПВКО, П и К;
- утверждение владельцем оборудования или эксплуатирующей организацией рабочей программы ПВКО, П и К;
- монтаж временных элементов схемы;
- монтаж линии подвода кислорода к энергоблоку (котлу, ПВД, питательному насосу);
- монтаж, проверка и наладка работы пробоотборных точек (по согласованию с организацией, проводящей обработку);
- обеспечение запаса обессоленной воды;
- обеспечение необходимого количества кислорода, соответствующего требованиям ГОСТ 6331;
- подготовка химической лаборатории для проведения анализов на содержание железа, меди, кремниевой кислоты, жесткости, значения pH, кислорода и фосфатов из штатных пробоотборных точек;
- обеспечение работы водоподготовительной установки на полную производительность;
- обеспечение возможности включения в работу БОУ;
- монтаж шумоглушителя на выхлопе пара в атмосферу согласно СП 51.13330.2011;
- водная промывка КЭН тракта низкого давления с дренированием деаэратора при работе питательного насоса на рециркуляцию (до прекращения забивания сеток на входе в ПЭН);
- очистка конденсатора и деаэратора от загрязнений;
- настройка предохранительных клапанов, предотвращающих недопустимое повышение давления во всех (в том числе временных) элементах схемы;
- выполнение мероприятий по технике безопасности.

7 Технологические операции при проведении предпусковой пароводокислородной очистки, пассивации и консервации

7.1 Технологические операции при предпусковой пароводокислородной очистке, пассивации и консервации прямоточного котла

7.1.1 Предпусковые ПВКО, П и К на прямоточном котле проводят по штатной технологической схеме котла при его растопке при нагрузке 30 % в несколько этапов:

- первый этап — скоростная водная промывка ПВД, питательного трубопровода и тракта котла до ВЗ;
- второй этап — «горячая» отмывка тракта котла до ВЗ;
- третий этап — пароводокислородная очистка котла и паропроводов;
- четвертый этап — переменный режим (выполняется в отдельных случаях);
- пятый этап — пароводокислородная пассивация тракта и скоростная паровая продувка пароперегревателя, ГП, ППП и ГПП.

7.1.2 При проведении ПВКО, П и К прямоточного котла осуществляют водокислородную обработку внутренних поверхностей ПВД (по водяной стороне), водяного экономайзера, НРЧ, ВРЧ, СРЧ до ВЗ и парокислородную обработку внутренних поверхностей пароперегревателей (ШПП, КПП) собственным паром с концентрацией кислорода от 1,5 до 3,0 г/дм^3 согласно принципиальной схеме, приведенной на рисунке 1.

ПВКО, П и К выполняют при отключенной турбине со сбросом пара в атмосферу или конденсатор.

7.1.3 Первый этап — скоростная водная промывка ПВД, питательного трубопровода и тракта котла до ВЗ, со сбросом воды из ВС в РС, а из последнего в систему отведения промывочных вод.

Подпитка энергоблока осуществляется в конденсатор (через В-1) и далее КЭН-1 и КЭН-2 в деаэратор. Промывку выполняют штатными насосами с расходом воды не менее номинального, с пропуском ее сначала через один поток тракта до ВЗ, до срабатывания воды в деаэраторе или при бездеаэраторной схеме в конденсаторе.

После повторного накопления воды производят скоростную промывку второго потока тракта до ВЗ. Продолжительность водной промывки определяется временем, необходимым для достижения осветленности отмывочной воды на сбросе, близкой к исходной. Содержание взвешенных веществ не должно превышать 100 мг/л.

7.1.4 Второй этап — «горячая» отмывка тракта котла до ВЗ — производится в соответствии с эксплуатационной инструкцией. После розжига горелок расход топлива устанавливают таким образом, чтобы обеспечить значения температуры среды перед ВЗ от 200 °С до 250 °С.

Промывку производят до стабилизации анализов сбросной среды и содержания железа в паре не более 50 мкг/дм^3.

7.1.5 Третий этап — пароводокислородная очистка котла и паропроводов.

При температуре воды перед ВЗ от 200 °С до 250 °С начинают дозировку кислорода, доводя его концентрацию до значения от 1,5 до 3,0 г/дм^3.

Дополнительно к подводу пара в деаэратор (через П-1) подводят пар в ПВД (через П-2), чтобы обеспечить повышение/поддержание температуры питательной воды до 200 °С — 250 °С для обработки водяного тракта ПВД, экономайзера и экранов НРЧ котла.

Расход питательной воды устанавливают, чтобы обеспечить скорость ее движения в трубах не более 1 м/с и не менее 0,5 м/с.

Расход топлива устанавливают, чтобы обеспечить повышение температуры среды перед ВЗ до 310 °С — 320 °С.

На котлах, не допускающих проведение растопки при скользящем давлении в топочных экранах, клапаном Др-1 давление в тракте перед ВЗ поддерживают на уровне, близком к рабочему. Вода из ВС сбрасывается в РС, оттуда пар подводится в деаэратор, а вода сбрасывается в систему отведения промывочных вод. Пар из ВС поступает в перегреватель и далее через ГП и перемычку с П-5 — в ХПП, а из ГПП — по штатной технологической схеме в конденсатор. Далее цикл размыкается через В-3 и подпитывается через В-2. Дозируется кислород в питательную воду с концентрацией от 1,5 до 3,0 г/дм^3.

Значения температуры пара за пароперегревателями первичного и промежуточного пара с помощью впрысков поддерживают в пределах от 300 °С до 400 °С.

Режим выдерживается до стабилизации химических показателей в сбросной среде:

- жесткость не более 5 мкг-экв/дм^3;
- содержание соединений железа не более 300 мкг/дм^3;
- содержание соединений кремния не более 300 мкг/дм^3.

7.1.6 Четвертый этап — переменный режим — выполняют в отдельных случаях.

Очистку проводят с переменными температурами среды. После прекращения выноса железа восстанавливается исходный режим. Изменения режима повторяют от 2 раз и более до стабилизации химических показателей в сбросной среде:

- жесткость не более 1 мкг-экв/дм^3;
- содержание железа не более 100 мкг/дм^3;
- содержание соединений кремния не более 100 мкг/дм^3.

7.1.7 Увеличением расхода топлива температуру перед ВЗ повышают до 340°С — 350 °С. Клапан Др-2 на сбросе среды из ВС полностью закрывается, вся пароводяная смесь из ВС направляется в пароперегреватели первичного и промежуточного пара. Контуры пароперегревательных поверхностей и ППП обрабатывают поочередно, путем переключения соответствующей арматуры.

7.1.8 Для интенсификации очистки всего тракта в некоторых случаях возможно снижение расхода топлива до 5 % — 7 % номинального значения и увеличение расхода питательной воды до 40 % — 50 % номинального значения. Одновременно открывается клапан на подводе среды к ВС и ВЗ.

Для увеличения глубины снижения давления следует открыть паровую задвижку П-3. В результате использования аккумулированного тепла при снижении давления тракт до ВЗ обрабатывают пароводяной смесью. Через 15—20 мин восстанавливается исходный режим.

Весь цикл переменных режимов может повторяться в зависимости от выноса железа в сбросной среде. Суммарная длительность очистки всего тракта котла, в зависимости от исходного количества отложений, должна составлять около 10 ч (без учета длительности переменных режимов).

7.1.9 Пятый этап — пароводокислородная пассивация тракта и скоростная паровая продувка пароперегревателя, ГП, ППП и ГПП.

Расход топлива увеличивают, чтобы обеспечить повышение температуры перед ВЗ до 380°С — 390 °С. Значения температуры пара в трактах пароперегревателей первичного и промежуточного пара устанавливают клапанами Др-2 и впрысков в пределах от 350 °С до 450 °С. Для максимального сни-

жения давления в пароперегревателе открывают все временные сбросные трубопроводы, штатные сбросные устройства, предохранительные клапаны свежего пара.

После выдержки режима в течение 1–2 ч для продувки ГП закрывают предохранительные клапаны за котлом и задвижку П-3 на временных выхлопных трубопроводах.

После выдержки в течение 15–20 мин закрывают задвижку П-4 на временном трубопроводе в конце ГП и штатные сбросные устройства. При этом весь пар направляется в ППП. Открывают предохранительные клапаны ГПП (при их наличии) и задвижку П-6 на временном трубопроводе сброса из ГПП в атмосферу (сбросы в конденсатор открыты в течение всего периода обработки). Потоки ППП продувают поочередно (каждый в течение не менее 1 ч) путем переключения соответствующей арматуры.

В заключительный период для продувки ГПП при номинальном давлении полным расходом закрывают предохранительные клапаны ГПП и пар пропускают одновременно через все потоки ППП в течение 30 мин.

Во время растопки котла должен быть строгий контроль за давлением пара, предельное значение которого не должно быть выше допускаемого временными элементами схемы. В случае его превышения необходимо немедленно погасить топку и отключить питательный насос.

В процессе всей обработки каждый час отбирают пробы из штатных пробоотборных точек для определения жесткости и содержания железа и кремниевой кислоты.

Кислород определяют каждые 30 мин при наладке дозирования, далее — каждый час.

Содержание железа в паре после обработки должно быть не более 50 мкг/дм^3.

После останова энергоблока демонтируют временные сбросные трубопроводы, монтируют штатную технологическую схему и вырезают образцы труб для сопоставления с исходными образцами.

Перед растопкой котла выполняют скоростную водную промывку тракта до ВЗ в соответствии с 7.1.3.

7.2 Технологические операции при предпусковой пароводокислородной очистке, пассивации и консервации барабанного котла

7.2.1 ПВКО, П и К выполняют по штатной технологической схеме котла при растопке до нагрузки 30 % номинального значения.

В качестве рабочей среды используют обессоленную воду.

Пароводокислородной обработке подвергают экранные поверхности котла, трубный пучок ПВД с внутренней стороны, водяной экономайзер. Пароперегреватель очищается и пассивируется собственным паром с кислородом. Концентрацию кислорода поддерживают на уровне от 2 до 15 г/дм^3.

7.2.2 ПВКО, П и К выполняют при отключенной турбине со сбросом пара в атмосферу. Если в схеме котла имеется ППП, он также подвергается пассивации с выхлопом пара в атмосферу или в конденсатор.

При сбросе пара в атмосферу для снижения шумового воздействия до нормативного значения устанавливают шумоглушитель согласно СП 51.13330.2011.

Конструкции выхлопных трубопроводов схемы очистки выполняют таким образом, чтобы выхлоп пара в атмосферу из любого продуваемого контура производился через общий выхлопной коллектор, на конце которого установлен шумоглушитель согласно СП 51.13330.2011.

7.2.3 Во время ПВКО, П и К корректирующие реагенты (фосфаты, гидразин, аммиак, аминосодержащие реагенты и т. п.) в котел не вводят.

7.2.4 Во время ПВКО, П и К продувка барабана производится через трубопроводы непрерывной продувки.

Периодическую продувку выполняют каждые 40—60 мин с необрабатываемых в настоящий момент контуров (поверхностей).

7.2.5 При обработке внутренних поверхностей ПВД и экономайзера кислород вводят в промежуточную ступень или на напор питательного насоса. Для обработки экранных поверхностей кислород вводят в общий коллектор нижних точек или опускные стояки. Одновременно с обработкой экономайзера и экранных поверхностей происходит парокислородная обработка пароперегревателя и ППП (при наличии).

7.2.6 Для исключения сброса монтажного грата в барабан промывку питательного тракта и экономайзера выполняют максимальным расходом с размыканием контура перед барабаном.

7.2.7 После монтажа штатного трубопровода между экономайзером и барабаном и демонтажа временного сбросного трубопровода выполняют скоростную промывку экранов.

7.2.8 ПВКО, П и К барабанного котла выполняют при температуре рабочей среды (котловая вода) не менее 250 °С.

Для подогрева питательной воды в деаэратор и ПВД подают сторонний пар (задвижки П-1 и П-2). При растопке котла временные сбросы сначала закрыты и используются штатные ПСБУ.

7.2.9 Исходя из особенностей конструкции котла и производительности источника газообразного кислорода котел разбивают на ряд контуров, которые обрабатывают поочередно:

- 1-й контур: трубопровод питательной воды, ПВД, водяной экономайзер, барабан, пароперегреватель, сброс в атмосферу;
- 2-й контур, левая половина котла: барабан, опускные трубы (опускной стояк), нижние коллекторы экранов левой половины, топка, экраны, барабан, пароперегреватель, сброс в атмосферу;
- 3-й контур, правая половина котла: барабан, опускные трубы (опускной стояк), нижние коллекторы экранов правой половины, топка, экраны, барабан, пароперегреватель, сброс в атмосферу.

Пароперегревательные поверхности в отдельный контур не выделяют. Их обрабатывают одновременно с обработкой водяного экономайзера и экранных поверхностей при температуре перегретого пара не более 420 °С.

Каждый контур подвергают пароводокислородной обработке в два этапа по 7—10 ч при давлении:

- 1-й этап: от 4 до 5 МПа;
- 2-й этап: от 7 до 8 МПа.

7.2.10 На заключительной стадии второго этапа ПВКО, П и К выполняют скоростную паровую продувку и пассивацию всех элементов пароперегревателя, ППП и ГП котла. При этом открывают все временные сбросные трубопроводы и предохранительные клапаны котла аналогично 7.1.9.

После проведения скоростных продувок последовательно закрывают сначала предохранительный клапан и временный сброс в атмосферу за котлом (П-3), затем сброс в атмосферу перед ЦВД турбины (П-4) со сбросом всего пара из ГПП через П-6 и по штатным элементам в конденсатор.

7.2.11 При содержании железа в котловой воде более 2000 мкг/дм^3 организуют дополнительный водообмен через аварийный слив барабана котла.

7.2.12 После ПВКО, П и К производят демонтаж временных элементов схемы и восстановление штатной технологической схемы котла.

8 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация теплоэнергетического оборудования

8.1 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация прямоточных котлов

8.1.1 При проведении эксплуатационной ПВКО, П и К прямоточных котлов водокислородной обработке подвергают внутренние поверхности ПВД (по водяной стороне), водяной экономайзер, НРЧ, ВРЧ, СРЧ до ВЗ, парокислородной обработке — внутренние поверхности пароперегревателей (ШПП, КПП).

8.1.2 При проведении эксплуатационной ПВКО, П и К прямоточных котлов турбина отключена, пар сбрасывается в атмосферу, в конденсатор и далее в систему отведения промывочных вод при нагрузке котла от 30 % до 40 %.

При использовании штатной эксплуатационной технологической схемы котла для проведения ПВКО, П и К дополнительно в схему должны быть включены трубопроводы (*DN* 20 — *DN* 40) для подвода кислорода от источника кислорода на вход питательного насоса при наличии бустерного насоса. При отсутствии бустерного насоса кислород подают на выходе питательного насоса.

8.1.3 В процессе растопки котла и при достижении температуры пара заданного (номинального) значения на выходе из парообразующего тракта до ВЗ на входе в питательный насос необходимо вводить кислород до достижения его содержания в питательной воде от 1,5 до 3,0 г/дм^3.

8.1.4 При обработке трубной системы ПВД, питательных трубопроводов, водяного и испарительного трактов прямоточного котла температура среды до ВЗ должна составлять от 350 °С до 400 °С, питательной воды — от 200 °С до 250 °С.

8.1.5 ПВКО, П и К пароперегревательных поверхностей выполняют собственным паром котла с кислородом. Динамический напор продувочной среды должен быть в 1,2 раза выше напора при работе котла на номинальных параметрах.

8.2 Эксплуатационная пароводокислородная очистка, пассивация и консервация барабанных котлов

8.2.1 При проведении эксплуатационной ПВКО, П и К барабанных котлов водокислородной обработке подвергают экранные поверхности котла, трубный пучок ПВД с внутренней стороны (при блочной схеме станции), водяной экономайзер. Пароперегреватель и паропровод очищаются и пассивируются смесью собственного пара с кислородом.

8.2.2 При проведении эксплуатационной ПВКО, П и К барабанных котлов турбина отключена, пар сбрасывается в атмосферу, в конденсатор и далее в систему отведения промывочных вод при нагрузке котла от 30 % до 40 %.

8.2.3 Все экранные поверхности разбивают на 2—4 контура, которые обрабатывают поочередно. В каждый контур входят один из боковых и фронтовой или задний экраны.

8.2.4 При использовании штатной эксплуатационной технологической схемы котла дополнительно в схему обработки включают трубопроводы (*DN* 20 — *DN* 40) для подвода кислорода от источника кислорода:

- на напор бустерного насоса для обработки водяного экономайзера котла или в питательный трубопровод за питательным насосом для обработки питательного тракта, внутренней поверхности системы ПВД, водяного экономайзера;
- в общий коллектор периодической продувки (коллектор нижних точек периодической продувки котла) или в опускные стояки при их наличии для обработки экранной системы котла.

8.2.5 Пароперегревательные поверхности обрабатывают одновременно с обработкой водяного экономайзера и экранной системой котла.

8.2.6 При эксплуатационной ПВКО, П и К барабанных котлов температура среды по тракту должна быть:

- не менее 200 °С для питательной воды;
- не менее 240 °С для котловой воды;
- не более 420 °С для перегретого пара за котлом.

8.2.7 Концентрация кислорода в обрабатывающей среде (вода, пароводяная смесь, перегретый пар) должна быть не менее 1,5—3,0 г/дм^3.

8.3 Парокислородная очистка, пассивация и консервация наружной поверхности подогревателей высокого давления

8.3.1 ПВКО, П и К ПВД проводят при работающем основном оборудовании (котел, турбина) путем подачи газообразного кислорода в трубопроводы отборов пара от турбины к ПВД для обеспечения концентрации кислорода в паре 3—5 г/кг.

8.3.2 Длительность обработки каждого ПВД составляет 5—6 ч.

Конденсат греющего пара после ПВД каскадно сливается в систему приема промывочных вод.

9 Подготовительные работы при эксплуатационной пароводокислородной очистке, пассивации и консервации

Подготовительные работы для проведения эксплуатационной ПВКО, П и К включают в себя:

- вырезку образцов труб поверхностей нагрева и определение количества и состава исходных отложений на внутренней поверхности;
- проведение расчетов и разработку схемы ПВКО, П и К с учетом конкретных характеристик оборудования и местных условий;
- определение основных технологических условий;
- разработку рабочей программы проведения ПВКО, П и К;
- монтаж временных элементов схемы (если они требуются), рассчитанных на максимальное рабочее давление в котле;
- монтаж линии подвода кислорода к энергоблоку (котлу, ПВД, питательному насосу) в соответствии с ГОСТ 12.2.052;
- монтаж, проверку и наладку работы пробоотборных устройств (по согласованию с организацией, проводящей обработку);
- создание запаса обессоленной воды в зависимости от типа и параметров котлоагрегата (не менее 5000—10000 м^3);

- обеспечение необходимого количества кислорода, соответствующего требованиям ГОСТ 6331;
- подготовка химической лаборатории для проведения анализов на содержание железа, меди, кремниевой кислоты, жесткости, значения pH, кислорода и фосфатов из штатных пробоотборных точек;
- обеспечение готовности работы водоподготовительной установки на полную производительность;
- обеспечение подачи необходимого количества обессоленной воды в течение всего времени обработки в зависимости от паропроизводительности котла;
- исключение (по возможности) в период проведения ПВКО, П и К пусковых операций на других котлах;
- обеспечение возможности включения в работу БОУ;
- монтаж шумоглушителя на линии сброса пара в атмосферу согласно СП 51.13330.2011;
- водную промывку КЭН тракта низкого давления с дренированием деаэратора при работе питательного насоса на рециркуляцию (до прекращения забивания сеток на входе в ПЭН);
- очистку конденсатора и деаэратора от загрязнений;
- обеспечение сброса пара в атмосферу при 30–40 %-ной нагрузке котла при давлении в барабане котла 2,9 МПа;
- выполнение мероприятий по технике безопасности;
- проведение обработки при отключенных насосах фосфатирования и дозирования гидразина и аммиака (корректирующие добавки в котловую и обессоленную воду не вводятся);
- отмывку котла обессоленной водой до достижения значения электропроводимости котловой воды, не превышающего аналогичный показатель исходной обессоленной более чем на 2 мкСм/см.

10 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации

10.1 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации прямоточного котла

10.1.1 Эксплуатационную ПВКО, П и К прямоточного котла выполняют в два этапа:

а) этап 1. В растопочном режиме при нагрузке котла от 30 % до 40 % проводят водокислородную очистку и пассивацию тракта от питательных насосов до ВЗ.

Дозировку кислорода на входе в питательные насосы осуществляют до достижения концентрации от 1,5 до 3 г/дм^3 и сбросе воды перед ВЗ через РС (см. рисунок 1).

Температуру питательной воды поддерживают не менее 200 °С путем подачи пара из магистрали собственных нужд или соседнего котла в деаэратор или ПВД (через трубопровод *DN* 250). Температуру пара перед ВЗ поддерживают до значений от 350 °С до 400 °С с помощью огневого обогрева.

Ориентировочное время первого этапа составляет 10 ч.

Каждые 60 мин отбирают пробы и определяют электропроводность, жесткость, pH и содержание железа, кремниевой кислоты, меди. Анализируют состав питательной воды, воды перед ВЗ или воды и пара из РС, а также свежего пара.

Количество кислорода при наладке его дозирования определяют каждые 30 мин, затем — каждые 60 мин. Расчетная методика определения кислорода без использования кислородомеров приведена в приложении Б;

б) этап 2. Парокислородную очистку и пассивацию пароперегревательных поверхностей проводят смесью собственного пара с кислородом после подключения пароперегревательного тракта.

Для обеспечения номинальных скоростей пара при нагрузке котла от 30 % до 40 % давление после пароперегревателя должно поддерживаться на уровне 5—7 МПа.

Кратковременно снижают давление за пароперегревателем до 3—4 МПа. Для обеспечения необходимого количества кислорода в паре (от 1,5 до 3,0 г/дм^3) его дозируют на вход питательных насосов.

Продолжительность второго этапа составляет ориентировочно от 6 до 10 ч. Анализируют те же показатели питательной воды, воды перед ВЗ и свежего пара с той же периодичностью, что и во время первого этапа.

10.1.2 В процессе обработки пароперегревателя высокого давления пар с кислородом подают также в пароперегреватель низкого давления. Температура перегретого пара в пароперегревательных поверхностях не должна быть выше 420 °С. Учитывая незначительность расхода пара через паро-

перегреватель низкого давления в период растопки котла, не следует рассчитывать на эффективную очистку этих поверхностей нагрева.

10.1.3 Для обеспечения эффективности очистки и пассивации ППП необходимо провести дополнительные монтажные работы:

ППП для создания требуемых скоростей пара должен быть разделен на два или более независимых потока пониточно;

- должен быть обеспечен пониточный подвод пара, сброс его после ППП в атмосферу или конденсатор и далее в систему отведения промывочных вод.

При кислородной обработке только ППП кислород подают на вход КПП НД или выход КПП ВД. Концентрацию кислорода поддерживают в пределах от 1,5 до 3 г/дм^3.

Продолжительность обработки составляет около 10 ч.

10.1.4 При одновременной кислородной обработке ППП низкого и высокого давления кислород в тех же концентрациях подают перед КПП ВД.

10.1.5 После ПВКО, П и К котел может быть включен в работу.

10.1.6 Образцы труб вырезают при очередном останове котла. Качество ПВКО, П и К оценивают по их состоянию: по коррозионной стойкости образовавшихся оксидных пленок и количеству оставшихся на поверхности трубы отложений. Необходимо также учитывать показатели водного режима в период пуска блока.

10.2 Технология проведения эксплуатационной пароводокислородной очистки, пассивации и консервации барабанного котла

10.2.1 Эксплуатационную ПВКО, П и К барабанного котла проводят в три этапа:

а) этап 1. В растопочном режиме при нагрузке котла от 30 % до 40 % проводят водокислородную очистку и пассивацию тракта от питательных насосов до барабана котла (см. рисунок 3).

Дозировку кислорода осуществляют до значений концентрации от 1,5 до 3 г/дм^3 в напорный трубопровод питательных насосов или на вход в экономайзер и сбросе пара в атмосферу. Температура питательной воды должна быть не менее 200 °С, давление в барабане котла — до 8,0 МПа.

Обработку проводят в две стадии, каждая в течение 7—10 ч при давлении в барабане котла:

- от 3,0 до 5,0 МПа;
- от 6,0 до 8,0 МПа;

б) этап 2. В растопочном режиме при нагрузке котла от 30 % до 40 % и дозировке кислорода в нижние коллекторы экранов через линии периодической продувки котла или стояки проводят пароводокислородную очистку и пассивацию экранных поверхностей нагрева. Пар сбрасывается в атмосферу.

Обработку экранных поверхностей выполняют в две стадии, каждая в течение 7—10 ч при давлении в барабане котла:

- от 3,0 до 5,0 МПа;
- от 6,0 до 8,0 МПа.

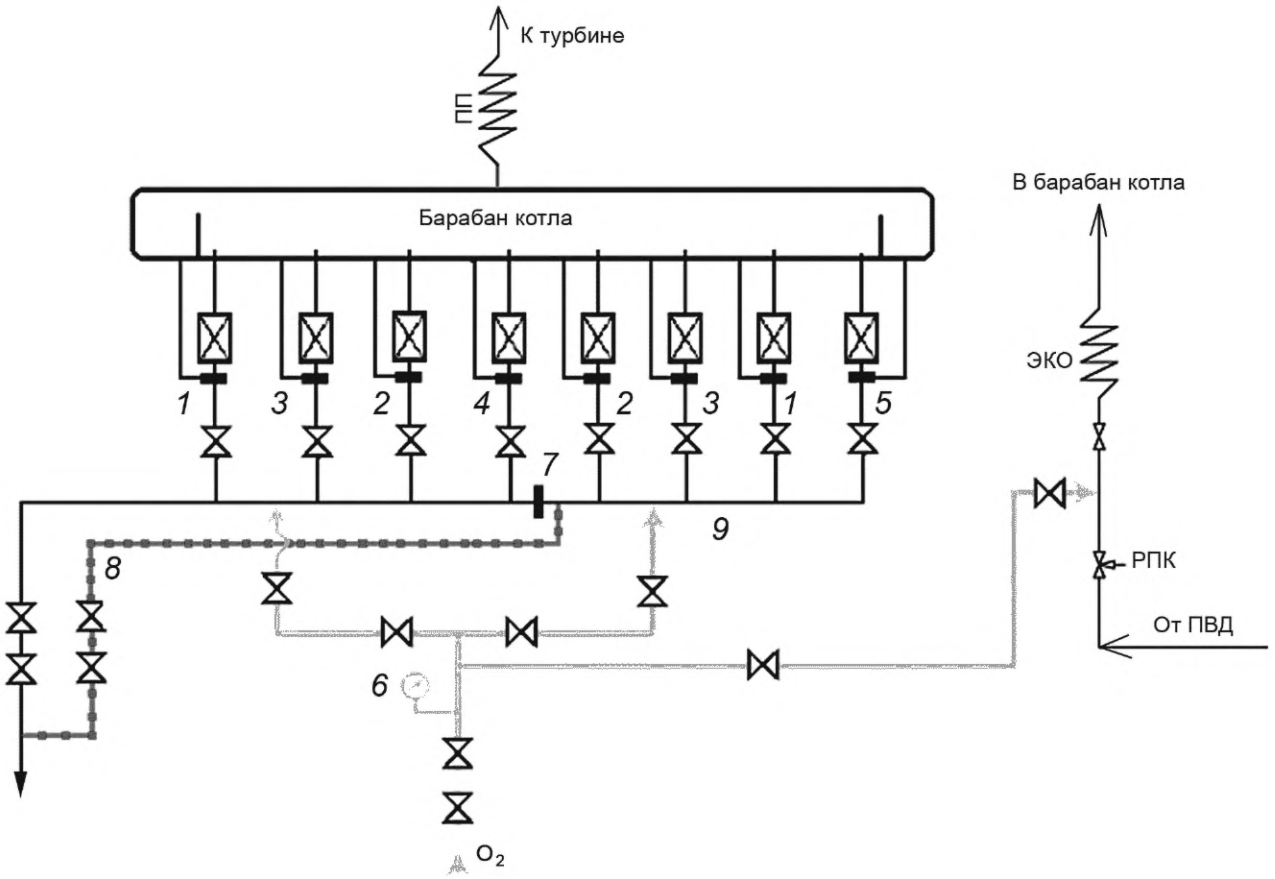
Для повышения эффективности очистки экранов и пароперегревателя периодически от двух до четырех раз снижают давление в барабане до уровня от 4,0 до 6,0 МПа;

в) этап 3. Парокислородная очистка и пассивация пароперегревательных поверхностей начинается одновременно с обработкой экранной системы и питательного тракта котла смесью собственного пара с кислородом. Концентрация кислорода в паре при этом составляет более 3,0 г/дм^3. Для обеспечения повышенных скоростей пара в пароперегревателе при 20—40 %-ной нагрузке котла давление необходимо на 15—30 мин снизить до 3,0 МПа. При этом одновременно снижается температура в экранных поверхностях, что способствует увеличению эффективности очистки.

10.2.2 Повысить эффективность очистки пароперегревателя можно увеличением расхода воды на впрыск до насыщения среды. При этом осуществляется контроль за изменением выноса загрязнений из котла, и в случае их увеличения, процесс повторяют. Температура перегретого пара в пароперегревателе не должна быть выше 420 °С.

10.2.3 Каждые 60 мин отбирают воду или конденсат пара и определяют жесткость, pH и содержание железа, меди, фосфатов, кремниевой кислоты, анализируют состав питательной и котловой воды и пара.

Количество кислорода при наладке его дозирования определяют каждые 30 мин, затем в установившемся режиме — каждые 60 мин. Методика определения концентрации кислорода приведена в приложении Б.



ПВД — подогреватели высокого давления; РПК — регулятор питания котла; ЭКО — экономайзерные поверхности нагрева; ПП — пароперегревательные поверхности; *1* — панели боковых экранов; *2* — средние панели фронтовых экранов; *3* — крайние панели фронтовых экранов; *4* — реконструированная панель (фронтовой экран); *5* — панели заднего экрана; *6* — кислородный манометр для контроля давления в магистрали (монтируется дополнительно); *7* — заглушка, разделяющая коллектор периодической продувки на две секции (монтируется дополнительно); *8* — дополнительная линия для продувки второй половины экранной системы; *9* — коллектор периодической продувки

Рисунок 3 — Принципиальная схема эксплуатационной ПВКО, П и К энергоблока с барабанным котлом

10.2.4 При проведении ПВКО, П и К непрерывная продувка открыта полностью. Периодическую продувку проводят с необрабатываемых поверхностей во время выполнения всех этапов каждые 60 мин.

10.2.5 После ПВКО, П и К котел может быть включен в работу.

Дозирование повышенных концентраций гидразина при растопке котла не требуется.

10.2.6 Образцы труб вырезают при очередном останове котла. Качество ПВКО, П и К оценивают по остаточной удельной загрязненности контрольных образцов.

Вырезки контрольных образцов труб после пароводокислородной очистки производятся через 3—6 мес работы котла.

Первую оценку защитной пленки на поверхностях нагрева проводят через 3—6 мес после проведения ПВКО, П и К, далее — с периодичностью 12 мес.

10.2.7 При наличии у котла пароперегревателя низкого давления следует иметь в виду, что смесь пара с кислородом поступает в него из пароперегревателя высокого давления через редукционно-охладительную установку. Учитывая небольшой расход пара при растопке котла через пароперегреватель низкого давления, произойдет лишь пассивация поверхности металла.

Для обеспечения эффективной ПВКО, П и К пароперегревателя низкого давления требуется специальная программа и проведение дополнительных монтажных работ, которые обеспечат сброс пара после пароперегревателя низкого давления в атмосферу или конденсатор и необходимые скорости пара путем разделения ППП на контуры.

11 Техника безопасности при проведении пароводокислородной обработки

11.1 Организация работ по технике безопасности

11.1.1 Организация работ по технике безопасности при проведении предпусковой и эксплуатационной ПВКО, П и К, а также обязанности технического персонала и ответственность административно-технического персонала за технику безопасности и производственную санитарию должны соответствовать правилам [1], [2], [3].

11.1.2 Персонал, принимающий участие в монтаже, наладке и эксплуатации оборудования, предназначенного для ПВКО, П и К, должен пройти инструктаж по технике безопасности. Все ремонтные и монтажные работы должны проводиться по оформленному наряду-допуску.

Персонал, непосредственно участвующий в ПВКО, П и К, должен быть обеспечен спецодеждой, спецобувью и индивидуальными средствами защиты, а также уметь оказывать первую помощь.

11.1.3 Оборудование, лестницы, площадки вдоль кислородного трубопровода должны быть очищены от посторонних предметов и освещены.

11.1.4 Все горячие части оборудования, трубопроводы, баки и другие элементы, прикосновение к которым может вызвать ожоги, должны иметь изоляцию.

11.1.5 Места отбора проб должны быть доступны, безопасны и хорошо освещены. Отбор проб выполняют из исправных пробоотборников после их проверки.

11.1.6 Электродвигатели должны иметь заземление. Работа с незаземленными или с неправильно заземленными электродвигателями запрещена. Заземление должны выполнять специалисты-электрики.

11.1.7 Обслуживание и переключение арматуры необходимо проводить с прочных подмостей с ограждениями. Работа со случайных подставок запрещена.

11.1.8 Ремонтные работы, а также осмотр барабанов, деаэраторов, коллекторов и прочего оборудования, подвергшегося очистке, выполняют только после тщательной принудительной вентиляции и проведения анализов, подтверждающих отсутствие загазованности.

11.1.9 На обрабатываемом оборудовании и в других опасных местах должны быть вывешены предупреждающие плакаты: «Осторожно — проводится пароводокислородная обработка!», «Кислород. Опасно!», «Огонь не применять!», «Проход закрыт», «Опасная зона!», «Не курить!».

11.1.10 В местах повышенной опасности должны быть вывешены предупреждающие плакаты: «Взрывоопасно!». Работы с огнем в этих местах во время ПВКО, П и К не проводить.

11.1.11 Места образования свищей должны быть ликвидированы до начала обработки кислородом.

11.1.12 В зонах кислородной установки или кислородной станции и в зоне обрабатываемого оборудования должны быть размещены средства пожаротушения: огнетушители, ящики с песком, ведра, багры, лопаты, шланги.

11.1.13 Лица, не участвующие в процедуре, должны быть удалены из зоны работ.

11.1.14 Контроль за состоянием линии подвода кислорода и режимом обработки ведет дежурная смена. Наличие дефектов и брак в работе должны быть отмечены в оперативном журнале.

11.2 Техника безопасности при устройстве и эксплуатации кислородного оборудования для проведения пароводокислородной обработки

11.2.1 Требования пожарной безопасности

При загорании кислородного оборудования необходимо прекратить поступление кислорода в помещение, обслуживающий персонал должен быть выведен в безопасную зону. Для тушения загоревшегося оборудования следует применять не горящие в кислороде средства пожаротушения: воду, пену, водяной пар, двуокись углерода (углекислый газ), инертные газы (азот, аргон) и порошковые составы на основе карбоната натрия и т. п.

При воспламенении одежды необходимо немедленно окунуться в ванну с водой или встать под душ. В случае отсутствия воды одежда должна быть немедленно сброшена или сорвана с пострадавшего. Одежда, пропитанная кислородом, может некоторое время гореть без доступа воздуха, поэтому сбивать пламя или закутывать горящего в кошму для прекращения доступа воздуха не следует.

11.2.2 Материалы, используемые для кислородопроводов, должны быть выполнены из аустенитной нержавеющей стали по ГОСТ 5632, а для арматуры, прокладок и уплотнителей кислородопровода — соответствовать ГОСТ 12.2.052.

11.2.3 Монтаж и испытание кислородопровода

11.2.3.1 Трубы, предназначенные для монтажа кислородопроводов, необходимо подвергать предварительному контролю на отсутствие на внутренней поверхности загрязнений жиром и маслом. При обнаружении загрязнений, превышающих допустимые по ГОСТ 12.2.052 нормы, трубы должны быть обезжирены.

11.2.3.2 Монтаж и сварку стальных кислородопроводов следует проводить по технологии, исключающей образование на внутренней поверхности кислородопровода шлака, грата и брызг.

11.2.3.3 После монтажа кислородопровод подвергают гидравлическому испытанию на давление величиной 1,25 рабочего давления водой или паром, содержащими масла в концентрации не более 5 мг/дм^3.

После испытания кислородопроводы продувают азотом или воздухом со скоростью на выходе не менее 40 м/с. Содержание масла в газе, используемом для продувки, не должно превышать 10 мг/м^3. Далее кислородопровод продувают горячей водой при температуре от 150 °С до 250 °С или паром не менее 90 мин.

11.2.3.4 Эксплуатация смонтированного кислородопровода допускается только после приемки его комиссией, состав которой утвержден руководством ТЭС.

Перед проведением пароводокислородной обработки выполняется выборочный осмотр вентилей — их разбирают для проверки на наличие масла.

11.2.3.5 При осмотрах кислородопроводного оборудования допускается применять только переносные электрические светильники в герметичной арматуре с напряжением 12 В.

11.2.3.6 Кислородное оборудование следует окрашивать в голубой цвет, или оно должно иметь полосу голубого цвета. На нем должна быть надпись: «КИСЛОРОД. ОПАСНО!».

11.2.4 Требования к жировым загрязнениям на оборудовании, контактирующем с кислородом

11.2.4.1 Обезжиривание кислородопроводов необходимо проводить после изготовления, монтажа, ремонта и эксплуатации в соответствии с ГОСТ 12.2.052.

11.2.4.2 До проведения ПВКО, П и К допустимым средством обезжиривания может быть промывка кислородного оборудования (кислородопровода и вентилей) горячей водой при температуре от 150 °С до 250 °С или паром.

Наиболее эффективным методом обезжиривания кислородопроводов является продувка его высокопотенциальным паром при температуре 400 °С после монтажа и перед каждой ПВКО, П и К.

11.2.4.3 Нефтепродукты в промывочной среде определяются по принятой на электростанции методике.

Приложение А
(рекомендуемое)

Экспресс-метод проверки защитных свойств оксидных пленок

А.1 Метод заключается в нанесении на поверхность оборудования капли реагента и определении промежутка времени, через которое происходит изменение цвета капли, т. е. проникновение ее к металлу, что характеризует степень стойкости защитной пленки.

Метод является условным и может применяться только для ориентировочного определения наличия или отсутствия защитной пленки на поверхности металла труб. Качество и коррозионную устойчивость защитной пленки необходимо оценивать в лабораторных условиях снятием поляризационных кривых на потенциостате.

А.2 Реактив готовят из смеси растворов:

- 20 см^3 — 0,5М $CuSO_4 \times 5H_2O$;
- 10 см^3 — 10 % NaCl;
- 2 см^3 — 0,1М H_2SO_4.

А.3 Проведение анализа

Перед определением коррозионной стойкости защитной пленки необходимо промыть образец под струей конденсата и аккуратно, не используя шпатель или любой другой инструмент, снять верхний рыхлый слой отложений фильтровальной бумагой (промокнуть поверхность) и дать образцу просохнуть при комнатной температуре. После чего образец слегка подогревают и наносят на его поверхность кружок диаметром от 7 до 8 мм с отверстием от 4 до 5 мм, вырезанный из фильтровальной бумаги, пропитанной парафином, легко прижимают его ножом или шпателем, чтобы он прилип к образцу. Затем каплю раствора наносят через отверстие на образец, следя, чтобы она не растекалась по его поверхности.

Разрушителями пленки в реактиве являются хлориды и сульфаты.

Катодным индикатором служат ионы двухвалентной меди, изменяющие окраску капли от сине-голубого до красноватого, желтого и желто-зеленого цвета.

С началом коррозионного процесса изменяется цвет капли. Время с момента нанесения капли до полного изменения ее цвета характеризует коррозионную устойчивость защитных пленок (см. таблицу А.1).

Таблица А.1 — Шкала устойчивости в минутах

Время с момента нанесения капли до полного изменения ее цвета, мин	5	2—5	1—2	Менее 1
Коррозионная устойчивость защитных пленок	Высшая	Нормальная	Пониженная	Низшая

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методика определения концентрации кислорода в перегретом паре, пароводяной смеси и воде

Б.1 Метод заключается в том, что при температуре не более 20 °С, давлении до 0,1 МПа и наличии воздуха над поверхностью воды растворимость кислорода в воде уменьшается до 8 мг/кг, а остальное количество кислорода выделяется из пробы и может быть собрано в мерный сосуд.

Б.2 Прибор для определения кислорода представляет собой отградуированную емкость (колбу) объемом от 1 до 1,5 дм^3 с двумя отводами, один проходит через пробку в горловине емкости и достигает дна, другой выполняют заподлицо с внутренним торцом пробки. На оба отвода надевают резиновые трубки. Для отбора пробы длинный отвод подсоединяют к пробоотборной точке и через него заполняют емкость пробой. Затем пропускают через емкость два-три объема пробы, после чего колбу переворачивают и оставляют в таком положении до накопления в ней от 150 до 300 см^3 газовой фазы.

Одновременно с переворачиванием колбы ведут счет пропущенной через нее пробы, для чего жидкую часть пробы сливают в мерный сосуд. После накопления газовой фазы колбу отсоединяют от пробоотборной точки и переворачивают в исходное положение.

Концентрацию кислорода в пробе C_{O_2}, г/кг, определяют по таблице Б.1 или по формуле

$$C_{O_2} = 1{,}59 \cdot (V_г / V_0), \quad (Б.1)$$

где $V_г$ — объем газовой фазы, дм^3;

V_0 — объем пропущенной пробы, дм^3.

Таблица Б.1 — Расчетная концентрация кислорода в воде или паре (при объеме газа в колбе 0,3 дм^3)

Объем пропущенной пробы, дм^3 (при перевернутой колбе)	Концентрация кислорода, г/дм^3	Объем пропущенной пробы, дм^3 (при перевернутой колбе)	Концентрация кислорода, г/дм^3
0,150	3,180	0,850	0,561
0,200	2,385	0,900	0,530
0,250	1,908	0,950	0,502
0,300	1,590	1,000	0,477
0,350	1,462	1,050	0,454
0,400	1,192	1,100	0,433
0,450	1,060	1,200	0,397
0,500	0,954	1,300	0,366
0,550	0,867	1,400	0,340
0,600	0,795	1,500	0,318
0,650	0,733	1,600	0,298
0,700	0,681	1,700	0,280
0,750	0,636	1,800	0,265
0,800	0,596	1,900	0,251

Библиография

[1] Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации (утверждены приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 22 сентября 2020 года № 796)

[2] РД 34.03.201-97 Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей

[3] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утверждены приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 г. № 229)

УДК 621.311:006.354 ОКС 27.040

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, пароводокислородная очистка, пассивация и консервация, котел, барабан, коллектор, экранные трубы, пароперегреватель, кислород

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 23.12.2021. Подписано в печать 19.01.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru