

## **ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**

### **ПРИКАЗ**

**от 15 декабря 2020 года N 535**

#### **Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций"**

В соответствии с подпунктом 5.2.2.16(1) Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. N 401 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 32, ст.3348; 2020, N 27, ст.4248),

приказываю:

1. Утвердить прилагаемые Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций".

2. Настоящий приказ вступает в силу с 1 января 2021 г. и действует до 1 января 2027 г.

Руководитель  
А.В.Алёшин

Зарегистрировано  
в Министерстве юстиции  
Российской Федерации  
31 декабря 2020 года,  
регистрационный N 61985

УТВЕРЖДЕНЫ  
приказом Федеральной службы  
по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

**Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций"**

## I. Общие положения

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила осуществления эксплуатационного контроля металла и продления срока службы основных элементов котлов и трубопроводов тепловых электростанций" (далее - ФНП) разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, N 30, ст.3588; 2018, N 31, ст.4860) (далее - Федеральный закон N 116-ФЗ), Положением о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. N 401 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 32, ст.3348; 2020, N 27, ст.4248).

2. ФНП устанавливают требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, инцидентов, производственного травматизма при использовании на опасных производственных объектах тепловых электростанций (далее - ТЭС) перечисленного в пункте 3 ФНП оборудования энергетических установок, работающего под избыточным давлением более 4,0 МПа.

3. ФНП предназначены для применения при проведении технического освидетельствования, технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности следующего оборудования ТЭС:

а) паровых котлов, в том числе котлов-утилизаторов парогазовых установок, а также автономных пароперегревателей и экономайзеров;

б) трубопроводов пара и горячей воды.

4. Требования ФНП обязательны для исполнения всеми организациями независимо от их организационно-правовых форм, индивидуальными предпринимателями (далее - организации) и их работниками, осуществляющими на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права эксплуатацию указанных в пункте 2 ФНП опасных производственных объектов (далее - эксплуатирующая организация), техническое освидетельствование, техническое диагностирование оборудования, указанного в пункте 3 ФНП, и проведение экспертизы промышленной безопасности.

5. Безопасность эксплуатации оборудования тепловых электростанций (далее - ТЭС), указанного в пункте 3 ФНП, обеспечивается путём соблюдения организациями и их работниками требований промышленной безопасности, установленных федеральными законами, ФНП, федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности "Правила проведения экспертизы промышленной безопасности", утвержденными приказом Ростехнадзора от 20 октября 2020 г. N 420 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 11 декабря 2020 г., регистрационный N 61391) (далее - ФНП ЭПБ), а также указаниями технической документации изготовителя.

6. ФНП регламентируют процедуру, включая методы, периодичность и объём эксплуатационного контроля оборудования ТЭС, указанного в пункте 3 ФНП, в пределах назначенного (расчетного) срока службы (ресурса) и по его достижению, а также устанавливают требования по оценке состояния металла основных элементов этого оборудования на основании результатов контроля и порядок продления его эксплуатации сверх срока службы (ресурса). Перечень контролируемых элементов, методы, объёмы и сроки проведения контроля приводятся в главах VI и VII ФНП.

7. Эксплуатационный контроль металла оборудования, выполняется в соответствии с положениями ФНП в плановом порядке согласно регламенту (программе) во временном интервале со дня ввода его в эксплуатацию и до окончания назначенного (расчетного) ресурса (срока службы).

8. По достижении назначенного срока службы или ресурса (по времени или количеству циклов нагружения) оборудования, указанного в технической документации, проводится его техническое диагностирование, включая неразрушающий, разрушающий контроль в рамках экспертизы промышленной безопасности. Экспертиза промышленной безопасности и продление срока службы оборудования выполняются организацией, имеющей лицензию на проведение экспертизы промышленной безопасности.

Для отдельных элементов или групп элементов в составе конкретного технического устройства могут быть дополнительно установлены собственные значения назначенного ресурса (или срока службы), которые могут отличаться от назначенного срока службы (ресурса) технического устройства. Контроль таких элементов, помимо технического диагностирования в рамках экспертизы промышленной безопасности оборудования, проводится согласно пункту 10 ФНП с учётом установленных для них сроков в соответствии с требованиями ФНП. Результаты контроля элементов учитываются при проведении экспертизы промышленной безопасности, в том числе при определении объёма подлежащих выполнению работ.

9. Эксплуатационный контроль проводится в целях оценки состояния металла и возможности дальнейшей эксплуатации элементов и деталей оборудования, указанного в пункте 3 ФНП, для обеспечения их надёжной эксплуатации до даты проведения очередного контроля (технического диагностирования (далее - ТД)) или экспертизы промышленной безопасности (далее - ЭПБ) с выполнением ТД.

Элементы оборудования считаются пригодными к дальнейшей эксплуатации, если по результатам контроля подтверждается, что состояние основного и напавленного металла удовлетворяет требованиям ФНП и не выходит за пределы минимальных значений, установленных расчётами на прочность.

10. Контроль металла оборудования на ТЭС осуществляется эксплуатирующей организацией находящейся в её составе лабораторией неразрушающего, разрушающего контроля (при наличии) или лабораториями других организаций. Для технического диагностирования, неразрушающего контроля, разрушающего контроля технических устройств при проведении экспертизы промышленной безопасности экспертной организацией также может быть привлечена соответствующая лаборатория эксплуатирующей организации.

11. Лаборатория неразрушающего контроля может выполнять только те виды контроля на конкретных видах (типах) оборудования, в отношении которых она обладает компетенцией, соответствующей профилю выполняемых работ и виду оборудования, а также располагает необходимым для этого количеством работников соответствующей квалификации и комплектом измерительных, диагностических приборов и устройств.

12. Эксплуатационный контроль проводится во время плановых остановов оборудования. Допускается смещение сроков контроля оборудования или групп элементов оборудования в бóльшую сторону на 5% от соответствующего назначенного ресурса, указанного в технической документации, а также в главе V ФНП.

Решение о смещении сроков эксплуатационного контроля для групп элементов оборудования, не отработавших назначенный ресурс, или элементов, для которых назначенный ресурс не устанавливается, принимается руководителем эксплуатирующей организации.

Решение о смещении сроков контроля в бóльшую сторону для оборудования или групп элементов оборудования, отработавших назначенный ресурс, принимается руководителем организации, эксплуатирующей оборудование на основании положительного заключения специализированной научно-исследовательской организации, осуществляющей деятельность по проведению научных исследований и разработок, располагающей условиями и компетенцией для выполнения специализированных работ по обеспечению промышленной безопасности тепловых электрических станций, а также лицензией на осуществление деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности.

13. Типовая номенклатура и объёмы эксплуатационного контроля приведены в главе VI ФНП. Порядок организации и проведения ТД (контроля) оборудования

или групп элементов оборудования в связи с достижением назначенного ресурса или за пределами назначенного ресурса, приведён в главе VII ФНП.

14. Нормы контроля и критерии качества металла приведены в главе VIII ФНП. Оборудование может быть допущено к эксплуатации, если по результатам контроля состояние металла и сварных соединений соответствует приведённым ниже нормам и критериям качества. В случае отклонения результатов контроля металла от приведённых норм возможность и условия эксплуатации оборудования, в том числе проведение дополнительного объема контроля металла обосновываются и устанавливаются специализированной экспертной организацией.

При оценке фактического состояния оборудования, изготовленного в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного Союза "О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением" (ТР ТС 032/2013), принятого Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 2 июля 2013 г. N 41 (официальный сайт Евразийской экономической комиссии <http://www.eurasiancommission.org>, 2013), являющегося обязательным для Российской Федерации в соответствии с Договором о Евразийском экономическом союзе, ратифицированным Федеральным законом от 3 октября 2014 г. N 279-ФЗ "О ратификации Договора о Евразийском экономическом союзе" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2014, N 40, ст.5310), также должны учитываться критерии предельных состояний оборудования и его элементов, указанные изготовителем в руководстве (инструкции) по эксплуатации.

15. Эксплуатирующая организация должна организовать учёт температурного режима работы металла теплоэнергетического оборудования и систематическую обработку суточных графиков температур пара за каждым котлом и в паропроводах. По всем паропроводам с температурой пара 450°C и выше должны учитываться продолжительность и величина превышения температуры на каждый пятиградусный интервал сверх номинального уровня. Учёт температуры и продолжительности (в часах) эксплуатации паропроводов следует проводить по каждому самостоятельному участку (с собственным регистрационным номером), а также перед впрыскивающими пароохладителями котлов.

16. Ответственным за организацию и выполнение эксплуатационного контроля металла в объёмах и в сроки, указанные в ФНП, является технический руководитель эксплуатирующей организации.

17. Возможность и срок дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования ТЭС после выработки им своего назначенного ресурса (срока службы) устанавливаются на основании результатов технического диагностирования в объёме ЭПБ, которую проводит экспертная организация, обладающая лицензией на осуществление деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности.

Возможность продления и условия безопасной эксплуатации оборудования сверх назначенного ресурса (срока службы) формулируются в выводах заключения ЭПБ на основании оценки фактического технического состояния оборудования и принятого решения о соответствии или несоответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности.

18. При обнаружении по результатам эксплуатационного контроля в отдельных элементах или узлах оборудования недопустимых дефектов металла (дефектов, по своему характеру и (или) размерам, и (или) форме, и (или) местоположению нарушающих условия безопасной эксплуатации при установленных расчётных или эксплуатационных характеристиках) повреждённые детали и элементы должны быть заменены или отремонтированы. При этом в порядке, установленном распорядительными документами эксплуатирующей организации, должны быть приняты меры по определению характера дефектов и причин их возникновения. Для этих целей по решению технического руководителя эксплуатирующей организации может быть привлечена экспертная или специализированная научно-исследовательская организация.

19. Допускается использование инструкций (руководств) по эксплуатационному контролю металла оборудования конкретной электростанции, разработанных специализированной научно-исследовательской организацией на основе типовых программ, приведённых в главе VI ФНП с учётом индивидуальных особенностей оборудования конкретной ТЭС, которые могут отличаться в части объёма и периодичности контроля от типовых программ (инструкций) и с целью информирования

направляются в Ростехнадзор. Пересмотр инструкций (руководств) по эксплуатационному контролю металла должен проводиться в порядке и с периодичностью, установленными распорядительными документами эксплуатирующей организации, а также в случае изменения объёма или видов контроля, в том числе при выявлении дефектов, вызывающих необходимость таких изменений.

20. Порядок эксплуатационного контроля и продления срока службы (ресурса) элементов оборудования, изготовленных из новых отечественных сталей или сталей иностранного производства, которые не указаны в ФНП (главы V-IX), определяется эксплуатирующей организацией на основании заключения экспертной или специализированной научно-исследовательской организации, которое должно содержать индивидуальную программу эксплуатационного контроля указанных элементов оборудования, и с целью информирования направляется в Ростехнадзор.

## **II. Основные требования по организации и проведению эксплуатационного контроля**

21. Применяемые на ТЭС методы и объёмы контроля должны гарантировать выявление недопустимых дефектов и отклонений в металле и сварных соединениях элементов оборудования (в пределах возможностей применяемых методов) для обеспечения последующей безопасной и надёжной эксплуатации оборудования.

22. Аппаратура, средства контроля, средства измерений, испытательная техника (машины), контрольно-измерительный инструмент и настроечные (стандартные) образцы должны иметь технические паспорта (документ изготовителя с техническими характеристиками) и подтверждения о прохождении поверки, калибровки или аттестации на основании нормативных документов, разработанных и применяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации о промышленной безопасности, техническом регулировании, стандартизации и единстве средств измерений (далее - НД).

23. Материалы для дефектоскопии (порошки, суспензии, пенетранты, радиографические пленки, химические реактивы) должны иметь сертификаты качества. Каждая партия материалов должна быть подвергнута входному контролю и своевременному контролю в процессе использования.

24. Лаборатории неразрушающего и (или) разрушающего контроля должны быть обеспечены нормативно-технической документацией в полном объёме согласно профилю и номенклатуре работ лаборатории.

25. Работники лабораторий контроля должны пройти теоретическую и практическую подготовку и аттестацию на предмет подтверждения компетенции видам выполняемых работ (методов контроля) и нормативной документации, определяющей безопасные методы проведения контроля.

К работам по контролю допускаются специалисты-дефектоскописты и инженерно-технические работники, прошедшие подготовку (аттестацию) и имеющие документ, подтверждающий область компетенции по результатам аттестации. При перерыве в работе более шести месяцев должна быть проведена внеочередная аттестация. Порядок проведения подготовки и аттестации определяется распорядительными документами организации.

26. Организация работ по подготовке оборудования к контролю и обеспечению его проведения осуществляется техническим руководителем эксплуатирующей организации.

27. Перед проведением контроля для обеспечения качества его выполнения для рассмотрения должна быть представлена техническая и эксплуатационная документации на подлежащий контролю объект, а именно:

исполнительные схемы, сварочные (ремонтные) формуляры, чертежи, эскизы;

сведения о повреждениях, отказах, авариях и проведённых заменах элементов в составе контролируемого объекта;

результаты предшествующего контроля.

28. При эксплуатационном контроле должна быть обеспечена безопасность его проведения в зависимости от конкретного места и условий выполнения работ (на высоте, внутри оборудования или его элемента) и применяемых при этом методов контроля методов, в объёме, установленном инструкциями и распорядительными документами организации с учётом требований ФНП и руководств (инструкций) по эксплуатации оборудования.

29. При размещении, хранении, транспортировании и использовании дефектоскопических и вспомогательных материалов, отходов производства следует обеспечивать меры безопасности, указанные в документации их производителя с учётом их свойств и характеристик.

30. Контроль за металлом непосредственно на оборудовании должен выполняться бригадой в составе не менее двух человек. При работе в замкнутом объёме (внутри барабанов) состав бригады должен быть не менее трёх человек, при этом двое членов бригады должны находиться снаружи и страховать выполняющего контроль работника. При работе в топках котлов двое членов бригады должны находиться внутри топки и один страхующий снаружи.

31. Неразрушающий контроль оборудования следует проводить после прекращения его работы, сброса давления, охлаждения, дренирования, отключения от другого (технологически связанного) оборудования. Внутренние устройства, препятствующие проведению контроля, должны быть удалены, изоляционное покрытие и обмуровка, препятствующие контролю состояния металла и сварных соединений, частично или полностью сняты в местах, подлежащих контролю.

### **III. Неразрушающий контроль**

32. Перед проведением неразрушающего контроля (далее - НК) поверхность элементов в зоне контроля должна быть очищена от загрязнений, препятствующих проведению контроля, и должна быть зачищена до чистого металла. При этом толщина стенки контролируемого элемента не должна уменьшаться за пределы допускаемых отклонений и не должны образовываться недопустимые согласно требованиям ФНП и НД дефекты (глубокие риски, царапины, надрывы). Перед выполнением магнитного контроля тепловой неравномерности и ферритометрии зачистка металла не проводится.

33. Основными методами, видами неразрушающего контроля металла и сварных соединений являются:

визуально-измерительный;

ультразвуковой;

радиографический;

магнитопорошковый;

капиллярный или как разновидность капиллярного - цветной;

вихретоковый;

измерение твёрдости;

стилоскопирование;

магнитный контроль тепловой неравномерности и магнитная ферритометрия;

металлографический контроль.

Другие методы неразрушающего контроля применяются при условии их стандартизации и сертификации средств контроля в соответствии с законодательством Российской Федерации.

### **Визуальный и измерительный контроль**

34. Визуальный и измерительный контроль (далее - ВИК) проводят с целью обнаружения и определения размеров поверхностных дефектов, образовавшихся на наружной или (и) внутренней (в зависимости от объекта контроля) поверхностях элементов оборудования и отклонений геометрических параметров элементов оборудования, в том числе:

трещин, в том числе образующихся в местах геометрической, температурной и структурной неоднородности;

коррозионных, коррозионно-эрозионных и коррозионно-усталостных повреждений металла;

эрозионного, эрозионно-кавитационного износа поверхностей элементов оборудования;

дефектов сварки в виде трещин, пор, свищей, подрезов, прожогов, незаплавленных кратеров, чешуйчатости поверхности, несоответствия размеров швов требованиям технической документации;

выходящих на поверхность расслоений;

изменений геометрических размеров и формы основных элементов оборудования по отношению к первоначальным (проектным) их геометрическим размерам и форме.

35. По результатам визуально-измерительного контроля может быть уточнена (дополнена) программа неразрушающего контроля объекта.

36. Визуально-измерительный контроль выполняют до проведения контроля металла и сварных соединений (наплавов) другими методами неразрушающего контроля, указанными в пункте 33 ФНП, а также после устранения дефектов.

Устранение выявленных дефектов должно выполняться в соответствии с требованиями производственно-технологической документации. Если дефекты, выявленные при визуально-измерительном контроле, не препятствуют дальнейшему применению других методов неразрушающего контроля, эти дефекты могут быть устранены после завершения контроля другими методами.

37. Визуальный и измерительный контроль следует проводить с наружной и внутренней сторон элементов. В случае недоступности для ВИК одной из поверхностей допускается проводить контроль только с одной стороны.

Визуальный контроль внутренних поверхностей элементов оборудования, не доступных для прямого обзора, проводят через смотровые лючки, штуцера или иным способом доступа с помощью эндоскопических систем.

При выполнении ВИК сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва, а также примыкающие к нему участки основного металла в обе стороны от шва.

38. Задачей измерительного контроля является определение геометрических параметров (размеров) выявленных при визуальном контроле отклонений и дефектов (смещений, отклонений формы и размеров кромок, дефектов формы и размеров швов, трещин, коррозионных язв, раковин, других поверхностных несплошностей). Измерительный контроль проводится для определения овальности цилиндрических элементов. Овальность цилиндрических элементов определяется путём измерения максимального ( $D_{max}$ ) и минимального ( $D_{min}$ ) наружного (для труб, гибов) или внутреннего (для барабанов) диаметров в двух взаимно перпендикулярных направлениях контрольного сечения. Величина овальности ( $\alpha$ ) вычисляется по формуле:

$$\alpha = \frac{2(D_{max} - D_{min})}{(D_{max} + D_{min})} \cdot 100\% \quad (1)$$

39. На паропроводах, работающих в условиях ползучести, выполняют измерения остаточной деформации ползучести. Остаточную деформацию ползучести измеряют микрометром с точностью шкалы не хуже 0,05 мм по реперам, установленным на прямых трубах длиной 500 мм и более, а также на гнутых отводах, имеющих прямые участки длиной не менее 500 мм.

Реперы располагают по двум взаимно перпендикулярным диаметрам в средней части каждой прямой трубы, прямого участка каждого гнутого отвода на расстоянии не менее 250 мм от сварного соединения или начала гнутого участка. При невозможности установки реперов в двух взаимно перпендикулярных направлениях допускается установка только одной пары реперов (в диаметрально противоположных точках).

Приварка реперов к телу контролируемой трубы (отвода) должна осуществляться только аргонодуговым способом сварки. Для паропроводов из хромистых сталей (10Х9МФБ, X10CrMoVNb9-1) приварку реперов следует выполнять при изготовлении трубопровода. Начальник цеха, эксплуатирующего трубопровод, должен убедиться в правильности установки реперов и изображении этих мест на исполнительной схеме-формуляре.

Реперы на схеме должны иметь нумерацию, остающуюся постоянной в течение всего периода эксплуатации паропровода. Места расположения реперов должны быть отмечены указателями, выступающими над поверхностью изоляции.

Измерение остаточной деформации ползучести проводится при температуре стенки трубы (отвода) не выше 50°C.

Остаточная деформация ползучести от начала эксплуатации до  $i$ -го измерения определяется по формуле:



$$\Delta \epsilon_{\Pi} = \frac{D_i - D_{\text{исх.}}}{D_{\text{тр}}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где:  $\Delta \epsilon_{\Pi}$  - остаточная деформация ползучести, %;

$D_i$  - диаметр, измеренный по реперам при  $i$ -ом измерении в двух взаимно перпендикулярных направлениях, мм;

$D_{\text{исх.}}$  - исходный диаметр трубы, измеренный по реперам в соответствующем направлении в исходном состоянии, мм;

$D_{\text{тр}}$  - наружный диаметр трубы, измеренный вблизи реперов в каждом из двух взаимно перпендикулярных направлений в исходном состоянии, мм.

В формуле используются значения измерений по каждому из двух взаимно перпендикулярных направлений. Наибольшее полученное значение  $\Delta \epsilon_{\Pi}$  принимается в качестве расчётного.

Сводные результаты измерений заносятся в формуляр трубопровода.

40. Визуально-измерительный контроль проводят невооружённым глазом или (и) с применением оптических и иного принципа действия средств и приборов, а также с использованием измерительных инструментов, мер, калибров, шаблонов и прочих подобных средств.

### Ультразвуковой контроль

41. Ультразвуковой контроль (далее - УЗК) применяется для выявления дефектов в основном и наплавленном (в сварных соединениях) металле, а также для измерения толщины стенки (толщинометрии) деталей.

УЗК служит для обнаружения внутренних дефектов в основном металле и металле сварных соединений, в том числе дефектов на внутренней поверхности элементов.

42. При проведении ультразвуковой дефектоскопии основных элементов и деталей оборудования, контролю подлежат:

основной металл гнутых, штампованных и штампосварных колен (отводов) трубопроводов;

наружная и внутренняя поверхность корпусов пароохладителей и пусковых впрысков, в том числе в местах врезки впрыскивающих устройств;

наружная и внутренняя поверхность камер коллекторов и труб в местах врезки штуцеров;

основной металл и резьбовая поверхность деталей крепежа (шпильки, болты) диаметром М42 и более;

стыковые кольцевые (поперечные) сварные соединения трубопроводов, коллекторов и труб поверхностей теплообмена;

продольные стыковые сварные соединения штампосварных колен трубопроводов;

стыковые кольцевые и продольные сварные соединения обечаек и днищ барабанов;

кольцевые угловые сварные соединения с полным проплавлением с толщиной стенки от 4,5 мм;

наплавки на участках ремонта сварных соединений или на основном металле элементов.

43. Ультразвуковой толщинометрии (далее - УЗТ) подвергаются следующие элементы и детали тепломеханического оборудования:

участки трубопроводов, коллекторов и труб поверхностей теплообмена, а также дренажных и сбросных трубопроводов;

патрубки за арматурой (задвижками, отсечными и регулирующими клапанами) и дросселирующими устройствами;

гнутые, штампованные и штампосварные отводы трубопроводов;

барабаны котлов.

При толщинометрии определяется соответствие толщины стенок элементов исполнительным (паспортным) размерам, выявляются участки коррозионных и эрозионных поражений и определяется величина утонения.

44. При подготовке объекта к ультразвуковому контролю следует обеспечить его максимально возможную контроледоступность.

45. Для выполнения ультразвукового контроля используются ультразвуковые дефектоскопы и ультразвуковые толщиномеры.

В состав ультразвуковых приборов входит пьезоэлектрический преобразователь (далее - ПЭП). Для настройки приборов, проверки технических параметров дефектоскопов и ПЭП, а также основных параметров контроля используют настроечные образцы с искусственными отражателями, размеры которых устанавливают в зависимости от толщины стенки контролируемого элемента и норм оценки качества.

Настроечные образцы должны быть изготовлены такой же толщиной, что и контролируемый объект, материал их изготовления должен быть идентичен по акустическим свойствам материалу контролируемого элемента.

Допускается для изготовления настроечных образцов, применяемых при контроле элементов из импортной стали, использовать прямой российский аналог данной марки стали.

Настроечные образцы и ПЭП должны иметь паспорт.

46. При проведении УЗК измеряемыми характеристиками несплошности являются:

координаты;

эквивалентная площадь;

условные размеры;

условное расстояние между несплошностями;

количество несплошностей на определённой длине.

47. Оценку качества металла и сварных соединений по данным УЗК следует проводить в соответствии с нормативной документацией на изделие или технической документацией на контроль.

Качество сварных соединений оценивают по двухбалльной системе:

балл 1 - неудовлетворительное качество;

балл 2 - удовлетворительное качество (2а - ограниченно годные, 2б - годные).

Качество гибов и колен по результатам контроля их основного металла оценивается двумя состояниями: "негоден" (брак) и "годен".

48. При измерении толщины стенки необходимо обеспечить размеры конкретного контрольного участка (площадки), достаточные для проведения не менее трёх измерений. Контрольные участки должны быть равномерно распределены по объекту контроля, если конкретная задача контроля не преследует иных (специальных) целей.

49. При обнаружении резких ступенчатых изменений показаний прибора при проведении ультразвуковой толщинометрии (возможно являющихся признаком расслоения металла) участок контроля расширяется для определения характера и границ дефекта. При доступности проведения контроля с противоположной стороны элемента следует выполнить измерения на обратной поверхности в аналогичных узлах координатной сетки. Скопление неметаллических включений, пор и тому подобного в металле будет выявляться аналогично расслоению.

### **Магнитопорошковый контроль (дефектоскопия)**

50. Магнитопорошковый контроль (дефектоскопия) (далее - МПК (МПД)) является разновидностью магнитного вида контроля, основанного на фиксации изменений магнитных характеристик материала под действием внешнего магнитного поля.

Магнитный контроль выявляет поверхностные несплошности типа трещин, надрывов, закатов, раковин, несплавлений.

Методом МПК (МПД) могут быть выявлены подповерхностные несплошности на глубине до 3-4 мм.

51. Магнитопорошковый контроль может применяться на различных элементах теплосилового оборудования ТЭС, изготовленных из ферромагнитных материалов с относительной магнитной проницаемостью  $\mu$  не менее 40.

52. Основным параметром магнитопорошкового контроля является чувствительность. Для контроля теплосилового оборудования ТЭС принят условный уровень чувствительности "Б" с предельными размерами выявляемых несплошностей: ширина составляет 10,0 мкм, минимальная протяжённость - 0,5 мм.

53. Определение размеров несплошности и оценка её допустимости производятся по результатам визуально-измерительного контроля с применением оптических средств и измерительного инструмента, а при необходимости - после травления поверхности.

#### **Капиллярный контроль**

54. Капиллярный контроль является методом контроля проникающими веществами, основанным на свойстве смачивающих жидкостей активно проникать в мелкие открытые полости (капилляры) на поверхности деталей.

55. При осуществлении контроля проникающими веществами выявляются поверхностные несплошности типа трещин, надрывов, закатов, несплавлений, межкристаллитной коррозии.

Капиллярный контроль проводится на различных деталях теплосилового оборудования ТЭС, изготовленных из любых конструкционных металлов: сталей любых классов, сплавов.

56. При подготовке контролируемой поверхности путём механической обработки необходимо исключить возможность "затирки" устья несплошности и при необходимости проводить травление участка контроля. Шероховатость поверхности должна быть не хуже  $R_z$  20 мкм.

57. При капиллярном контроле (цветном или люминесцентном) теплосилового оборудования ТЭС в качестве оптимального принят класс чувствительности "II", соответствующий предельной ширине выявляемой несплошности от 1,0 до 10,0 мкм.

58. Определение фактических размеров несплошности и оценка её допустимости проводятся по результатам визуально-измерительного контроля с применением оптических средств и измерительных инструментов.

#### **Вихретоковый контроль**

59. Вихретоковый контроль (далее - ВТК) применяется на изделиях и деталях, изготовленных из металла (ферромагнитных и неферромагнитных сталей, сплавов) с удельной электрической проводимостью от 0,5 до 60 МСм/м.

Вихретоковый контроль выявляет поверхностные несплошности типа трещин, надрывов, закатов, раковин, пор, несплавлений. При определённых условиях могут быть выявлены подповерхностные трещины на глубине до 3 или 4 мм.

60. Чувствительность вихретокового метода контроля не регламентирована. Вихретоковый контроль позволяет выявлять трещины (несплошности) глубиной от 0,2 мм и длиной от 3,0 мм при раскрытии более 1,0 мкм.

61. ВТК проводится в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации прибора. Направление сканирования объекта контроля должно быть ориентировано перпендикулярно к предполагаемому расположению несплошности. Вертикальная ось преобразователя при сканировании должна быть направлена по нормали к поверхности контролируемого элемента.

62. Подтверждение наличия несплошности и определение её размеров проводятся по результатам визуально-измерительного контроля с применением оптических средств и измерительных инструментов.

#### **Магнитный контроль тепловой неравномерности перлитных сталей и магнитная ферритометрия аустенитных сталей**

63. Магнитный контроль тепловой неравномерности (далее - МКТН) и магнитная ферритометрия (далее - МФ) предназначены для выявления тепловой неравномерности поверхностей нагрева из перлитных (низколегированных или углеродистых) и аустенитных сталей соответственно пароперегревательного тракта котлов.

Решение о применении магнитного метода (при необходимости) принимает технический руководитель эксплуатирующей организации или её обособленного подразделения (ТЭС).

Указанные методы не применяются для контроля поверхностей нагрева, изготовленных из плавниковых или оребренных (ошипованных) труб.

64. МКТН базируется на эффекте температурного магнитного гистерезиса без применения искусственного намагничивания труб.

МФ основывается на явлении обогащения наружной поверхности труб элементами с ферромагнитными свойствами.

Наличие рабочей среды в трубах не оказывает влияния на результаты контроля.

Во время магнитного контроля электродуговая сварка может вестись на удалении от зоны контроля не менее чем на 10 м.

Магнитный контроль (МКТН и МФ) не проводят на трубах, заглушенных или новых, испытавших после монтажа (или ремонта) менее трёх температурных циклов типа "пуск-останов" котла.

65. МКТН следует проводить магнитометром с феррозондовым преобразователем для измерения нормальной составляющей вектора магнитной индукции или напряжённости магнитного поля (магнитный параметр М). Диапазон измерения прибора должен быть не менее: магнитной индукции  $\pm 2000$  мкТ или напряжения магнитного поля  $\pm 2000$  А/м.

Приборы (магнитометр и ферритометр) должны иметь относительную погрешность измерения не более  $\pm 5\%$  и оснащаться автономным питанием напряжением не выше 12 В.

66. Магнитный контроль следует проводить на всех доступных трубах, включая гибы, контролируемой поверхности нагрева по всей длине и высоте обогреваемой зоны. Допускается проводить контроль на ограниченных участках поверхности нагрева при условии их расположения в зонах с максимальной повреждаемостью, максимальной температурой пара или наибольшим тепловосприятием.

Контроль методом МФ предпочтительно выполнять в конце последнего хода труб. Длина контрольного участка для проведения МФ должна составлять  $\approx 100$  мм.

МКТН проводят продольным сканированием одной и той же образующей всех труб.

При МФ измерения следует выполнять в трёх точках контролируемого участка трубы с шагом  $\approx 50$  мм. В качестве результирующего принимается среднее значение измеренного содержания ферритной фазы  $C_{\Phi}$ .

Контроль проводится преимущественно вдоль фронтальной образующей; угол между осью преобразователя ферритометра и контрольной образующей должен составлять  $\approx 90^\circ$ .

67. Контроль и обработку его результатов осуществляют следующим образом:

а) в процессе МКТН для каждой контролируемой ( $i$ -й) трубы измеряют и фиксируют максимальное из измеренных абсолютных значений магнитного параметра  $M_i$ .

Рассчитывают среднее магнитное состояние  $H$  каждой из сторон поверхности нагрева (в потоках "А" и "Б") по формуле:

$$H_{A, B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i, \quad (3)$$

где  $n$  - количество контролируемых труб в каждой стороне ("А" и "Б") поверхности нагрева.

Определяют разность средних магнитных состояний поверхности нагрева в потоках "А" и "Б":

$$\Delta H = H_A - H_B. \quad (4)$$

Рассчитывают тепловую неравномерность поверхности нагрева по известной зависимости магнитного параметра  $H$  от температуры эксплуатации:

$$\Delta T = f(\Delta H). \quad (5)$$

б) полученные методом МФ данные по содержанию ферритной фазы ( $C_{\text{ф}}$ ) на контрольных участках усредняются для каждой стороны поверхности нагрева (по аналогии с формулой (3)) и по этим усреднённым результатам ( $\bar{C}_{\text{ф}}$ ) определяют отношение их наибольшего ( $\bar{C}_{\text{ф} \max}$ ) к наименьшему ( $\bar{C}_{\text{ф} \min}$ ) значению. С использованием зависимости содержания ферритной фазы от средней температуры и времени эксплуатации определяют величину температурной развёртки  $\Delta T$ ;

в) тепловая неравномерность считается находящейся на допустимом уровне, если  $\Delta T \leq 5^{\circ}\text{C}$ .

### Измерение твёрдости металла

68. В рамках неразрушающего контроля измерение твёрдости (далее - ТВ) металла проводится переносными твердомерами непосредственно на объекте.

В качестве аппаратуры для определения твёрдости используют переносные приборы механического, физического и физико-механического действия.

Прибор должен обеспечивать погрешность измерения не более  $\pm 5\%$ .

При использовании приборов механического типа (статического и динамического действия) размер отпечатка измеряют с помощью переносного микроскопа (лупы) с погрешностью измерения не выше  $\pm 0,02$  мм.

69. Качество подготовки поверхности металла для контроля твёрдости должно соответствовать требованиям инструкции по эксплуатации прибора. Следует обеспечивать качество поверхности по шероховатости не хуже  $R_a$  3,2. При зачистке поверхности необходимо исключить изменение свойств металла в поверхностном слое вследствие нагрева или наклёпа.

70. При измерении твёрдости с помощью прибора статического вдавливания толщина стенки испытуемого элемента должна быть не менее 8-кратной глубины отпечатка при использовании сферического или конусного индентора и полуторакратной величины диагонали отпечатка при использовании четырёхгранной пирамиды. При использовании прибора динамического вдавливания толщина стенки должна составлять не менее значения, указанного в паспорте на конкретный переносной твердомер.

Контроль твёрдости следует проводить при температуре металла, не выходящей за пределы от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Расстояние между центрами двух соседних отпечатков при использовании приборов механического действия должно быть не менее  $4d$ , а расстояние от центра отпечатка до края изделия не менее  $2,5d$ , где  $d$  - диаметр или диагональ отпечатка.

Испытуемая деталь не должна смещаться при измерении твёрдости; должна отсутствовать вибрация объекта контроля.

71. На каждой контрольной площадке должно быть проведено не менее трёх измерений. Величина твёрдости для каждой контрольной площадки определяется как среднеарифметическое значение результатов трёх измерений.

### Металлографический контроль (исследование)

72. Металлографическое исследование (далее - МИ) металла в рамках неразрушающего контроля выполняется следующими методами:

приготовлением металлографических шлифов непосредственно на поверхности контролируемых элементов оборудования с последующим просмотром, фотографированием и анализом микроструктуры с помощью переносных мобильных металлографических микроскопов;

снятием реплик (оттисков) с подготовленных на поверхности деталей металлографических шлифов и последующим анализом микроструктуры на репликах в металлографической лаборатории;

отбором локальных выборок металла (сколов, спилов, срезов), не нарушающих целостность и работоспособность элемента, с последующим приготовлением шлифа и анализом микроструктуры в металлографической лаборатории.

73. Металлографический контроль проводят на участках (в зонах) элементов оборудования, наиболее объективно отражающих воздействие условий эксплуатации на состояние микроструктуры детали, в том числе в зонах повышенных температур и концентрации напряжений.

Процесс приготовления шлифа для металлографического анализа на участке поверхности объекта контроля включает несколько стадий механического шлифования и полирования, а также чередование однократного или многократного химического травления и полирования. Поверхность шлифа должна быть зеркальной.

74. При отборе локальных проб необходимо предпринимать меры, предохраняющие их от чрезмерного нагрева и наклёпа.

Отбор локальных проб не должен снижать запасов прочности контролируемого элемента ниже нормативных значений.

Для элементов с толщиной стенки до 30 мм максимальная глубина выемки в месте отбора не должна превышать 2,5 мм, но не должна быть более 20% от толщины стенки элемента на участке отбора. При толщине стенки элементов более 30 мм допускается глубина выемки от проведённого отбора до 5 мм, но не более 10% от толщины стенки элемента. Выемка должна иметь плавные скруглённые края.

Не допускается отбирать пробы из гнутой части гнутых, штампованных и штампованных отводов. В обоснованных случаях допускается отклонение от данного требования при условии отбора прецизионным способом микропробы толщиной не более 1,5 мм и выполнении требований по предотвращению нагрева и наклёпа металла.

75. При металлографическом исследовании состояния металла элементов, работающих в условиях ползучести, анализ микроповреждённости (далее -  $M_{\text{КП}}$ ) перлитных и мартенситных сталей является обязательным.

76. Просмотр, анализ и фотографирование микроструктуры и микроповреждённости сталей перлитного класса требуется выполнять при 100-кратном и 500-кратном увеличении. Для оценки микроповреждённости жаропрочных хромистых сталей феррито-мартенситного (мартенситного) класса следует использовать 1000-кратное увеличение.



### **Определение элементного состава металла**

77. Для определения химического состава металла при проведении неразрушающего контроля используются переносные мобильные приборы оптико-эмиссионного или рентгенофлуоресцентного принципа действия.

Переносная аппаратура применяется для контроля элементного состава металла непосредственно на объекте контроля.

Для определения химического состава металла должны использоваться приборы, не оставляющие следов (прижогов) на поверхности. При контроле элементного состава металла оптико-эмиссионным методом следует располагать точку (зону) контакта с поверхностью детали за пределами проблемных зон (вершинами концентраторов напряжений).

78. Для проведения анализа оптико-эмиссионным и рентгенофлуоресцентным методами требуется подготовка поверхности контрольной зоны элемента или детали.

Контроль элементного состава металла оптико-эмиссионным методом даёт возможность определения полного набора легирующих элементов в сплаве, включая "следовые" количества примесей.

Определение химического состава элементов из хромистых сталей методом оптико-эмиссионного спектрального анализа следует выполнять в стационарных условиях на вырезанных пробах (в рамках разрушающего контроля).

79. Рентгенофлуоресцентные анализаторы не могут применяться для определения содержания в металле легких элементов, таких как углерод и кремний, а также серы и фосфора. Для анализа химического состава на предмет определения указанных элементов, а также для уточнения их количественного содержания в контрольной детали, следует применять оптико-эмиссионную аппаратуру.

## **IV. Разрушающий контроль металла**

### **Требования к проведению вырезок металла (отбору проб) и изготовлению образцов**

80. В случае необходимости проведения исследований металла на вырезке выполняют отбор проб.

При отборе проб металла из поверхностей нагрева котлов места вырезок должны соответствовать зонам с наибольшей повреждаемостью и с максимальной плотностью теплового потока или (и) температурой пара. Следует при этом учитывать результаты магнитного контроля (МКТН) для сталей перлитного класса и ферритометрии для аустенитных сталей, а также результаты ультразвуковой толщинометрии. Вырезку следует выполнять механическим способом. Допускается осуществлять вырезку огнем с последующим механическим удалением слоя металла от кромки реза шириной не менее 20 мм.

81. Вырезку пробы из трубопровода (паропровода) следует выполнять механическим способом. Допускается проводить вырезку огнем с применением электродуговой или газовой резки при условии последующего удаления механическим способом слоя металла от кромки реза шириной не менее 30 мм. Следует вырезать участок трубопровода, содержащий фрагменты прямой трубы игиба, включая их сварное соединение. Вырезаемая проба должна быть предварительно замаркирована таким образом, чтобы при последующей механической обработке (разделке) была возможность идентификации металла прямой

трубы и гига.

82. Вырезку пробы металла (пробки) из барабана следует выполнять механическим способом. Не следует производить вырезку "пробок" диаметром более 100 мм.

Место вырезки пробки обосновывается расчётом на прочность. После вырезки пробы следует указать на чертеже развёртки корпуса барабана (или формуляре) размеры вырезанного отверстия и расстояния от его центра до середины ближайшего сварного шва и центров ближайших трубных отверстий.

83. Вырезаемые из труб поверхностей нагрева котлов пробы (патрубки) должны иметь длину, достаточную для проведения необходимого комплекса исследований:

металлографического анализа;

химического и карбидного анализа металла;

проведения при необходимости механических и жаропрочных испытаний.

Для труб из аустенитных сталей карбидный анализ не проводится.

Образцы для испытаний по определению механических свойств и длительной прочности (жаропрочности) вырезают вдоль оси трубы - сегментные образцы, при этом поверхностные слои металла остаются нетронутыми.

84. Образцы для механических испытаний, изготавливаемые из проб, вырезанных из трубопроводов (пункт 81 ФНП), следует размещать в тангенциальном направлении (по окружности сечения трубы). Образцы для испытаний на длительную прочность (и ползучесть) металла следует размещать в тангенциальном направлении, если это позволяют размеры вырезанной пробы. В противном случае образцы располагают вдоль оси трубы. Образцы для механических испытаний и испытаний на длительную прочность сварных соединений располагают вдоль оси трубы. Следует размещать образцы по возможности ближе к наружной поверхности трубы (если это не противоречит конкретной задаче исследования).

85. Образцы для механических испытаний и испытаний на длительную прочность, вырезаемые из центробежнолитых (далее - ЦБЛ) труб, следует размещать в зонах, максимально приближенных к внутренней поверхности трубы.

86. Для исследования металла гнutoго колена проба отбирается (вырезается) из центральной части колена (гиба). В этом случае образцы для исследований как поперечные, так и продольные вырезают из половины пробы, соответствующей наружному обводу гига, включающей полностью растянутую зону и частично две нейтральные зоны.

Образцы для металлографических исследований металла трубопроводов, включая анализ микроструктуры и микроповреждённости, вырезаются на всю толщину стенки трубы (гиба) (ограничиваются внутренней и наружной поверхностями трубы).

87. Вырезанная из барабана цилиндрическая проба разрезается на несколько слоев (дисков), толщина которых должна обеспечить изготовление стандартных образцов на разрыв и ударный изгиб. Продольные оси образцов располагают параллельно продольной оси барабана.

### Исследование макроструктуры

88. Исследование макроструктуры металла и сварных соединений проводят при небольших увеличениях (не более чем в 30 раз). В зависимости от задачи исследования макроструктурному анализу подвергают поверхности элементов оборудования: макрошлифы, изломы.

89. Поверхности деталей исследуют для выявления металлургических, технологических и эксплуатационных макродефектов после зачистки поверхностей абразивным инструментом.

Макрошлифы, подготовка которых ограничивается стадией тонкого шлифования, анализируют для выявления дефектов макроструктуры типа пустот, раковин, газовых пузырей, трещин. Для анализа макроструктуры металла, обнаружения ликвационных неоднородностей, неявно выраженных трещин, надрывов, несплавлений, расслоений, пористости исследуют макрошлифы, подвергнутые травлению специальными реактивами.

90. Исследования структуры поверхности изломов (фрактографические исследования), образовавшихся при разрушении деталей в процессе эксплуатации или испытываемых образцов, выполняют для установления причин и механизмов разрушения, в том числе оценки качества изготовления элементов.

### Исследование микроструктуры

91. Исследование микроструктуры металла проводится для: выявления неметаллических включений; определения размеров зерна и рекристаллизации; оценки наличия и распределения фаз, их ориентации и изменений в зависимости от технологии изготовления и воздействия условий эксплуатации; изучения формы и природы отдельных кристаллитов; выявления особенностей возникновения и распространения повреждений. Качественный анализ микроструктуры проводят на шлифах при увеличениях от 100 до 1500 (2000) крат с помощью оптических микроскопов.

92. Для выявления распределения графита в микроструктуре основного металла и зон сварных соединений трубопроводов (и коллекторов), работающих при температуре выше 390°C и изготовленных из углеродистых и молибденовых (15М, 16М) сталей, применяется травление слабым раствором азотной кислоты с добавлением пикриновой кислоты в этиловом спирте, в случае, если необходимый результат не может быть достигнут применением слабого раствора азотной кислоты.

При контроле состояния металла на наличие структурно свободного графита в первую очередь контролируют зону термического влияния (далее - ЗТВ) сварных соединений.

Выделение графита (если оно произошло) обнаруживается также на нетравленных полированных (до зеркального блеска) шлифах при 500-кратных увеличениях в виде отдельных глобулей.

93. Для выявления границ зёрен и составляющих структуры (феррита, перлита, бейнита, мартенсита, аустенита, карбидов, сигма-фазы) проводят травление с применением специальных реактивов.

94. Микроструктурный анализ металла ЦБЛ труб из стали 15Х1М1Ф проводится на шлифах поперечного сечения стенок труб как в зонах с нормальным структурным состоянием, так и в ликвационной зоне, примыкающей к внутренней поверхности трубы, для выявления степени развития ликвационной структуры и фиксирования микродефектов технологического происхождения.

95. Оценка результатов исследования микроструктуры проводится по эталонным шкалам национальных стандартов, технических условий на изготовление и

шкалам приложений к ФНП.

Стадию процесса графитизации в основном металле и сварных соединениях трубопроводов, работающих при температуре выше 390°C и изготовленных из углеродистых и молибденовых (15М, 16М) сталей, оценивают при 500-кратном увеличении микроскопа, по шкале графитизации (приложение N 1 к ФНП).

Оценку стадии процесса сфероидизации перлита углеродистых и низколегированных сталей, обусловленного эксплуатацией, проводят при 1000-кратном увеличении микроскопа по шкале сфероидизации перлита в углеродистых и низколегированных сталях (приложение N 2 к ФНП).

### **Исследование микроповреждённости структуры**

96. Для выявления микроповреждённости порами ползучести основного металла и зон сварных соединений высокотемпературных элементов оборудования, на вырезанном образце приготавливается шлиф и применяется многократная полировка и травление шлифа образца. На шлифе чередование травления и полирования проводят до состояния выявляемости пор при 500-1000-кратных увеличениях микроскопа. Для получения чистой травленной поверхности предварительную и конечную обработку образца проводят чистым этиловым спиртом.

97. Исследование микроповреждённости металла прямых труб и гибов паропроводов следует выполнять по сечению всей толщины стенки от наружной до внутренней поверхности.

Участком исследования микроповреждённости сварных соединений служит металл шва (далее - МШ), зона термического влияния (далее - ЗТВ) и основной металл. В ЗТВ особое внимание следует уделять исследованию разупрочнённой прослойки металла, расположенной на расстоянии 2-4 мм от линии сплавления. Разупрочнённую прослойку металла ЗТВ следует выявлять предварительно при 100-кратном увеличении, исследование микроповреждённости ЗТВ проводят при увеличениях от 500 до 1000 крат.

Участками исследования микроповреждённости на образцах поперечного сечения стенок ЦБЛ труб из стали 15Х1М1Ф служат как зона металла с основной структурой, так и зона металла с ликвационной структурой, примыкающая к внутренней поверхности трубы.

98. Оценку стадии микроповреждённости металла порами ползучести для сталей перлитного класса проводят:

основного металла труб (гибов) - по шкале микроповреждённости сталей перлитного класса (приложение N 3 к ФНП).

основного металла ЦБЛ труб из стали 15Х1М1Ф - по шкале микроповреждённости (приложение N 4 к ФНП);

ЗТВ разупрочнённой прослойки сварных соединений - по шкале микроповреждённости металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ (приложение N 5 к ФНП) и по шкале микроповреждённости металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 15Х1М1Ф (приложение N 6 к ФНП).

Анализ степени микроповреждённости металла порами ползучести для хромистых сталей мартенситного (феррито-мартенситного) класса выполняют:

основного металла труб (гибов) из стали 10Х9МФБ (ДИ82) и X10CrMoVNb9-1 (P91 или T91) - по шкале микроповреждённости металла труб из сталей марок P91 (X10CrMoVNb9-1) и ДИ82 (10Х9МФБ) (приложение N 7 к ФНП);

ЗТВ сварных соединений - по шкале микроповреждённости металла зон сварных соединений из сталей марок P91 (X10CrMoVNb9-1) и ДИ82 (10Х9МФБ) с

использованием хромистых сварочных материалов (CrMo91/10X9M1Ф) (приложение N 8 к ФНП);

зон разнородных сварных соединений - по шкале микроповреждённости металла зон разнородных сварных соединений (приложения N 9, N 10 к ФНП).

#### **Определение механических свойств материалов (механические испытания)**

99. К основным механическим свойствам материалов относятся прочностные характеристики, пластические характеристики, твёрдость, ударная вязкость и другие.

Механические свойства определяются по результатам испытаний:

статических испытаний на растяжение стандартных образцов металла при комнатной и повышенной температурах;

статических испытаний на растяжение образцов труб при комнатной и повышенной температурах;

испытаний на ударный изгиб стандартных образцов металла при комнатной, повышенной и пониженной температурах;

статических испытаний на растяжение и испытаний на ударный изгиб образцов сварных соединений при комнатной, повышенной и пониженной температурах;

испытаний по определению твёрдости металла.

100. Испытания на растяжение стандартных образцов проводят при комнатной температуре и повышенной температуре, соответствующей рабочей температуре исследуемого металла (с округлением в большую сторону до температуры, кратной 5°C), с соблюдением следующих основных требований:

а) типы и размеры пропорциональных цилиндрических и плоских образцов на растяжение, а также требования к качеству их изготовления должны отвечать соответствующим стандартам;

б) форма, размеры изготавливаемых образцов и их количество определяются программой исследования с учётом максимально полного решения поставленных перед исследованием задач и возможностей (нередко ограниченных) по объёму вырезанной пробы. Следует при каждой заданной программой испытаний температуре испытывать не менее трёх образцов;

в) испытания проводят на разрывных и универсальных испытательных машинах всех систем (механических, электромеханических, гидравлических, сервогидравлических) при условии соответствия их технических характеристик необходимым условиям испытаний, а также поддержания и регистрации механических параметров испытаний с заданной точностью;

г) характеристики нагревательных устройств (печей), термодатчиков, регулирующих и регистрирующих приборов должны обеспечивать реализацию температурного режима испытаний с заданной точностью;

д) по результатам статических испытаний на растяжение определяют:

предел текучести физический или условный;

временное сопротивление разрыву (предел прочности);

относительное удлинение;

относительное сужение поперечного сечения.

101. Испытания на растяжение трубных образцов проводят при комнатной и повышенной температурах, последняя из которых соответствует эксплуатационной температуре металла (с округлением в большую сторону до температуры, кратной 10°C).

Для трубных образцов требования к порядку проведения испытаний на растяжение и обработке их результатов, а также требования к испытательной технике и средствам измерений аналогичны требованиям к таковым испытаниям стандартных образцов металла, проводимых в соответствии с пунктом 100 ФНП.

Трубные образцы изготавливают в осевом (продольном) направлении на всю толщину трубы (сегментные образцы) так, что две противоположные поверхности образца являют собой наружную и внутреннюю поверхности трубы. Эти поверхности должны быть очищены от загрязнений и механической обработке могут не подвергаться.

102. Испытания на ударный изгиб, заключающиеся в разрушении призматических образцов с концентратором посередине ударным нагружением, выполняют на образцах, стандартизированных по типам, (по конфигурации (включая форму концентратора) и размерам).

Изготавливаемые образцы следует маркировать (клеймить) с двух концов на торцах или на гранях, исключая грань, на которую наносится надрез, на расстоянии не более 15 мм от торца образца. В случае клеймения ударным способом маркировка должна наноситься до выполнения надреза.

Испытания на ударный изгиб проводят на маятниковых копрах. Технические характеристики маятниковых копров, крио- и термокамер, аппаратуры и средств измерений должны обеспечивать заданные параметры испытаний с достаточной точностью.

При каждой заданной программой испытаний температуре должны испытывать не менее трёх образцов. Допускается в обоснованных случаях испытывать при каждой температуре два образца.

По результатам испытаний определяют для каждого образца ударную вязкость (удельную энергию разрушения). В случае, если программой исследования предусмотрено установление критической температуры хрупкости металла, процентное соотношение долей вязкой и хрупкой составляющих в изломах образцов определяют на разрушенных образцах с концентратором вида V (тип "Шарпи").

103. Измерения твёрдости металла в стационарных условиях следует проводить стандартными методами: по Бринеллю, по Виккерсу или по Роквеллу.

Испытания проводят при комнатной температуре ( $20^{+15}_{-10}$ )°C. При изготовлении образцов и подготовке поверхности для контроля следует исключать возможность изменения поверхностных свойств металла вследствие нагрева или наклёпа. Рабочая и противоположная поверхности образца должны быть параллельными в случае измерения твёрдости на плоских поверхностях.

Соотношение толщины образца и нагрузки должно быть таковым, чтобы на обратной поверхности (стороне) образца отсутствовали заметные невооружённым

глазом следы деформации от воздействия на металл индентора.

При измерении твёрдости по Бринеллю расстояние между краями двух соседних отпечатков должно быть не менее трёх диаметров отпечатков, а расстояние от края отпечатка до края образца - не менее 2,5 диаметра отпечатка. При измерении твёрдости по Виккерсу расстояние от центра отпечатка до края соседнего отпечатка или до края образца должно быть не менее 2,5 длины диагонали отпечатка. При измерении твёрдости по Роквеллу расстояние между центрами двух соседних отпечатков или от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 3,0 мм.

Для получения представительной характеристики твёрдости (в том числе для конкретной зоны образца) должно быть проведено не менее трёх измерений. В обоснованных случаях число измерений может быть сокращено. За результирующую величину твёрдости принимается среднее значение по результатам нескольких измерений.

104. Определение механических свойств сварных соединений отличается спецификой, обусловленной структурной (металлургической) и механической неоднородностью композиции "основной - наплавленный металл (МШ) - переходные зоны (ЗТВ)".

Испытания на статическое растяжение и определение твёрдости проводят как для отдельных зон сварного соединения, так и для всего соединения в целом. Испытания на ударный изгиб выполняют для отдельных конкретных зон сварного соединения согласно месту (точке) расположения в образце вершины концентратора относительно границ зон соединения. Испытания на статический изгиб проводят для сварного соединения в целом.

Порядок вырезки образцов, включая их форму, расположение, ориентацию, размеры (и нанесение концентратора), определяется конкретной задачей исследования, типом и геометрическими параметрами соединения, и видом испытаний.

Общие требования к испытаниям металла отдельных зон (участков) сварного соединения на статическое растяжение соответствуют таковым для аналогичных испытаний стандартных образцов металла, проводимых в соответствии с пунктом 100 ФНП. Испытания проводят для металла шва и металла различных участков ЗТВ.

Твёрдость металла отдельных зон сварных соединений определяют в соответствии с пунктом 103 ФНП. В качестве основного метода для измерения твёрдости применяется метод Виккерса. Твёрдость сварного соединения как целой композиции определяют дискретными измерениями с заданным шагом поперёк сварного соединения (включая все зоны) от основного металла с одной стороны до основного металла другой (противоположной) стороны соединения. Твёрдость основного металла, различных участков ЗТВ и металла шва измеряют по одной или нескольким линиям на поперечном сечении соединения, перпендикулярным оси соединения на этом сечении. Предпочтительно проводить измерения по нескольким линиям.

Испытания на ударный изгиб сварного соединения проводят для различных его зон: МШ, различных участков ЗТВ (линия сплавления, "мягкая" прослойка).

Принадлежность испытываемого металла к конкретной зоне определяется месторасположением вершины концентратора (надреза) в образце по отношению к границам зон соединения. Основные требования к образцам, проведению испытаний и обработке их результатов соответствуют таковым для стандартных испытаний металла на ударную вязкость, проводимых в соответствии с пунктом 102 ФНП.

Испытание сварного соединения как цельной композиции на статическое растяжение проводят для определения прочности наиболее слабого участка стыкового или нахлесточного соединения и по его результатам устанавливают временное сопротивление наиболее слабого участка (сварного соединения в целом).

### Испытания на длительную прочность

105. Испытания на длительную прочность проводят:

для оценки соответствия жаропрочных свойств материалов нормативным требованиям применительно к металлу повреждённых в ходе эксплуатации элементов;

для определения остаточного ресурса высокотемпературных элементов длительно эксплуатируемого оборудования.

В данном пункте и далее по тексту ФНП в качестве остаточного ресурса принимается наработка оборудования или групп элементов в его составе от текущего момента до перехода в предельное состояние (требующее прекращения работы), определяемая с использованием индивидуального ресурса и предшествующей наработки с учётом фактических параметров предшествующей эксплуатации и для конкретных заданных параметров последующей эксплуатации. При этом к ресурсу индивидуальному относится ресурс оборудования или групп элементов в его составе, рассчитанного с учётом фактических данных по геометрическим размерам и состоянию металла для конкретных заданных параметров эксплуатации.

106. Испытания на жаропрочность требуется выполнять в диапазонах температур и напряжений, в пределах которых механизмы ползучести и разрушения металла при лабораторных исследованиях и эксплуатации подобны.

Количество испытываемых образцов на одно состояние металла (одна серия испытаний) должно быть не менее восьми.

107. Диапазон изменения времени испытания (до разрушения) в пределах одной серии испытываемых образцов составляет не менее одного порядка.

Минимальное время до разрушения образца, принимаемое в расчёт при обработке результатов испытаний, должно составлять не менее 300 часов.

108. Диапазон задаваемых напряжений для серии испытываемых образцов следует устанавливать в пределах от 1,25 до 2,0 от уровня рабочих напряжений.

Следует по возможности задавать напряжение испытаний образца ниже уровня 1,25 от рабочего напряжения, так как при этом будет повышаться точность конечной оценки характеристик жаропрочности по результатам данной серии испытаний.

Не следует задавать напряжение испытаний образца выше двукратного рабочего напряжения.

109. В процессе испытаний определяют для каждого разрушенного образца значение параметра длительной прочности  $P_{д.п.}$  по формуле:

$$P_{д.п.} = T \cdot (\lg \tau_k - 2 \lg T - \alpha) \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где:  $\tau_k$  - время до разрушения образца, ч;



$T$  - температура испытания, К;

$\alpha$  - постоянная.

Следует принимать: для углеродистых, низколегированных и легированных сталей  $\alpha = -25$ ; для высоколегированных аустенитных сталей  $\alpha = -20$ ; для хромистых сталей  $\alpha = -36$ .

110. По результатам испытаний серии образцов (для конкретного состояния металла) строят условную параметрическую диаграмму длительной прочности в координатах " $P_{д.п.} - \lg \sigma$ ", где  $\sigma$  - напряжение в испытуемом образце, МПа.

Параметрическую диаграмму допускается использовать для графического определения условного предела длительной прочности металла (для заданных температуры и ресурсной базы) или остаточного ресурса для заданных температуры и уровня рабочего напряжения (с учётом коэффициента запаса прочности).

Экстраполяция предела длительной прочности по результатам испытаний серии образцов выполняется на ресурс, не превышающий суммарную базу испытаний данной серии более чем на порядок.

#### Определение химического состава металла

111. Определение элементного состава металла методами химического анализа (с помощью химических реакций) проводят на специально отобранных пробах в виде стружки, мелких частиц металла (опилок).

Поверхность металла для отбора проб тщательно очищается от окалины и прочих загрязнений. Пробы отбирают в нескольких местах по поверхности или сечению детали сверлами или специально заточенным резцом.

Недопустимо попадание на отбираемую пробу масла или охлаждающей эмульсии. Поверхность стружки не должна иметь цветов побежалости. Не следует отбирать пробу (опилки) напильником во избежание попадания в неё частиц постороннего материала.

112. Для определения химического состава металла в лабораторных условиях предпочтительно использовать современные технические средства: стационарные приборы оптико-эмиссионного или рентгенофлуоресцентного принципа действия. С помощью стационарных аналитических приборов определяют химический состав металла на демонтированных деталях или вырезанных образцах.

Основные требования и правила к методам определения химического состава металла с использованием стационарных оптико-эмиссионных и рентгенофлуоресцентных приборов аналогичны таковым, как и при использовании подобных приборов мобильного применения в соответствии с пунктами 77-79 ФНП.

#### V. Назначенный ресурс элементов оборудования

113. Назначенный ресурс устанавливается для однотипных по конструкции, маркам стали изготовления и условиям эксплуатации элементов оборудования на основании результатов расчётно-экспериментальных исследований и опыта эксплуатации.

114. Назначенный ресурс для групп элементов оборудования не является предельным, обозначающим при его достижении необходимость обязательного

вывода из эксплуатации и демонтажа данных элементов. По достижении группой элементов оборудования назначенного ресурса выполняется техническое диагностирование этих элементов и продление на основании его результатов срока их эксплуатации.

Элементы оборудования, для которых назначенный ресурс не устанавливается, на основании удовлетворительных результатов эксплуатационного контроля допускаются в дальнейшую эксплуатацию до очередного контроля согласно указанной в регламенте периодичности или до срока проведения ЭПБ.

### Котлы

115. Значения назначенного ресурса коллекторов котлов, работающих при температуре 450°C и выше, в зависимости от расчётных параметров эксплуатации и применённых марок стали, приведены в таблице VI.1.

Таблица VI.1

Марка стали коллектора котла	Расчетная температура пара в коллекторе, °C	Назначенный ресурс коллекторов котла, тысяч часов
12MX	$\leq 510$	300
12MX	511-530	250
15XM	$\leq 530$	300
12X1MФ	$\leq 545$	200
12X1MФ	>545	150
15X1M1Ф	$\leq 545$	200
15X1M1Ф	>545	150
X10CrMoVNb9-1, 10X9MФБ	независимо от температуры (но более 450°C)	200

116. Назначенный ресурс прямых участков и гибов паропроводов и пароперепускных труб в пределах котлов и паровых турбин равен назначенному ресурсу прямых участков и гибов станционных паропроводов из аналогичных марок стали, эксплуатирующихся при таких же номинальных параметрах пара в соответствии с пунктом 120 ФНП.

117. Ресурс надёжной эксплуатации труб поверхностей нагрева котла, работающих при 450°C и выше, устанавливается при проведении планового

обследования после наработки 50 тысяч часов - согласно пункту 125 ФНП (таблица VII.1, позиция 1) - с учётом результатов исследования состояния металла на вырезках в соответствии с пунктом 131 ФНП. Если при этом величина остаточного ресурса труб контролируемой поверхности нагрева превысит 50 тысяч часов, то данная поверхность нагрева допускается в дальнейшую эксплуатацию на 50 тысяч часов, по истечении которых должно быть проведено очередное обследование (с оценкой остаточного ресурса).

118. Назначенный ресурс барабанов, установленный в зависимости от марки, стали и эксплуатационных параметров (за котлом), приведён в таблице VI.2.

Таблица VI.2

Рабочее давление котла, МПа	Марка стали барабана	Назначенный ресурс, тысяч часов
до 10,0	Стали 20, 20Б, 15К, 16К, 18К, 20К, 22К, 15М, 16М, 15ГСМФ	300,0
до 14,0	Сталь 16ГНМ	250,0
до 17,5	Сталь 16ГНМА	300,0
до 15,0	Сталь 15NiCuMoNb5	200,0

119. Назначенный ресурс крепежа арматуры, работающей при температуре 450°C и выше, в зависимости от номинальных параметров эксплуатации и применённых марок стали приведён в таблице VI.3.

Таблица VI.3

Марка стали крепежа	Номинальная температура пара, °C	Назначенный ресурс крепежа арматуры, тысяч часов
ЭИ723	$\leq 525$	200
ЭИ723	$> 525$	100
ЭП182	$\leq 560$	220
ЭП44	$\leq 545$	220

ЭП44	>545	100
ЭИ10	≤510	270
ЭИ993	≤560	220

### Паропроводы

120. В таблице VI.4 приведены значения назначенного ресурса паропроводов и их основных элементов в зависимости от типоразмеров паропроводов, номинальных параметров пара и марок стали.

Таблица VI.4

N п/п	Марка стали	Типоразмер паропровода, мм			Номинальные параметры пара		Назначенный ресурс основных элементов паропровода, тысяч часов		Назначенный ресурс паропровода в целом, тысяч часов
		D <sub>к</sub>	S	R	T, °C	P, МПа	Прямые	Гибы труб	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15X1M1Ф	980	40	4500	545	3,9	400	100	100
2	15X1M1Ф	720	25	2500	545	3,9	300	150	150
3	15X1M1Ф	630	25	2300	545	3,9	400	270	270
4	15X1M1Ф	465	75	2100	545	25,5	175	110	110
5	15X1M1Ф	426	16	1700	565	2,2	400	250	250
6	15X1M1Ф	377	60	1500	545	25,5	150	100	100

7	15X1M1Ф	377	50	1500	560	14	300	250	250
8	15X1M1Ф	377	45	1500	560	14	250	200	200
9	15X1M1Ф	377	45	1500	550	13	300	250	250
10	15X1M1Ф	377	45	1500	545	14	300	250	250
11	15X1M1Ф	377	43	1500	560	14	200	150	150
12	15X1M1Ф	377	43	1500	550	13	300	250	250
13	15X1M1Ф	377	40	1500	545	14	300	240	240
14	15X1M1Ф	325	60	1370	545	25,5	320	250	250
15	15X1M1Ф	325	38	1370	560	14	260	175	175
16	15X1M1Ф	325	38	1500	550	14	350	270	270
17	15X1M1Ф	273	50	1000	550	25,5	250	200	200
18	15X1M1Ф	273	45	1000	545	14	400	350	350
19	15X1M1Ф	273	36	1000	560	14	300	250	250
20	15X1M1Ф	273	36	1000	545	14	400	300	300
21	15X1M1Ф	273	35	1000	565	14	300	220	220
22	15X1M1Ф	273	34	1000	545	14	400	300	300
23	15X1M1Ф	273	32	1000	560	13	300	230	230
24	15X1M1Ф	273	32	1000	555	13	310	260	260
25	15X1M1Ф	273	32	1000	545	14	300	250	250
26	15X1M1Ф	273	32	1000	540	10	400	350	350
27	15X1M1Ф	273	26	1000	510	10	400	350	350

28	15X1M1Φ	273	16	1000	510	10	300	200	200
29	15X1M1Φ	245	45	1000	560	25,5	175	110	110
30	15X1M1Φ	245	45	1000	550	25,5	300	200	200
31	15X1M1Φ	245	45	1000	545	25,5	300	250	250
32	15X1M1Φ	245	32	1000	545	14	400	300	300
33	15X1M1Φ	219	26	850	545	14	300	250	250
34	15X1M1Φ	219	26	850	540	10	400	350	350
35	15X1M1Φ	219	25	850	565	14	150	100	100
36	15X1M1Φ	219	25	850	560	14	220	130	130
37	15X1M1Φ	219	25	850	550	13	350	300	300
38	15X1M1Φ	219	25	850	545	14	300	250	250
39	15X1M1Φ	219	24	850	545	14	300	250	250
40	15X1M1Φ	219	24	850	540	10	400	350	350
41	15X1M1Φ	219	22	850	510	10	400	380	350
42	15X1M1Φ	194	38	750	560	25,8	250	170	170
43	15X1M1Φ	194	36	750	545	25,5	300	250	250
44	15X1M1Φ	194	20	750	545	14	250	170	170
45	15X1M1Φ	168	32	700	550	24	300	250	250
46	15X1M1Φ	159	30	650	545	25,5	300	250	250
47	15XM	325	40	1370	510	10	400	350	350
48	15XM	325	34	1370	510	10	400	350	350

49	15XM	325	30	1370	510	10	350	300	300
50	15XM	273	40	1000	510	10	400	350	350
51	15XM	273	35	1000	510	10	400	350	350
52	15XM	273	30	1000	510	10	400	350	350
53	15XM	273	28	1000	510	10	400	320	320
54	15XM	273	26	1000	510	10	350	300	300
55	15XM	245	40	1000	510	10	400	350	350
56	15XM	219	22	850	510	10	350	320	320
57	15XM	194	20	750	510	10	400	350	350
58	15XM	194	18	750	510	10	350	300	300
59	15XM	168	19	700	510	10	400	350	350
60	12X1MФ	630	28	2300	560	3,9	250	140	140
61	12X1MФ	525	45	2500	510	10	400	400	400
62	12X1MФ	465	20	2100	560	2,85	300	250	250
63	12X1MФ	465	20	2100	545	3,9	350	250	250
64	12X1MФ	465	20	2100	545	3,2	300	250	250
65	12X1MФ	465	19	2100	545	2,8	350	300	300
66	12X1MФ	465	19	2100	545	4,2	300	150	150
67	12X1MФ	465	19	2100	545	3,9	300	220	220
68	12X1MФ	426	20	1700	545	3,7	300	250	250
69	12X1MФ	426	20	1700	545	3,2	350	300	300

70	12X1МФ	426	18	1700	545	3,9	320	250	250
71	12X1МФ	426	18	1700	545	3,2	300	250	250
72	12X1МФ	426	18	1700	545	2,5	400	300	300
73	12X1МФ	426	17	1700	565	2,4	300	250	250
74	12X1МФ	426	17	1700	545	3,9	300	175	175
75	12X1МФ	426	16	1700	545	3,9	230	110	100
76	12X1МФ	377	50	1500	565	15,5	80	70	70
77	12X1МФ	377	50	1500	565	14	150	110	110
78	12X1МФ	377	50	1500	550	14	300	250	250
79	12X1МФ	377	45	1500	560	14	115	85	85
80	12X1МФ	377	45	1500	550	13	230	170	170
81	12X1МФ	377	45	1500	545	14	250	180	180
82	12X1МФ	377	17	1500	565	3,9	180	100	100
83	12X1МФ	377	17	1500	545	3,9	300	250	250
84	12X1МФ	377	16	1500	545	3,2	320	270	270
85	12X1МФ	377	15	1500	565	3	280	160	160
86	12X1МФ	377	15	1500	565	2,8	300	200	200
87	12X1МФ	325	50	1370	560	14	300	240	240
88	12X1МФ	325	50	1370	545	14	350	300	300
89	12X1МФ	325	48	1370	565	13	260	200	200
90	12X1МФ	325	45	1370	565	14	160	120	120



91	12X1МФ	325	45	1370	560	14	180	130	130
92	12X1МФ	325	45	1370	545	14	320	270	270
93	12X1МФ	325	42	1370	565	13	160	110	110
94	12X1МФ	325	42	1370	560	14	160	110	110
95	12X1МФ	325	42	1370	555	13	280	210	210
96	12X1МФ	325	42	1370	545	14	300	250	250
97	12X1МФ	325	40	1370	565	14	80	70	70
98	12X1МФ	325	38	1370	560	14	80	75	75
99	12X1МФ	325	38	1370	550	14	145	100	100
100	12X1МФ	325	38	1370	545	14	240	180	180
101	12X1МФ	325	38	1370	540	14	280	200	200
102	12X1МФ	325	38	1370	540	10	350	270	270
103	12X1МФ	325	38	1370	510	10	400	350	350
104	12X1МФ	325	30	1370	510	10	400	350	350
105	12X1МФ	325	30	1370	500	10	400	350	350
106	12X1МФ	325	25	1370	540	10	200	105	105
107	12X1МФ	325	24	1370	540	10	110	75	75
108	12X1МФ	325	24	1370	530	10	220	150	150
109	12X1МФ	325	24	1370	520	10	350	300	300
110	12X1МФ	325	24	1370	510	10	350	300	300
111	12X1МФ	325	24	1370	500	10	400	350	350

112	12X1МФ	325	22	1370	530	9	270	160	160
113	12X1МФ	325	22	1370	500	9	400	350	350
114	12X1МФ	325	20	1370	510	10	220	140	140
115	12X1МФ	325	20	1370	500	8,5	400	300	300
116	12X1МФ	325	13	1370	565	3	280	160	160
117	12X1МФ	325	12	1370	565	2,8	270	150	150
118	12X1МФ	273	45	1000	550	14	350	250	250
119	12X1МФ	273	40	1000	560	14	280	180	180
120	12X1МФ	273	40	1000	545	14	330	270	270
121	12X1МФ	273	36	1000	560	15,5	120	80	80
122	12X1МФ	273	36	1000	560	14	180	120	120
123	12X1МФ	273	36	1000	555	13	300	220	220
124	12X1МФ	273	36	1000	550	14	300	210	210
125	12X1МФ	273	36	1000	545	14	300	250	250
126	12X1МФ	273	36	1000	540	14	300	250	250
127	12X1МФ	273	36	1000	535	13	350	270	270
128	12X1МФ	273	36	1000	510	10	400	350	350
129	12X1МФ	273	32	1000	560	14	90	80	80
130	12X1МФ	273	32	1000	560	13,5	120	95	95
131	12X1МФ	273	32	1000	555	14	130	90	90
132	12X1МФ	273	32	1000	555	13	180	120	120

133	12X1МФ	273	32	1000	550	14	180	120	120
134	12X1МФ	273	32	1000	550	13	210	140	140
135	12X1МФ	273	32	1000	545	14	240	160	160
136	12X1МФ	273	32	1000	540	14	300	210	210
137	12X1МФ	273	32	1000	510	10	400	350	350
138	12X1МФ	273	28	1000	530	11	350	300	300
139	12X1МФ	273	28	1000	510	10	400	350	350
140	12X1МФ	273	26	1000	555	10	170	120	120
141	12X1МФ	273	26	1000	530	11	350	300	300
142	12X1МФ	273	26	1000	530	10	370	320	320
143	12X1МФ	273	26	1000	510	10	400	350	350
144	12X1МФ	273	26	1000	510	9	400	350	350
145	12X1МФ	273	26	1000	500	10	400	350	350
146	12X1МФ	273	25	1000	540	10	300	250	250
147	12X1МФ	273	24	1000	510	10	400	350	350
148	12X1МФ	273	22	1000	540	10	220	140	140
149	12X1МФ	273	22	1370	540	10	190	130	130
150	12X1МФ	273	22	1000	510	10	400	350	350
151	12X1МФ	273	22	1000	500	10	400	350	350
152	12X1МФ	273	22	1000	500	9	400	350	350
153	12X1МФ	273	20	1000	540	10	105	75	75

154	12X1МФ	273	20	1000	530	10	210	130	130
155	12X1МФ	273	20	1000	520	10	350	300	300
156	12X1МФ	273	20	1000	510	10	350	300	300
157	12X1МФ	273	20	1000	510	9	400	320	320
158	12X1МФ	273	20	1000	500	10	400	330	330
159	12X1МФ	273	18	1000	510	10	350	250	250
160	12X1МФ	273	17	1000	520	10	140	70	70
161	12X1МФ	273	17	1000	510	11	150	70	70
162	12X1МФ	273	17	1000	510	10	300	160	160
163	12X1МФ	273	16	1000	510	10	180	80	80
164	12X1МФ	273	16	1000	500	9	350	300	300
165	12X1МФ	273	13	1000	560	3,9	280	170	170
166	12X1МФ	273	11	1000	545	2,6	400	300	300
167	12X1МФ	245	62,5	1000	550	25,5	300	250	250
168	12X1МФ	245	45	1000	545	25,5	150	100	100
169	12X1МФ	245	45	1000	545	14	400	350	350
170	12X1МФ	245	32	1000	540	10	400	350	350
171	12X1МФ	245	32	1000	540	13,5	300	250	250
172	12X1МФ	245	30	1000	560	14	140	90	90
173	12X1МФ	245	30	1000	555	13	180	130	130
174	12X1МФ	245	30	1000	550	14	180	130	130

175	12X1МФ	245	25	1000	510	14	350	320	320
176	12X1МФ	219	35	850	560	14	300	250	250
177	12X1МФ	219	32	850	560	14	220	165	165
178	12X1МФ	219	32	850	560	13	340	240	240
179	12X1МФ	219	32	850	555	14	340	250	250
180	12X1МФ	219	30	1000	560	14	180	130	130
181	12X1МФ	219	29	850	560	14	170	110	110
182	12X1МФ	219	29	850	545	14	300	250	250
183	12X1МФ	219	28	850	560	14	160	100	100
184	12X1МФ	219	28	850	555	13	220	160	160
185	12X1МФ	219	28	850	550	13	300	220	220
186	12X1МФ	219	28	850	545	14	320	240	240
187	12X1МФ	219	28	850	510	14	400	350	350
188	12X1МФ	219	28	850	510	10	400	350	350
189	12X1МФ	219	26	850	560	14	100	75	75
190	12X1МФ	219	26	850	555	13	160	110	110
191	12X1МФ	219	26	850	550	14	180	120	120
192	12X1МФ	219	26	850	545	14	240	170	170
193	12X1МФ	219	26	850	540	10	400	300	300
194	12X1МФ	219	26	850	510	10	400	350	350
195	12X1МФ	219	26	850	500	10	400	350	350

196	12X1МФ	219	25	850	560	13,5	100	75	75
197	12X1МФ	219	25	850	550	14	150	100	100
198	12X1МФ	219	25	850	545	14	200	130	130
199	12X1МФ	219	25	850	540	14	240	170	170
200	12X1МФ	219	24	850	545	15,5	100	70	70
201	12X1МФ	219	24	850	540	13	270	190	190
202	12X1МФ	219	24	850	510	10	400	350	350
203	12X1МФ	219	22	850	510	10	400	350	350
204	12X1МФ	219	18	850	540	10	240	150	150
205	12X1МФ	219	18	850	535	9	300	250	250
206	12X1МФ	219	16	850	545	3,2	400	350	350
207	12X1МФ	219	16	850	510	10	350	300	300
208	12X1МФ	219	16	850	500	7,1	400	350	350
209	12X1МФ	219	14	850	510	10	340	190	190
210	12X1МФ	194	36	750	545	25,5	160	110	110
211	12X1МФ	194	22	750	510	10	400	350	350
212	12X1МФ	194	20	750	540	10	350	300	300
213	12X1МФ	194	19	750	540	10	300	250	250
214	12X1МФ	194	19	750	510	10	400	350	350
215	12X1МФ	194	19	750	510	9	400	350	350
216	12X1МФ	194	18	750	510	10	400	350	350

217	12X1МФ	194	16	750	540	10	230	150	150
218	12X1МФ	194	15	750	540	10	160	100	100
219	12X1МФ	194	15	750	520	10	350	300	300
220	12X1МФ	194	15	750	510	10	370	320	320
221	12X1МФ	194	15	750	500	10	400	350	350
222	12X1МФ	194	14	750	535	9	220	150	150
223	12X1МФ	194	14	750	510	11	350	250	250
224	12X1МФ	194	14	750	510	10	350	300	300
225	12X1МФ	194	14	750	500	9	400	350	350
226	12X1МФ	194	12	750	510	10	300	110	110
227	12X1МФ	168	20	700	560	14	90	80	80
228	12X1МФ	168	20	650	550	14	150	100	100
229	12X1МФ	168	20	650	550	13	210	150	150
230	12X1МФ	168	20	650	545	13	290	210	210
231	12X1МФ	168	18	650	540	13	230	160	160
232	12X1МФ	168	17	650	545	13	120	80	80
233	12X1МФ	168	14	700	540	10	240	160	160
234	12X1МФ	168	13	700	540	10	160	100	100
235	12X1МФ	159	32	600	545	25,5	240	160	160
236	12X1МФ	159	30	650	545	25,5	190	130	130
237	12X1МФ	159	22	650	560	14	170	120	120

238	12X1МФ	159	20	650	560	14	130	90	90
239	12X1МФ	159	20	650	550	14	200	140	140
240	12X1МФ	159	18	650	545	14	160	110	110
241	12X1МФ	159	18	600	540	13,5	260	180	180
242	12X1МФ	159	18	650	530	14	350	280	280
243	12X1МФ	159	17	650	540	14	160	110	110
244	12X1МФ	159	15	650	520	14	270	180	180
245	12X1МФ	159	13	650	540	10	180	125	125
246	12X1МФ	159	13	650	510	14	200	125	125
247	12X1МФ	159	12	650	540	10	100	80	80
248	12X1МФ	159	10	650	510	10	250	110	110
249	12X1МФ	159	7	650	545	2,6	400	350	350
250	12X1МФ	133	25	600	545	25,5	160	110	110
251	12X1МФ	133	20	600	560	14	270	190	190
252	12X1МФ	133	20	600	550	14	320	270	270
253	12X1МФ	133	17	600	560	14	140	100	100
254	12X1МФ	133	17	600	550	14	210	155	155
255	12X1МФ	133	17	600	550	13	310	220	220
256	12X1МФ	133	17	600	545	14	290	210	210
257	12X1МФ	133	17	600	540	10	400	350	350
258	12X1МФ	133	16	600	560	14	90	75	75



259	12X1МФ	133	16	600	560	13,5	125	90	90
260	12X1МФ	133	16	600	555	13	160	110	110
261	12X1МФ	133	16	600	550	14	180	120	120
262	12X1МФ	133	16	600	550	13	210	160	160
263	12X1МФ	133	16	650	545	14	210	150	150
264	12X1МФ	133	15	600	540	10	350	270	270
265	12X1МФ	133	15	600	530	9	400	350	350
266	12X1МФ	133	15	600	500	9	400	350	350
267	12X1МФ	133	13	600	550	10	240	180	180
268	12X1МФ	133	13	600	540	10	300	250	250
269	12X1МФ	133	13	600	530	14	170	110	110
270	12X1МФ	133	13	600	530	9	400	350	350
271	12X1МФ	133	13	600	500	9	400	350	350
272	12X1МФ	133	12	600	540	10	300	220	220
273	12X1МФ	133	11	600	540	10	200	140	140
274	12X1МФ	133	10	600	540	10	108	70	70
275	12MX	325	36	1370	510	10	350	320	320
276	12MX	326	34	1370	510	10	330	300	300
277	12MX	325	30	1370	510	10	320	300	300
278	12MX	325	28	1370	510	10	300	230	230
279	12MX	325	24	1370	510	10	170	120	120

280	12MX	273	36	1000	510	10	400	350	350
281	12MX	273	32	1000	510	10	400	350	350
282	12MX	273	32	1000	500	9	400	350	350
283	12MX	273	26	1000	510	11	350	300	300
284	12MX	273	28	1000	510	10	350	320	320
285	12MX	273	26	1000	510	10	320	300	300
286	12MX	273	26	1000	500	9	400	350	350
287	12MX	273	22	1000	510	10	230	170	170
288	12MX	273	20	1000	510	10	160	115	115
289	12MX	273	18	1000	510	10	110	75	75
290	12MX	245	25	1000	510	10	350	300	300
291	12MX	245	22	1000	510	10	300	250	250
292	12MX	219	24	850	510	10	350	330	330
293	12MX	219	22	850	510	10	350	300	300
294	12MX	219	22	850	500	9	400	350	350
295	12MX	219	20	850	510	10	350	270	270
296	12MX	194	20	750	510	10	350	300	300
297	12MX	194	20	750	500	9	400	350	350
298	12MX	194	19	750	510	10	350	300	300
299	12MX	194	19	750	500	10	400	350	350
300	12MX	194	18	750	510	10	350	300	300

301	12MX	194	15	750	500	10	350	280	280
302	12MX	194	14	750	510	10	145	105	105
303	12MX	168	16	700	510	10	330	300	300

Приведённые в таблице VI.4 значения назначенного ресурса относятся также к системам пароперепускных труб турбин.

121. Для указанных ниже элементов паропроводных систем из перлитных марок стали значения назначенного ресурса составляют:

- а) для штампованных колен и стыковых сварных соединений равными назначенному ресурсу прямых труб соответствующих паропроводов;
- б) для литых деталей корпусов арматуры и литых тройников, колен, переходов, работающих при температуре эксплуатации 450°C и выше, независимо от марки стали - 250 тысяч часов;
- в) для штампосварных колен - 100 тысяч часов;
- г) для штампованных (с вытянутой горловиной) и кованных тройников равными назначенному ресурсу прямых труб соответствующего типоразмера, принимая в качестве такового исполнительный размер коллекторной части тройника;
- д) для центробежнолитых (ЦБЛ) труб - 100 тысяч часов, за исключением ЦБЛ труб типоразмером  $\varnothing 630 \times 25$  мм, работающих при параметрах 545°C и 2,5 МПа; для последних составляет - 150 тысяч часов;
- е) для элементов паропроводов из углеродистой стали, работающих при температурах от 390 до 450°C, - 150 тысяч часов.

Назначенный ресурс стыковых сварных соединений, состоящих из элементов с разной толщиной (в том числе, соединения труб с литыми, коваными деталями), а также переходов (штампованных, точёных, обжатых) принимается равным наименьшему из двух величин назначенного ресурса присоединяемых труб (элементов). Назначенный ресурс тройниковых сварных соединений устанавливается индивидуально. Целесообразно для этого привлекать специализированную научно-исследовательскую организацию.

122. Назначенный ресурс элементов паропроводов из хромистых сталей мартенситного класса (10X9МФБ и X10CrMoVNb9-1) принимается равным расчётному ресурсу, указанному в паспорте на техническое устройство для данных групп элементов. При отсутствии в паспорте соответствующих указаний о назначенном ресурсе отдельных групп таких элементов он принимается равным 150 тысяч часов. Для тройниковых сварных соединений элементов из хромистых сталей, а также для композитных сварных соединений элементов из разнородных сталей мартенситного и перлитного классов назначенный ресурс принимается равным 100 тысяч часов.

Назначенный ресурс для коллекторов и паропроводов из хромистых сталей мартенситного класса (10X9МФБ и X10CrMoVNb9-1) и их сварных соединений, а также для барабанов из стали 15NiCuMoNb5 может уточняться в дальнейшем по мере накопления экспериментальных данных по свойствам металла и опыта эксплуатации.

123. Если приведённое в ФНП значение назначенного ресурса для конкретных групп элементов не совпадает с назначенным ресурсом, указанным в паспорте на техническое устройство для идентичных групп элементов, в качестве базового значения принимается наименьшая из этих двух величин.

## **VI. Эксплуатационный контроль элементов оборудования**

124. В настоящей главе ФНП приведены методы, объёмы и периодичность эксплуатационного контроля металла основных элементов, включая сварные соединения, котлов и трубопроводов тепловых электростанций. При обозначении видов и методов контроля, типов сварных соединений применяются следующие сокращения:

ВИК - визуально-измерительный контроль;

ВТК - вихретоковый контроль;

ИБ - исследования металла вырезки;

МИ - металлографическое исследование;

М<sub>КП</sub> - исследование микроповреждённости;

МКТН - магнитный контроль тепловой неравномерности;

МПК (МПД) - магнитопорошковый контроль (дефектоскопия);

МФ - магнитная ферритометрия;

ПРПС - поверочный расчёт на прочность и самокомпенсацию (паропровода);

РОПС - ревизия опорно-подвесной системы (паропровода);

ТВ - измерение твёрдости;

Тип 1 - стыковое сварное соединение трубы с трубой;

Тип 2 - стыковые сварные соединения с конструктивным концентратором напряжений: трубы с доньшком коллектора, литой, ковальной и штампованной деталью; продольные соединения штампосварных колен; тройниковые и штуцерные сварные соединения;

УЗК - ультразвуковой контроль;

УЗТ - ультразвуковая толщинометрия;

ЦД - контроль методом цветной дефектоскопии.

Котлы

125. Регламент контроля основных элементов котлов приведён в таблице VII.1.

Таблица VII.1

Объект контроля	Рас- чётные пара-  метры среды	Количество пусков до начала контроля		Метод контроля	Объём контроля	Перио- дичность проведения  контроля	Примечания
		Энерго- блоки мощ- ностью 300 МВт и выше	Энерго- уста- новки мощ- ностью менее 300 МВт				
1	2	3	4	5	6	7	8
Трубы поверхностей нагрева, трубопроводы в пределах котла с наружным диаметром 100 мм и более, коллекторы							
1. Поверхности нагрева	450°С и выше			УЗТ	Выборочно в зонах с максимальной температурой стенки в объёме не менее 25 труб	Каждые 50 тысяч часов	При выявлении утонения стенки более 20% от номинальной или более 1,0 мм измерения проводить каждые 25 тысяч ч  Допускается изменять периодичность контроля (в любую сторону) по решению технического руководителя ТЭС
				ВИК, МКТН	100%	Каждые 50	1. МКТН и МФ

				или (и) МФ	доступных труб	тысяч часов	проводятся для поверхностей нагрева из перлитных и аустенитных сталей соответственно.  2. Решение о необходимости проведения МКТН или (и) МФ при каждом диагностировании принимается техническим руководителем ТЭС.  Проведение контроля этими методами является дополнительным
				Оценка состояния металла вырезов (ИБ)	Не менее трёх вырезов с каждой поверхности нагрева	Каждые 50 тысяч часов. При наличии отклонений - по результатам МКТН или МФ периодичность вырезов может быть сокращена.	Количество и места вырезов с каждой поверхности нагрева утверждаются техническим руководителем ТЭС
	Ниже 450°С			ВИК, УЗТ, МКТН	50% доступных труб	Каждые 50 тысяч часов	1. Исключая экономайзер  2. Магнитный контроль МКТН проводится факультативно по решению технического руководителя ТЭС  3. Для оребренных

				Оценка состояния металла вырезок (ИБ)	Не менее 2 труб в зонах с ускоренной коррозией (более 1 мм за 10 <sup>5</sup> ч)	С учётом результатов контроля периодичность вырезок может быть сокращена	поверхностей нагрева контроль проводится на переходных участках с гладкой поверхностью  4. При утонении стенки более 25% от номинальной периодичность контроля сокращается до 25 тысяч ч  5. Количество и места вырезок с каждой поверхности нагрева с учетом результатов ВИК, УЗТ и МКТН подтверждаются техническим руководителем ТЭС
<b>2. Экономайзер</b>	Независимо	-	-	ВИК	100%	Каждые 50 тысяч часов	Проводится в доступных местах
	от параметров			УЗТ	5%	Каждые 50 тысяч часов	При каждом последующем диагностировании в контролируруемую группу включаются трубы, не проверенные при предыдущих контролях
<b>3. Цельносварные топочные экраны</b>	300°С и выше	-	-	ВИК, УЗТ	В зоне максимальных тепловых нагрузок в доступных местах	Через 50 тысяч часов, далее в каждый капитальный ремонт. На котлах, работающих на газовом	Количество контрольных участков размером 200х200 мм и места их расположения должны соответствовать схеме, утвержденной техническим руководителем

						топливе, - каждые 100 тысяч часов	электростанции
				Оценка состояния металла вырезов (ИБ)	В зонах, где происходили повреждения	В ближайший капитальный ремонт	Количество вырезов и места их расположения должны соответствовать схеме, утвержденной техническим руководителем ТЭС
<b>4. Паропровод в пределах котла</b> из сталей: 12МХ и 15ХМ	Выше 450°С	-	-	Измерение остаточной деформации	Прямые трубы и гйбы	Каждые 100 тысяч часов	1. При достижении значения остаточной деформации, равного половине допустимого, измерение остаточной деформации проводится для прямых труб каждые 50 тысяч часов, для гибов - 25 тысяч часов  2. При значении назначенного ресурса 100 тысяч часов и менее измерения остаточной деформации прямых труб проводятся при достижении наработки, равной назначенному ресурсу, гибов - равной половине назначенного ресурса
12Х1МФ, 15Х1М1Ф	500°С и выше	-	-			Для прямых труб каждые 100 тысяч часов, для гибов каждые 50 тысяч часов	3. При выявлении микрповреждённости 3 балла и более остаточная деформация измеряется каждые 25 тысяч часов



10X9МФБ и X10CrMoVNb9-1	530°C и выше						
Независимо от марки стали	450°C и выше	-	-	ВИК (измерение овальности), УЗТ, УЗК, МПК (МПД) или ЦД, РОПС	Гибы - 100% Если количество гибов в составе паропровода в пределах котла более 20 шт. - 50% гибов	После выработки половины назначенного ресурса, далее каждые 50 тысяч часов	
	Для перлитных сталей 500°C и выше  Для мартенситных сталей 530°C и выше	-	-	Мкп (МИ) гибов	10%, но не менее двух гибов	Остаточная деформация превысила половину допустимого значения.  Для мартенситных сталей после наработки 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	Выбор гибов для оценки микроповрежденности проводится по результатам поверочного прочностного расчета всех гибов
<b>5. Коллекторы пароперегревателей</b>	Выше 450°C	500	500	ВИК	Кромки внутренней поверхности радиальных отверстий в количестве не менее 3 шт.	После 200 тысяч часов или при достижении назначенного ресурса.	1. Контролируется один коллектор каждого вида поверхности нагрева  2. При обнаружении трещин количество контролируемых коллекторов данной группы удваивается

							3. Для экранных поверхностей контролируется по одному коллектору от каждого экрана
6. Коллекторы	450°С и ниже					После 200 тысяч часов, далее каждые 100 тысяч часов	4. При каждом последующем контроле проверяется не проконтролированный ранее коллектор
7. Выходной коллектор горячего промперегрева	500°С и выше	-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, или ВТК	Наружная поверхность коллекторов в центральной части зоны расположения штуцеров на участке протяженностью не менее 1000 мм	Каждые 100 тысяч часов	Контролируется один из коллекторов данного вида.  При достижении назначенного ресурса - все коллекторы котла
8. Корпус впрыскивающего пароохладителя, штатные впрыски паропроводов между поверхностями нагрева	Независимо от параметров	500	700	ВИК, УЗК	Наружная поверхность в зоне расположения штуцера водоподводящего устройства на длине 100 мм от стенки штуцера	Каждые 25 тысяч часов	Контролируют все камеры котла.  Контроль методом УЗК выполняется для обнаружения дефектов на внутренней поверхности камеры
Пусковые впрыски в паропроводах  горячего промперегрева и главных паропроводах	450°С и выше			ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	Наружная поверхность на нижней образующей	Каждые 25 тысяч часов	

					на длине 0,5 м от места впрыска и за защитной рубашкой на длине 50-100 мм		
<b>9. Гибы необогреваемых труб в пределах котла с наружным диаметром 57 мм и более</b>	<p>Для перлитных сталей 450°С и выше</p> <p>Для мартенситных сталей 500°С и выше</p>	600	700	<p>ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ</p> <p>Гибы наружным диаметром менее 76 мм контролируются вырезкой и ВИК наружной и внутренней поверхности</p>	<p>20% гибов труб каждого типоразмера из перлитных сталей;</p> <p>50% гибов труб из мартенситных сталей</p> <p>Гибы наружным диаметром менее 76 мм - не менее 3 шт. на котел</p>	<p>После выработки половины назначенного ресурса, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков</p>	<p>1. При обнаружении дефектных гибов объем контроля гибов данного назначения увеличивается в два раза. При повторном обнаружении дефектов объем контроля увеличивается до 100%</p> <p>2. В контрольную группу включаются гибы: последний перед пароохладителем и первый за ним</p> <p>3. Гибы труб диаметром менее 100 мм контролируются каждые 100 тысяч ч</p> <p>4. УЗК и МПК (МПД) проводятся по всей гнутой части на 2/3 окружности, включая растянутую и нейтральные зоны</p> <p>5. Гибы, изготовленные из труб электрошлаковой выплавки, контролируются с той же периодичностью в</p>

							удвоенном объеме
	Ниже 450°С, 24,0 МПа и выше	200 (400)	-	ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	25% гибов труб каждого типоразмера с $D/S > 9,0$ ; 10% - с $D/S \leq 9,0$ , но не менее 3-х гибов.  При наработке более 300 тысяч часов объем контроля увеличивается в 1,5 раза	После наработки 50 тысяч часов, но не позже, чем через 200 пусков для $D/S > 9,0$ , и после наработки 100 тысяч часов, но не позже, чем через 400 пусков для $D/S \leq 9,0$ .  Последующий контроль через 50 тысяч часов, но не реже чем через 150 пусков для гибов труб с $D/S > 9,0$ и через 200 пусков для гибов труб с $D/S \leq 9,0$	1. Выбор гибов для контроля проводится из условия, чтобы количество дренируемых и не дренируемых труб находилось в пропорции <b>1:2</b>  2. При обнаружении недопустимых дефектов, подтвержденных ВИК вырезки гiba, объем контроля гибов труб данного назначения (перепуска) увеличивается в два раза.  При повторном обнаружении дефектов объем контроля гибов труб данного назначения (перепуска) увеличивается до 100%  Необходимость увеличения объема контроля остальных гибов определяется техническим руководителем электростанции  3. УЗК и МПК (МПД) проводятся по всей

							гнутой части на 2/3 окружности, включая растянутую и нейтральную зоны	
							4. При очередном контроле проверяются гибы, не проконтролированные ранее	
							5. Овальность гибов определяют один раз (при повторных контролях её не измеряют)	
				Гибы наружным диаметром менее 76 мм контролируются вырезкой и ВИК внутренней (и наружной) поверхности	Гибы наружным диаметром менее 76 мм - не менее 3 шт. на котел	Гибы наружным диаметром менее 76 мм - после 150 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	При обнаружении недопустимых дефектов в гихах наружным диаметром менее 76 мм объём контроля увеличивается в два раза, при повторном обнаружении дефектов подлежат замене 100% гибов труб данного назначения и диаметра	
	Ниже 450°C, 10,0-14,0 МПа	-	200	ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД УЗК, УЗТ	Гибы с $D/S > 13,3$ для котлов 10 МПа и $D/S > 10,9$ для котлов 14 МПа - 25%	После наработки 100 тысяч часов, но не позже чем через 200 пусков; Далее каждые 50 тысяч часов, но не реже	1. При последующем контроле проверяются гибы, не проконтролированные ранее 2. Овальность конкретных гибов при повторном контроле не измеряется	

						<p>чем</p> <p>через 100 пусков</p> <p>3. При обнаружении недопустимых дефектов бракованные гибы подлежат замене: при этом объем контроля на данном перепуске удваивается. Если при расширенном контроле повторно обнаружены дефекты, подтвержденные ВИК вырезанных гибов, контролю подлежат 100% гибов на всех перепусках котла</p> <p>4. Если на котле имеются одновременно перепуски с гйбами "тонкостенной" (<math>D/S &gt; 13,3</math> на котлах 10 МПа и <math>D/S &gt; 10,9</math> на котлах 14 МПа) и "толстостенной" (<math>D/S \leq 13,3</math> на котлах 10 МПа и <math>D/S \leq 10,9</math> на котлах 14 МПа) категорий, то контроль "толстостенных" гибов допускается начинать после 200 тысяч часов эксплуатации или после 600 пусков при условии, что по результатам плановых контролей гибов "тонкостенной" категории данного</p>
--	--	--	--	--	--	--

						котла не обнаруживалось	
			400	<p>ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ,</p> <p>Гибы наружным диаметром менее 76 мм контролируются вырезкой и</p> <p>ВИК внутренней (и наружной) поверхности</p>	<p>Гибы с <math>D/S \leq 13,3</math> для котлов 10 МПа и <math>D/S \leq 10,9</math> для котлов 14 МПа - 15%</p> <p>Гибы наружным диаметром менее 76 мм - не менее 3 шт. на котел</p>	<p>После наработки 150 тысяч часов, но не позже, чем через 400 пусков;</p> <p>далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков.</p>	<p>недопустимых дефектов металла</p> <p>5. Гибы с безрасходным (в определенные периоды) режимом эксплуатации (линии рециркуляции, аварийного слива) контролировать в удвоенном объеме</p> <p>6. Гибы необогреваемых участков обогреваемых труб подлежат контролю в объеме - не менее 2 шт. на котел</p> <p>7. Если по результатам контроля гибов "тонкостенной" категории (<math>D/S &gt; 13,3</math> на котлах</p> <p>10 МПа и <math>D/S &gt; 10,9</math> на котлах 14 МПа) были проведены замены отдельных гибов по причине обнаружения эксплуатационных дефектов металла, то периодичность контроля на всех перепусках, содержащих "тонкостенные" гибы,</p>

							<p>должна быть - каждый капитальный ремонт.</p> <p>Данное требование необязательно, если причины повреждения гибов установлены специализированной научно-исследовательской организацией и по её рекомендациям устранены</p> <p>8. При наработке более 350 тысяч часов или более 1200 пусков объём контроля удваивается</p>
	Ниже 450°С, ниже 10,0 МПа		400	ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	10% гибов труб каждого типоразмера и назначения, но не менее трёх	После наработки 150 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков	<p>1. При каждом последующем контроле проверяются гибы, не проконтролированные ранее. Овальность гибов измеряется один раз.</p> <p>2. При обнаружении дефектных гибов труб данного типоразмера объём контроля увеличивается вдвое, при повторном обнаружении - до 100%</p> <p>3. УЗК и МПК (МПД) проводятся по всей гнутой части на 2/3 окружности, включая растянутую и нейтральную зоны</p>



Бараны сварные и цельнокованные							
10. Обечайки				ВИК	Внутренняя поверхность в доступных местах	После наработки 25 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	1. При выявлении подозрительных мест привлекаются средства инструментального контроля
11. Основные продольные и поперечные сварные швы с околошовной зоной			-	ВИК	По всей длине сварных швов на внутренней поверхности в доступных местах	После наработки 25 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не	1. В следующий контроль проверяются участки швов, не проверенные ранее, в том числе в недоступных местах
				МПК (МПД) или ЦД, УЗК	10% длины каждого шва с прилегающими зонами по 40 мм	реже чем через 200 пусков	2. При выявлении дефектов контроль увеличивается до 100%  3. УЗК допускается проводить по наружной стороне
12. Ремонтные заварки в основных сварных швах и основном металле, выполненные без отпуска		-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК	Наплавленный металл и прилегающие зоны по 40 мм - 100%	Через 25 тысяч часов и 50 тысяч часов после ремонта, далее каждые 50 тысяч часов	Аустенитные заварки контролировать ЦД или травлением каждые 25 тысяч часов
13. Ремонтные заварки на поверхности трубных отверстий и на расстоянии от них менее диаметра,		-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Наплавленный металл и прилегающие зоны по 40 мм - 100%	Через 25 тысяч часов и 50 тысяч часов после ремонта, далее каждые 50 тысяч часов	Аустенитные заварки контролировать ЦД или травлением каждые 25 тысяч часов

выполненные без отпуска							
14. Швы приварки внутрибарабан- ных устройств		-	-	ВИК	По всей протяжённости швов в доступных местах	Через 25 тысяч часов, далее каждые 100 тысяч часов	1. Для барабанов из стали 16ГНМ и 15NiCuMoNb5 через 25 тысяч часов, далее через каждые 50 тысяч часов
				МПК (МПД) или ЦД	10% протяженности швов		2. Для следующего контроля выбирать швы, не контролировавшиеся ранее
15. Днища		-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Внутренняя поверхность - 20%;  швы приварки крепления лазового затвора - 100%	После наработки 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	Каждый последующий контроль проводится на участках, не проконтролированных ранее
16. Лазовые отверстия		-	400	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК	Поверхность лаза по всей площади и уплотнительна я поверхность затвора - 100%	После наработки 100 тысяч часов, далее через 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков	Методом УЗК контролируется зона поверхности лаза на выявление расслоя металла
17. Отверстия в пределах водяного объёма		-	400	ВИК	Поверхность отверстий и штуцеров с примыкающим и к ним участками поверхности барабана	После наработки 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через	1. Контроль поверхности с защитными рубашками или присоединённых методом вальцовки проводится на участках внутренней поверхности шириной

					шириной 30-40 мм от кромки отверстия - в объеме 100%	200 пусков	30-40 мм, прилегающих к отверстию, без удаления вальцовки или защитной рубашки  2. Выбор отверстий для контроля МПК (МПД), ЦД проводится по результатам ВИК. В контрольную группу должны включаться все отверстия труб для ввода фосфатов, рециркуляции, контроля и регулировки уровня  3. При обнаружении дефектов объем контроля методом МПК (МПД), ЦД увеличивается до 100%.  4. Контроль ВИК, МПК (МПД) или ЦД в барабанах из стали 16ГНМ и 15NiCuMoNb5 проводится не реже чем через 100 пусков
				МПК (МПД) или ЦД	То же в объеме 50%		
18. Отверстия труб парового объема		-	400	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Поверхность отверстий и штуцеров с примыкающим к ним участком внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстий - в объеме 15%	После наработки 150 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков	1. Каждый последующий контроль проводить на отверстиях, не прошедших контроль ранее  2. При выявлении дефектов объем контроля увеличивается в два раза, при повторном

					каждой группы одноимённого назначения, но не менее 3		выявлении дефектов объём контроля увеличивается до 100%  3. ВИК проводят в объёме 100% в доступных местах
19. Угловые сварные соединения приварки штуцеров труб водяного и парового объёмов		-	-	ВИК	С наружной поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону - 100% в доступных местах	После наработки 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	
				МПК (МПД) или ЦД	С наружной поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной не менее 30 мм на сторону:  1) 15% швов каждой группы труб одноименного назначения, но не менее 2 шт. в каждой группе.  2) Ремонтные заварки: наплавленный		1. Контроль проводится на швах, худших по результатам ВИК, в каждый последующий контроль проверяются швы, не проконтролированные ранее  2. При обнаружении недопустимых дефектов объём контроля увеличивается до 100%

					металл с околосшовной зоной не менее 30 мм на сторону - 100%		
<b>Литые детали DN 100 и более. Крепеж</b>							
20. Корпусы арматуры и другие литые детали	450°C и выше	600	900	ВИК, МПК (МГД) или ЦД	Радиусные переходы наружных и внутренних поверхностей - 100% деталей	Каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	1. При наличии на детали ремонтной заварки - в каждый капитальный ремонт 2. Корпусы арматуры с
				ТВ	50% деталей	После выработки назначенного ресурса	DN ≤ 250 и все литые детали контролируются только с наружной стороны, корпусы арматуры с DN > 250 контролируются методом МПК (МГД) и ВИК снаружи 100%, изнутри - в доступных местах
	Ниже 450°C	-	-	ВИК, МПК (МГД) или ЦД	Радиусные переходы наружных и внутренних поверхностей - 10% общего количества деталей каждого назначения	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	1. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля деталей данного назначения увеличивается до 100%. 2. При последующем контроле проверяются детали, не контролировавшиеся ранее 3. Внутренние поверхности корпусов

							арматуры с DN>250 контролируют методом ВИК, методом МПК - факультативно.
21. Шпильки М42 и большего размера для арматуры и фланцевых соединений паропроводов	Независимо от параметров	600	600	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, или ВТК, УЗК	Резьбовая поверхность - в доступных местах	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	1. Контроль методами МПК (МПД) или ЦД, или ВТК проводится факультативно по решению технического руководителя ТЭС 2. Допускается
	450°C и выше			ТВ	Торцевая поверхность со стороны гайки - 50%	По достижении назначенного ресурса	контроль методом УЗК проводить без выворачивания шпилек из корпуса по специальной методике

В позициях таблицы, где периодичность контроля указана 25 тысяч часов, допускается расширить её до периодичности капремонта, но не более, чем до 35 тысяч часов.

### Трубопроводы: паропроводы станционные и в пределах турбин, питательные трубопроводы с наружным диаметром 76 мм и более

126. Регламент контроля основных элементов станционных трубопроводов и пароперепускных трубопроводов турбин приведён в таблице VII.2.

Таблица VII.2

Объект контроля	Расчетные параметры среды	Количество пусков до начала контроля		Метод контроля	Объём контроля	Периодичность проведения контроля	Примечания
		Энергоблоки мощностью 300 МВт и выше	Энергоустановки мощностью менее 300 МВт				

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Трубы паропроводов:</b>  из сталей: 12МХ, 15ХМ, 10CrMo910	450°С и выше	-	-	ВИК (измерение остаточной деформации), РОПС паропровода	Прямые трубы и гибы - 100%	Каждые 100 тысяч часов	1. При достижении значения остаточной деформации, равного половине допустимого, измерение остаточной деформации проводится каждые 50 тысяч часов для прямых труб и 25 тысяч часов - для гибов  2. При значении назначенного ресурса 100 тысяч часов и менее измерение остаточной деформации проводится при достижении 50% назначенного ресурса  3. При выявлении микроповреждённости и 3 балла и более остаточная деформация измеряется каждые 25 тысяч часов  4. При выявлении в процессе РОПС отклонений проводится ПРПС

из сталей: 12Х1МФ, 15Х1М1Ф	500°С и выше	-	-			Для гибов - каждые 50 тысяч часов,	На паропроводах из центробежнолитых (ЦБЛ) труб контроль остаточной
из сталей 10Х9МФБ, Х10СгМоVNb9-1	530°С и выше					для прямых труб - 100 тысяч часов	деформации на прямых трубах проводится каждые 50 тысяч часов; после достижения остаточной деформации в половину от допускаемого значения - каждые 25 тысяч часов
<b>2. Гибы и штампованные колена</b> паропроводов из сталей перлитного класса	Выше 500°С	-	-	ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	20%	Каждые 100 тысяч часов	1. УЗК и МПК (МПД) проводятся по всей длине гнутой части на 2/3 окружности трубы, включая растянутую и нейтральную зоны.
					100%	По достижении назначенного ресурса	Штампованные колена контролируют по всему периметру трубы
	450- 500°С	-	-		5%	После 100 и 200 тысяч часов	2. При значении назначенного ресурса 100 тысяч часов и
					100%	После 300 тысяч часов, далее через каждые 100 тысяч часов	менее контроль гибов проводится при достижении наработки, равной половине назначенного ресурса в объеме 50%



							<p>3. Гибы, изготовленные из труб электрошлаковой выплавки, контролируют с той же периодичностью в удвоенном объеме</p> <p>4. При выявлении овальности менее 2% или уменьшении её вдвое, а также при достижении остаточной деформации половины от её допустимого значения проводится оценка микроповрежденности и металла гйба</p>
<p>3. Гибы и штампованные колена паропроводов из сталей мартенситного класса (10X9MФБ, X10CrMoVNb9-1)</p>	Выше 530°C	-	-	ВИК (измерение овальности), МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	30%	После 100 тысяч часов, далее через 50 тысяч часов	1. Для паропроводов с назначенным ресурсом менее 200 тысяч часов контроль проводится после отработки половины назначенного
				МИ - Оценка микроповрежденности (Мкп)	Не менее двух по каждому типоразмеру, но не менее трёх на паропровод.	После 100 тысяч часов, далее через 50 тысяч часов	ресурса, далее не реже, чем через 50 тысяч часов  2. Исследованию микроповрежденности и подлежат гибы с максимальной остаточной деформацией ползучести
	530°C и	-	-	ВИК,	10%	Каждые	В каждый

	ниже			МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ		100 тысяч часов	последующий контроль проверяются гибы, не проконтролированные ранее
4. Штамповарные колена	Независимо от параметров	450	450	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК	25% общего количества	Каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 150 пусков	1. В штамповарных коленах контролируется 100% продольных сварных швов. 2. При обнаружении недопустимых дефектов контроль увеличивается до 100% 3. В каждый последующий контроль должны проверяться колена, не проконтролированные ранее
5. Крутоизогнутые отводы (R/D<2,5)	-	-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК, УЗТ	50% общего количества	Каждые 50 тысяч часов	Для гибов из перлитной стали с рабочей температурой менее 500°C первичный контроль допускается проводить после 100 тысяч часов
6. Участки паропроводов в местах приварки штуцеров с DN50 и более, дренажных линий, врезок БРОУ и РОУ	450°C и выше	-	-	ВИК, УЗК	100% в зоне возможного износа, на расстоянии не менее двух диаметров трубы от места врезки	Каждые 50 тысяч часов	Контроль УЗК выполняется для обнаружения дефектов на внутренней поверхности

7. Питательные трубопроводы от напорного патрубка питательного насоса до котла	Независимо от параметров	250	500	Измерение толщины стенки (УЗТ)	Трубы и фасонные детали после выходных патрубков регулирующей арматуры на длине 10D трубы по ходу движения среды от регулирующего, дросселирующего органа, зоны установки дроссельных шайбовых наборов, щелевых дросселей, тупиковые участки в зонах возможного коррозионного износа, включая заглушки (донышки)	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 150 пусков	После наработки 100 тысяч часов выполнить РОПС трубопровода
				ВИК (овальность), УЗТ, УЗК	Гибы - 50% Штампованные колена - 30% Штампосварные колена - 50%		

1. Обязательному контролю подлежат крутоизогнутые гибы, гибы байпасов РПК и отводов ПВД. Допускается не контролировать гибы соединительной питательной магистрали электростанций с поперечными

							<p>связями при отсутствии дефектов на других</p> <p>проконтролированных элементах. При обнаружении дефектов должно быть проконтролировано не менее 10% гибов каждого коллектора питательной воды</p> <p>2. При обнаружении недопустимых дефектов хотя бы в одном из гибов и подтверждении их наличия ВИК вырезки из гiba, объём контроля увеличивается до 100%</p> <p>3. При обнаружении недопустимых дефектов более, чем в 30% гибов, проводится ВИК внутренней поверхности литых колен в количестве не менее двух</p> <p>4. Измерение овальности гибов проводится один раз за все время эксплуатации; на штампованных и штампосварных коленах овальность не измеряется</p>	
--	--	--	--	--	--	--	--	--

							5. В штампосварных коленах УЗК выполняют для продольных сварных швов по всей их протяженности
8. Корпусы арматуры и другие литые детали $DN \geq 100$	450°C и выше	600	900	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Радиусные переходы наружных и внутренних поверхностей - 100% деталей	Каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	1. При наличии на детали ремонтной заварки - в каждый капитальный ремонт  2. Корпусы арматуры с $DN \leq 250$ и все литые детали контролируются только с наружной стороны, корпусы арматуры с $DN > 250$ контролируются методом МПК (МПД) и ВИК снаружи 100%, изнутри - в доступных местах
	Ниже 450°C	-	-	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Радиусные переходы наружных и внутренних поверхностей - 20% общего количества деталей каждого назначения, но не менее одной	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	1. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля деталей данного назначения увеличивается до 100%  2. При последующем контроле проверяются детали, не контролировавшиеся ранее  3. Корпусы арматуры с $DN \leq 250$ и все литые детали

							<p>контролируются только с наружной стороны, корпуса арматуры с</p> <p>DN&gt;250 контролируются методом МПК и ВИК снаружи 100%, изнутри - в доступных местах</p>
9. Шпильки М42 и большего размера для арматуры и фланцевых соединений паропроводов	Независимо от параметров	600	600	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, или ВТК, УЗК	Резьбовая поверхность - в доступных местах	<p>После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов,</p> <p>но не реже чем через 300 пусков</p>	<p>1. Решение о контроле шпилек М36 и менее принимает технический руководитель ТЭС</p> <p>2. Контроль методами МПК (МПД) или ЦД, или ТВК проводится факультативно по решению технического руководителя ТЭС</p> <p>3. Допускается контроль методом УЗК проводить без выворачивания шпилек из корпуса по специальной методике</p>

В позициях таблицы VII.2, где указана периодичность контроля 25 тысяч часов, допускается расширить её до периодичности капремонта, но не более, чем до 35 тысяч часов.

#### Сварные соединения трубопроводов с наружным диаметром 100 мм и более и коллекторов

127. Регламент контроля сварных соединений трубопроводов и коллекторов приведён в таблице VII.3

Объект контроля	Расчетные параметры среды	Количество пусков до начала контроля		Тип сварного соединения	Метод контроля	Объем контроля	Периодичность проведения контроля	Примечание
		Энергоблоки мощностью 300 МВт и выше	Энергоустановки мощностью менее 300 МВт					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Питательный трубопровод от напорного патрубка питательного насоса до котла	Независимо от параметров	-	-	Тип 1	ВИК, УЗК	5%	После 150 тысяч часов, далее каждые 100 тысяч часов	1. При обнаружении в контролируемой группе недопустимых дефектов хотя бы в одном сварном соединении (трубных элементов данного назначения) объем контроля увеличивается вдвое. При повторном обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%  2. При каждом следующем контроле обследованию подлежит новая группа сварных
		600	900	Тип 2	ВИК (измерение катета угловых	25%	Каждые 100 тысяч часов, но не реже чем через	

					швов), МПК (МГД) или ЦД, УЗК		400 пусков	соединений  3. В контрольную группу следует включать сварные соединения, ближайшие к расходо- мерным шайбам на горизонтальных участках
2. Коллекторы и трубопроводы в пределах котла  и турбины, станционные трубопроводы и паропроводы	От 250 до 450°С	-	-	Тип 1	ВИК, УЗК	5%	Каждые 150 тысяч часов	
		900	1200	Тип 2	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК	25%	После 150 тысяч часов, далее через каждые 100 тысяч часов, но не реже чем через 600 пусков	
3. Коллекторы и трубопроводы в пределах котла и турбины, станционные трубопроводы и паропроводы	От 450 до 510°С	450	600	Тип 1	ВИК, УЗК	10%	После 100, 200 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	1. При каждом следующем контроле проверке подлежит новая группа сварных соединений



из сталей перлитного класса				Тип 2	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК	50%	После 100, 200 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 300 пусков	2. В контрольную группу следует включать сварные соединения после впрыскивающих пароохладителей до первого гиба, а также
	510°С и выше	450	600	Тип 1	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК	20%	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов	ближайшие к расходомерным шайбам на горизонтальных участках
				Тип 2	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК	100%	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов, но не реже чем через 200 пусков	
				Тип 1. Сварные соединения центробежнолитых труб	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК	100%	После 100 тысяч часов, далее каждые 50 тысяч часов. (По исчерпанию назначенного ресурса)	
				Тип 2. Труб из стали	ТВ металла шва и	100%	Каждые 100 тысяч часов	1. При отношении твёрдости металла шва к твёрдости

				15X1M1Ф с литыми деталями из стали 15X1M1ФЛ	основного металла			основного металла < 1 сварные соединения подлежат переварке или порядок контроля назначается специализированной научно-исследовательской организацией
4. Коллекторы и трубопроводы в пределах котла и турбины, станционные паропроводы из сталей мартенситного класса	510°C и выше	400	500	Тип 1	ВИК, МПК (МГД), или ЦД, УЗК, ТВ	25%	После 100 тысяч ч, далее каждые 50 тысяч часов	В контрольную группу следует включать сварные соединения после впрыскивающих пароохладителей до первого гига
					Мкп (МИ)	Не менее 3-х на каждый перепуск или паропровод и 1 - на каждую группу (вид) коллекторов с расчетной температурой выше 530°C		Выбор соединений для контроля микроповрежденности и осуществляется с учетом результатов неразрушающего контроля
					Вырезка сварного соединения (ИБ)	Одна вырезка на котёл и на паропровод	После достижения назначенного ресурса	1. Вырезке подлежит сварное соединение, в наибольшей степени подверженное тепловой или силовой нагрузке.

								<p>Следует согласовать место вырезки с организацией, которая будет проводить исследование металла</p> <p>2. По результатам исследования устанавливается срок последующей вырезки соединения для проведения исследований</p>	
				Тип 2	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗК, ТВ	100%	Каждые 50 тысяч часов.	1. Сварные соединения приварки	
					Мкп (МИ)	20%		<p>штуцеров (в коллекторы и паропроводы) диаметром менее 100 мм (32 мм и более) контролируют методом ВИК в объеме 100% в доступных местах.</p> <p>При необходимости и технической возможности применяют методы МПК (МПД) или ЦД</p> <p>2. В контролируемые сварные соединения коллекторов следует включать соединения штуцерные и приварки донышек.</p>	

								3. Соединения для контроля микро-поврежденности выбирают с учетом результатов неразрушающего контроля, работающие при температуре выше 530°C
5. Коллекторы и трубопроводы в пределах котла и турбины, стационарные паропроводы. Разнородные сварные соединения элементов из сталей перлитного и мартенситного классов.	510°C и выше	400	500	Тип 1 и Тип 2	ВИК, МПК (МГД) или ЦД, УЗК, ТВ	100%	Каждые 50 тысяч часов	1. Твёрдость измеряют с обеих сторон соединения, включая основной металл каждой марки стали
					Мкп (МИ)	50%		2. Сварные соединения для контроля микроповрежденности и выбирают с учётом результатов неразрушающего контроля, работающие при температуре выше 530°C
					Вырезка сварного соединения (ИБ)	Одна вырезка на котёл или на паропровод (Тип 1)	После наработки 100 тысяч часов	3. Рекомендуется согласовывать место вырезки со специализированной научно-исследовательской организацией  4. При отсутствии

								технической возможности вырезки из разнородного сварного соединения объем контроля на микро-поврежденность увеличивается до 100%
6. Трубопроводы из стали 20 (или 15М, 16М)	390°С и выше			Тип 1	Оценка состояния металла по вырезке для выявления графита (ИБ)	Одно сварное соединение	После 150 тысяч часов, далее каждые 100 тысяч часов	<p>1. При 50%-ном контроле микроструктуры сварных соединений неразрушающими методами вырезку можно не проводить</p> <p>2. При выявлении свободного графита 1-го балла контроль проводится каждые 50 тысяч ч</p> <p>3. Оценка состояния металла на вырезке допускается заменять на анализ состояния металла на сколах или спилах при условии, что объем исследований будет не ниже 5 сварных соединений с паропровода.</p>
7. Коллекторы из стали 20 (или 15М, 16М)					Анализ на содержание графита по сколу	Одно соединение на одном из коллекторов каждого	После 200 тысяч часов, далее каждые 100	

					или реплике (МИ)	вида	тысяч часов	
--	--	--	--	--	------------------------	------	----------------	--

128. Срок проведения контроля определяется достижением указанных в таблицах VII.1-VII.3 наработки или количества пусков. При этом оба параметра (наработка и пуски) действуют независимо и срок контроля устанавливается по достижении более раннего из этих двух событий.

В случае обнаружения недопустимых дефектов в металле или сварных соединениях элементов оборудования при эксплуатационном контроле решение о необходимости и объёме дополнительного контроля принимает организация, выполняющая контроль; при необходимости привлекается специализированная научно-исследовательская или экспертная организация.

Допускается заменять контроль сварных соединений методом УЗК на радиографический контроль в том же объёме.

Допускается в дополнение к методам поверхностного контроля металла МПК (МПД) или ЦД применять травление.

По мере накопления опытных данных по длительной прочности металла и эксплуатационной надёжности элементов из хромистых сталей мартенситного класса регламент контроля для них может быть уточнён.

## **VII. Контроль металла после отработки назначенного ресурса (срока службы)**

129. При достижении оборудованием или группой элементов оборудования назначенного ресурса (срока службы) контроль металла в рамках технического диагностирования, выполняемого с целью продления ресурса (срока службы), проводится с привлечением специализированной экспертной организации, имеющей лицензию на право экспертизы промышленной безопасности оборудования, с установлением при положительных результатах технического диагностирования соответственно дополнительно назначенного ресурса (время эксплуатации в часах или количестве циклов нагружения) в заключении экспертизы промышленной безопасности, проведённой после окончания исчерпания назначенного ресурса), а также дополнительно назначенного срока безопасной эксплуатации (службы) (время эксплуатации в календарных годах) в заключении экспертизы промышленной безопасности, проведённой после истечения назначенного срока службы.

Объём (программа) технического диагностирования при повторных (вторичном) продлениях ресурса может отличаться от типовой программы технического диагностирования при первичном продлении.

Решения, связанные с контролем металла оборудования при техническом диагностировании, включая отклонения от типовой программы или её корректировку по причине обнаружения (ранее или при текущем контроле) недопустимых дефектов, принимает привлечённая экспертная организация.

Типовые программы контроля металла элементов оборудования при продлении ресурса приведены ниже.

### **Котлы**

130. Элементами котла, для которых устанавливается назначенный ресурс являются:

перепускные трубопроводы с температурой эксплуатации 450°C и выше;

коллекторы пароперегревателей с температурой эксплуатации 450°C и выше;

литые детали с температурой эксплуатации 450°C и выше;

крепёжные детали М42 и более с температурой эксплуатации 450°C и выше;

барабаны.

К ресурсным элементам относятся также поверхности нагрева (экраны и пароперегревательные), работающие при температуре 450°C и выше. Для них ресурс устанавливается индивидуально по результатам проведённого обследования (ТД) и оценки фактического состояния металла, то есть по конкретному котлу с учётом его особенностей, условий эксплуатации и динамики повреждаемости.

131. Ресурс труб поверхностей нагрева устанавливается по результатам первичного диагностирования после наработки 50 тысяч часов, включающего исследования состояния металла, и при последующих диагностированиях ресурс может уточняться.

Техническое диагностирование экранов и пароперегревателей (прямых участков и гибов труб) котлов включает следующие операции:

а) Наружный осмотр труб в котле - выполняется в полном объёме во всех доступных местах.

б) Магнитный контроль для выявления тепловой неравномерности труб экранов и змеевиков пароперегревателей (МКТН) из сталей перлитного класса и магнитная ферритометрия (МФ) пароперегревателей из аустенитных сталей - выполняется факультативно в полном объёме в доступных местах.

в) Ультразвуковую толщинометрию (УЗТ) - не менее 30 труб на конкретную поверхность нагрева. Выбор труб для проведения УЗТ осуществляют с учётом результатов осмотра и магнитного контроля: с максимальным износом и (или) с максимальной температурой стенки.

г) Вырезку образцов для исследований.

Места вырезок образцов выбирают на основании результатов наружного осмотра, магнитного контроля и измерений толщины стенки труб. Вырезку следует выполнять из труб, имеющих наибольшую наработку, максимальные и минимальные значения магнитного параметра или содержания ферритной фазы и находящихся в зонах с различным тепловосприятием, а также имеющих наименьшие значения толщины стенки. Из каждой зоны вырезают до двух образцов длиной не менее 150 мм. Если планируется проведение механических или жаропрочных испытаний металла на вырезке, то длина вырезаемых образцов (отрезков) труб должна составлять не менее 350 мм. На одну поверхность нагрева вырезают от 5 до 10 образцов.

д) Исследования металла вырезок:

визуальный контроль и измерение наружного и внутреннего диаметра труб и толщины их стенки с фронтальной и тыловой сторон;

изучение строения оксидной пленки;

исследования состояния микроструктуры и повреждённости металла;

определение эквивалентной температуры эксплуатации по фактическому состоянию металла и оксидной пленки;

определение жаропрочных свойств (длительной прочности) металла - при необходимости, определяемой организацией, производящей контроль.

132. Неразрушающий и разрушающий контроль металла пароперепускных трубопроводов котлов и турбин с температурой эксплуатации 450°C и выше при продлении срока их службы сверх назначенного (или дополнительно назначенного) ресурса выполняется в соответствии с требованиями по ТД металла стационарных паропроводов при продлении их ресурса - пункты 137-144 ФНП.

133. Методы и объёмы контроля при техническом диагностировании коллекторов пароперегревательного тракта котла, работающих при температуре 450°C и выше, приведены в таблицах VIII.1-VIII.3.

а) Коллекторы пароперегревателей.

Таблица VIII.1

Расчетные параметры среды	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
1	2	3	4
Независимо от температуры	ВИК	Кромки внутренней поверхности радиальных отверстий в количестве не менее 3 штук	Контролируется один коллектор от каждого вида, выработавший назначенный (дополнительно назначенный) ресурс
до 510°C	ВИК, УЗК	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 20%, но не менее одного на группу коллекторов данного вида	При обнаружении недопустимых дефектов объём контроля увеличивается вдвое; при повторном обнаружении недопустимых дефектов - объём контроля увеличивается до 100%
выше 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 50%	
до 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД	Сварные соединения приварки донышек и штуцерные соединения пароперепускных труб с наружным диаметром $\geq 100$ мм (тип 2) - 50%	При обнаружении недопустимых дефектов объём контроля увеличивается до 100%



выше 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД	Сварные соединения приварки донышек и штуцерные соединения пароперепускных труб с наружным диаметром $\geq 100$ мм (тип 2) - 100%	
	$M_{\text{кп}}$ (МИ)	Для элементов из перлитных сталей - 10% Для элементов из мартенситных сталей - 20%	Не менее одного сварного соединения приварки донышек и не менее одного штуцерного сварного соединения на коллекторах из перлитных сталей и не менее двух штуцерных сварных соединений для мартенситных сталей с температурой эксплуатации выше 530°C
Независимо от температуры	УЗТ, ТВ	Три контрольных сечения по длине коллектора, в каждом сечении по 4 контрольных точки	Контролируются два коллектора от каждого вида, выработавших назначенный (дополнительно назначенный) ресурс
выше 510°C	ВИК	Основной металл: Наружная поверхность в зоне межштуцерного пространства пароперегревательных труб 100% - в доступных местах	Контролируются два коллектора от каждого вида, выработавших назначенный (дополнительно назначенный) ресурс.

б) Выходные коллекторы горячего промперегрева.

Таблица VIII.2

Расчетные параметры среды	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
1	2	3	4
Независимо от температуры	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Наружная поверхность в центральной части по длине зоны межштуцерного пространства на участке протяженностью не менее 1000 мм	Контролируются все коллекторы данного вида

выше 510°C	Мкп (МИ)	1 контрольный участок в доступном месте межштуцерного пространства	Контролируются все коллекторы данного вида
до 510°C	ВИК, УЗК	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 20%, но не менее двух на группу коллекторов	
выше 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МГД) или ЦД	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 50%	
до 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МГД) или ЦД	Сварные соединения приварки доньшек и штуцерные соединения с наружным диаметром $\geq 100$ мм (тип 2) - 50%	Штуцерные соединения с наружным диаметром менее 100 мм, контролируют методом ВИК в объеме 100% в доступных местах.
выше 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МГД) или ЦД	Сварные соединения приварки доньшек и штуцерные соединения с наружным диаметром $\geq 100$ мм (тип 2) - 100%	При подозрении на трещины и при наличии технической возможности используют в доступных местах метод МПК (МГД) или ЦД.
	Мкп (МИ)	Для элементов из перлитных сталей - 10%  Для элементов из мартенситных сталей - 20%	Не менее одного сварного соединения приварки доньшек и не менее одного штуцерного сварного соединения на коллектор для перлитных сталей и не менее двух штуцерных сварных соединений для мартенситных сталей
Независимо от температуры	УЗТ, ТВ	Три контрольных сечения на длине коллектора, в каждом сечении по 4 контрольных точки	Контролируются все коллекторы данного вида

в) Впрыскивающие пароохладители: штатные между поверхностями нагрева и пусковые на остром паре и горячем промперегреве.

Таблица VIII.3

Расчетные параметры среды	Метод контроля	Объем контроля	Примечание
---------------------------	----------------	----------------	------------

1	2	3	4
450°C и выше	ВИК, УЗК	Наружная поверхность в зоне расположения штуцера водоподающего устройства - контрольный участок шириной равной наружному диаметру корпуса и длиной 100 мм от стенки штуцера	1. Контроль методом УЗК проводится для обнаружения дефектов на внутренней поверхности корпуса.  2. Контролю подлежат все пароохладители данного вида
до 510°C	ВИК, УЗК	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 20%	При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается вдвое; при повторном обнаружении недопустимых дефектов - объем контроля увеличивается до 100%
выше 510°C	ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД	Основные стыковые сварные соединения (тип 1) - 50%	
450°C и выше	УЗТ	Три контрольных сечения на длине коллектора, в каждом сечении по 4 контрольные точки	Контролю подлежат все камеры данного вида
450°C и выше	ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД, УЗТ	Камеры пусковых впрысков; наружная поверхность вдоль нижней образующей, шириной равной наружному диаметру корпуса на длине 500 мм от места впрыска и за защитной рубашкой на длине 100 мм	1. Контролю подлежат все камеры данного вида.  2. Контроль методом УЗК проводится для обнаружения дефектов на внутренней поверхности корпуса

134. Методы и объёмы контроля литых деталей DN100 и более пароперегревательного тракта котла, работающих при температуре 450°C и выше, приведены в таблицах VIII.4, VIII.5.

а) Корпусы арматуры, тройники, переходы.

Таблица VIII.4

Наименование элемента	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
-----------------------	----------------	----------------	------------

1	2	3	4
Корпусы арматуры, тройники, переходы	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Радиусные переходы наружных поверхностей - 100% деталей.  Ремонтные заварки - 100%	Корпусы арматуры с DN>250 контролировать также со стороны внутренней поверхности - в доступных местах
	Металло-графический анализ на отобранной пробе (МИ)	Одна проба от одной детали с максимальной температурой >510°C	Выполняется при необходимости по решению специализированной экспертной организации
Корпусы арматуры	УЗТ, ТВ	100% деталей. Контроль проводят в четырех точках равномерно по окружности каждого патрубка и в четырех точках, равномерно распределенных по поверхности нижней части корпуса	УЗТ арматуры является обязательной только на патрубках; нижней части корпуса - факультативно
Тройники	УЗТ, ТВ	100% деталей. Контроль проводят в четырех точках равномерно по окружности штуцера, в четырех точках коллектора в окрестности линии сопряжения со штуцером по разные стороны от него в продольном и поперечном направлениях и в точке коллектора, расположенной против центральной оси штуцера	
Переходы	УЗТ, ТВ	100% деталей. Контроль проводят в двух сечениях вблизи переходных зон. В каждом сечении - четыре контрольные точки, равномерно распределенные по окружности	

б) Литые колена.

Расчетные параметры среды	Метод контроля	Объем контроля	Примечание
1	2	3	4
до 510°C	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	По всей поверхности гнутой части, включая наружный, внутренний обводы и нейтральные зоны - 50% деталей  Ремонтные заварки - 100%	
	УЗТ, ТВ	50% деталей  Контроль выполняют в трёх сечениях: центральном и двух по разные стороны от него. В каждом контрольном сечении измерения проводят в четырех точках: по наружному, внутреннему обводам и в нейтральных зонах	
выше 510°C	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	По всей поверхности гнутой части, включая наружный, внутренний обводы и нейтральные зоны - 100% деталей	Ремонтные заварки не допускаются
	УЗТ, ТВ	100% деталей  Контроль выполняют в трёх сечениях: центральном и двух по разные стороны от него. В каждом контрольном сечении измерения проводят в четырех точках: по наружному, внутреннему обводам и в нейтральных зонах	
	Металло- графический анализ на	Одна проба на паропровод с максимальной рабочей температурой	Способы (технология) отбора пробы не должны приводить к недопустимому ослаблению

	отобранной микропробе (МИ)		стенки. Допускается отбирать пробу из внутреннего обвода колена
--	----------------------------	--	---

135. Методы и объёмы контроля крепёжных деталей арматуры и других разъёмных соединений, эксплуатирующихся при температуре 450°C и выше, приведены в таблице VIII.6.

Таблица VIII.6

Наименование элемента	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
1	2	3	4
Шпильки М42 и большего размера для арматуры и фланцевых соединений	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, или ВТК, УЗК	Резьбовая поверхность - в доступных местах	1. Решение о контроле шпилек М36 и менее принимает технический руководитель ТЭС.  2. Контроль методами МПК (МПД) или ЦД, или ВТК проводится факультативно по решению технического руководителя ТЭС
	ТВ	Торцевая поверхность со стороны гайки - 100%	Критерии твёрдости в соответствии с требованиями к исходному состоянию
Гайки М42 и большего размера	ВИК	Резьбовая и торцевая поверхности - 100%	Критерии твёрдости в соответствии с
	ТВ	Торцевая поверхность - 50%	требованиями к исходному состоянию

136. Контроль металла при техническом диагностировании (ТД) барабанов котлов после выработки назначенного ресурса должен выполняться по программе, приведённой в таблице VIII.7, либо по индивидуальной программе, составленной на её основе. Индивидуальную программу контроля металла барабанов при проведении ТД разрабатывает или согласовывает специализированная экспертная организация.

Объект контроля	Метод контроля	Зона контроля	Объём контроля	Примечание
1	2	3	4	5
Обечайки	1. ВИК    (измерения)	1. Обмуровка и тепловая изоляция	100%	1. Проверяется целостность обмуровки и тепловой изоляции.
		2. Наружная поверхность обечаек в местах возможного попадания воды на изоляцию	100%	2. При наличии сырых пятен на обмуровке следует снять её в этих местах для осмотра наружной поверхности обечаек
		3. Внутренняя поверхность	100%	
		4. Овальность	В одном сечении на каждой обечайке в горизонтальном и вертикальном направлениях с допустимыми отклонениями 30°	Измерения овальности и прогиба проводятся факультативно; являются обязательными при выявлении подозрений на отклонения от проекта геометрических параметров корпуса по результатам осмотра
		5. Прогиб	По всей длине цилиндрической части обечаек в сечениях, отстоящих друг от друга не более 1000 мм	
	2. МПК (МПД) или ЦД	1. Зоны на внутренней поверхности обечаек в случае, если имеется подозрение на наличие трещин	Объём контроля назначается по результатам ВИК	

		2. Продольные и поперечные мостики на внутренней поверхности обечаек между отверстиями водяного объёма	По 30% продольных, косых и поперечных мостиков каждой группы отверстий одноименного назначения	1. Контроль проводится на мостиках, худших по результатам ВИК. 2. При обнаружении трещин объём контроля увеличивается до 100%
		3. Продольные и поперечные мостики на внутренней поверхности обечаек между отверстиями парового объёма	По 20% продольных и поперечных мостиков каждой группы отверстий одноименного назначения	1. Контроль проводится на мостиках, худших по результатам ВИК. 2. При обнаружении трещин объём контроля увеличивается до 100%
		4. Ремонтные заварки в корпусах обечаек: наплавленный металл с околосшовной зоной шириной 20-30 мм	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии (ЦД)
		5. Места приварки монтажных скоб	100%	При отсутствии возможности визуального выявления этих мест - контролировать полосу металла шириной 200 мм в каждую сторону от границы кольцевого шва в водяном объёме барабана
	3. УЗК	Контроль металла на расслоение	Во всех зонах зачистки под МПК (МГД) или ЦД	При обнаружении расслоения металла выявить его границы и определить размеры
	4. УЗТ	Контрольные точки в сечениях, отстоящих друг от друга не более 1000 мм на внутренней или наружной поверхности обечаек	В трёх точках в каждом сечении	1. В каждом сечении точки замера располагать под углом 120°; одна из точек должна лежать на нижней образующей. 2. В местах выборки и



				коррозионных дефектов проводится дополнительный контроль толщины стенки.  3. При обнаружении расслоения металла проводится контроль методом УЗК
	5. ТВ	1. В водяном объеме контрольные площадки на внутренней поверхности обечаек на мостиках между отверстиями водо-опускных труб	По одной-две площадки на 10% мостиков	Контролируемые мостики должны быть равномерно разнесены по водяному объёму обечаек
		2. В паровом объеме контрольные площадки на внутренней поверхности обечаек	По три площадки на каждой обечайке	Контрольные площадки должны быть равномерно разнесены по паровому объёму
	6. ИВ	Исследования металла вырезки (при необходимости)	В случае необходимости вырезка производится на одной из обечаек	Решение о необходимости вырезки и объёме исследования металла принимается в случае неудовлетворительных результатов неразрушающего контроля
Днища	1. ВИК	1. Обмуровка и тепловая изоляция	100%	Проверяются целостность обмуровки и тепловой изоляции. При наличии сырых пятен на обмуровке следует снять её в этих местах для осмотра наружной поверхности днищ
		2. Наружная поверхность днищ в местах возможного попадания воды на изоляцию	100%	
		3. Внутренняя поверхность днищ с	100%	

		зоной перехода от цилиндрической части к купольной		
2. МПК (МПД) или ЦД	1. Зоны на наружной поверхности днищ, если имеется подозрение на наличие трещин	Объём контроля назначается по результатам ВИК (при необходимости)		
	2. Внутренняя поверхность днищ с зоной перехода от цилиндрической части к купольной	25%	Контроль проводится на участке внутренней поверхности, не проверенной ранее	
	3. Зоны внутренней поверхности днищ, если имеется подозрение на наличие трещин	Объём контроля назначается по результатам ВИК	При выявлении дефектов по данным ВИК	
	4. На наружной и внутренней поверхности днищ места приварки опор и места приварки монтажных скоб	100%	При невозможности выявления мест приварки монтажных скоб контролировать полосу металла шириной 200 мм от границы кольцевого шва в водяном объёме внутри барабана	
	5. Ремонтные заварки в корпусах днищ - наплавленный металл с околосшовной зоной шириной 20-30 мм	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии (ЦД)	
3. УЗК	Контроль металла на расслоение	Во всех зонах зачистки под МПК (МПД) или ЦД	При обнаружении расслоения металла выявить его границы и определить размеры	

	4. УЗТ	Контрольные площадки на наружной или внутренней поверхности в двух сечениях, расположенных под углом 90°	На 4-5 площадках в каждом сечении	1. В каждом сечении точки замера должны быть равномерно разнесены от цилиндрического борта до лазового отверстия.  2. При обнаружении расслоения металла проводится контроль методом УЗК
	5. ТВ	Контрольные площадки внутренней поверхности в двух сечениях, расположенных под углом 90°	На 4-5 площадках в каждом сечении	В каждом сечении точки замера должны быть равномерно разнесены от цилиндрического борта до лазового отверстия
Лазовые отверстия	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Поверхность лазов на расстоянии 100 мм от кромок и примыкающая уплотнительная поверхность затворов	100%	
Основные продольные и поперечные сварные швы	1. ВИК	1. Металл сварного шва с околшовной зоной 60-80 мм на сторону с наружной поверхности барабана	В местах снятия изоляции	
		2. С внутренней поверхности барабана металл сварного шва с околшовной зоной 60-80 мм на сторону	100%	
		3. Ремонтные заварки:	100%	

		наплавленный металл с околошовной зоной 30 мм на сторону		
	2. МПК (МПД) или ЦД	1. Металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону с внутренней поверхности барабана	30% от общей длины каждого сварного шва, включая участки длиной не менее 100 мм в каждую сторону от точек пересечения продольного и поперечного швов	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВИК, преимущество отдается участкам, не проверенным при предыдущих контролях.  2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
		2. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной шириной не менее 30 мм на сторону	100%	Аустенитные подварки контролировать методом ЦД или травлением
	3. УЗК	Металл сварного шва с околошовной зоной 60-80 мм на сторону с наружной или внутренней поверхности барабана	30% от общей длины каждого сварного шва, 100% мест пересечения продольного и поперечного швов на длине не менее 200 мм в каждую сторону от точки пересечения	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВИК; преимущество отдается участкам, не проверенным при предыдущих контролях.  2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
Сварные швы приварки внутрибарабанных устройств	1. ВИК	Металл сварных швов с околошовной зоной 20-30 мм на сторону	Во всех доступных местах	

	2. МПК (МПД) или ЦД	1. Металл сварных швов с околошовной зоной 20-30 мм на сторону	30% от общей длины каждого сварного шва	1. Контроль проводится на участках сварных швов, худших по результатам ВИК, преимущество отдается участкам, не проверенным при предыдущих контролях.  2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%.  3. Для барабанов из стали 16ГНМ и стали 15NiCuMoNb5 - объем контроля 100%
		2. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной шириной не менее 30 мм на сторону	100%	Аустенитные заварки контролировать методом ЦД или травлением
Угловые сварные швы приварки штуцеров труб парового и водяного объемов	1. ВИК	С наружной поверхности сварного шва с околошовной зоной шириной не менее 30 мм на сторону	100%	
	2. МПК (МПД) или ЦД	1. С наружной поверхности барабана металл сварного шва с околошовной зоной шириной не менее 30 мм на сторону	30% сварных швов приварки штуцеров в каждой группе труб одноименного назначения, но не менее 2 штук в каждой группе	1. Контроль проводится на сварных швах, худших по результатам ВИК, преимущество отдается швам, не проверенным ранее.  Суммарно по итогам текущего обследования и эксплуатационных проверок за весь предшествующий период объем контроля должен составить не менее 100%.

				2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
		2. Ремонтные заварки: наплавленный металл с околошовной зоной шириной не менее 30 мм на сторону	100%	Аустенитные заварки контролировать методом ЦД или травлением
Отверстия и штуцера труб водяного объема	1. ВИК	Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	100%	
	2. МПК (МПД) или ЦД	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	50% отверстий труб каждого назначения.  Для барабанов из стали 15NiCuMoNb5 - 100%	1. Преимущественно контролируют отверстия, не проверенные ранее.  2. Контроль отверстий с защитными рубашками или присоединенных методом вальцовки проводится на участках внутренней поверхности, примыкающих к отверстию шириной 30-40 мм без удаления защитной рубашки или вальцовки; при выявлении трещин рубашка или вальцовка удаляются.  3. При обнаружении дефектов

				объем контроля увеличивается до 100%
		2. Ремонтные заварки на внутренней поверхности отверстий и штуцеров: наплавленный металл с околошовной зоной шириной 20-30 мм на сторону	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной дефектоскопии
Отверстия и штуцера труб парового объема	1. ВИК	Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	100%	
	2. МПК (МПД) или ЦД	1. Внутренняя поверхность отверстий и штуцеров с примыкающими к отверстиям участками внутренней поверхности барабана шириной 30-40 мм от кромки отверстия	30% отверстий и штуцеров каждой группы труб одноименного назначения, но не менее 2 шт. в каждой группе  Для барабанов из стали 15NiCuMoNb5 - 50%	1. Контроль проводится на отверстиях и штуцерах, худших по результатам ВИК, преимущество отдается отверстиям, не проконтролированным ранее.  2. При обнаружении недопустимых дефектов объем контроля увеличивается до 100%
		2. Ремонтные заварки на внутренней	100%	Аустенитные заварки контролируются методом травления или цветной

		поверхности отверстий и штуцеров: наплавленный металл с околошовной зоной шириной 20-30 мм на сторону		дефектоскопии (ЦД)
--	--	--	--	--------------------

### Паропроводы, эксплуатирующиеся при температуре 450°C и выше

137. Изложенные в ФНП требования к методам и объёмам контроля при техническом диагностировании станционных паропроводов и пароперепускных труб котлов и турбин диаметром более 75 мм после выработки ими своего назначенного ресурса относятся к элементам из стали марок 12МХ (12ХМ), 15ХМ, 12Х1МФ (12ХМФ), 15Х1М1Ф, 10CrMo910, 10Х9МФБ (ДИ82) и Х10CrMoVNb9-1 (Р91).

К основным элементам паропроводов, определяющим их ресурс, относятся прямые трубы, гнутые, штампованные и штампосварные отводы (колена), кованые и штампованные тройники и переходы, литые детали (колена, тройники), сварные соединения.

Перед неразрушающим контролем металла элементов паропровода проводят ревизию всей трассы паропровода и его опорно-подвесной системы (РОПС). РОПС выполняют в горячем и холодном состояниях паропровода. Результаты РОПС используются в последующем для поверочного расчёта на прочность и самокомпенсацию (ПРПС) паропроводной системы.

138. Диагностирование прямых участков паропроводов выполняют следующим образом:

а) Контроль остаточной деформации ползучести - 100% труб, подлежащих контролю остаточной деформации: трубы из стали 12МХ, 15ХМ и 10CrMo910 - с температурой 450°C и выше; трубы из стали 12Х1МФ, 15Х1М1Ф - с температурой 500°C и выше; трубы из стали 10Х9МФБ и Х10CrMoVNb9-1 - с температурой 530°C и выше.

б) Участки паропроводов в местах врезки штуцеров с  $DN50$  и более дренажных линий, линий БРОУ и РОУ контролируют методами ВИК, УЗК и ультразвуковой толщинометрии (УЗТ) на расстоянии одного диаметра основной трубы в каждую сторону от места врезки (стенки штуцера). Контроль толщины стенки проводится в двух сечениях: по одному в каждую сторону от места врезки, отстоящих от оси штуцера на расстоянии не более диаметра основной трубы. В каждом контрольном сечении толщина стенки измеряется в четырёх точках.

в) Дополнительный контроль прямых труб паропровода после отработки ими назначенного или индивидуального (дополнительно назначенного) ресурса проводится в следующих случаях:

ранее были произведены в полном объёме замена гибов или их восстановительная термообработка;



максимальная остаточная деформация труб превышает 75% допустимой величины.

г) Дополнительный контроль включает:

ультразвуковой контроль толщины стенки (УЗТ) не менее пяти прямых труб с наибольшей остаточной деформацией ползучести, но не менее двух труб по каждому типоразмеру; на каждую трубу одно контрольное сечение в зоне расположения реперов;

контроль методами ВИК, МПК (МПД) (ЦД), УЗК, а также исследование микроструктуры (МИ) и анализ повреждённости ( $M_{кп}$ ) - не менее двух труб каждого типоразмера (с наибольшей остаточной деформацией ползучести и минимальной толщиной стенки).

Толщина стенки в контрольном сечении трубы измеряется в четырёх точках равномерно по периметру сечения.

Контроль методами ВИК, МПК (МПД) (ЦД) и УЗК прямого участка трубы ведется в зоне расположения реперов на длине не менее 500 мм и должен охватывать по направляющей (окружности) трубы весь периметр сечения.

Контроль микроповреждённости трубы выполняется на участке, подготовленном под МПК (МПД) (ЦД) и УЗК и содержащем точку с минимальной толщиной стенки.

Контроль прямых труб методом УЗК по подпункту "г" пункта 138 ФНП может не проводиться, если по результатам УЗТ минимальная толщина стенки труб данного типоразмера составляет не менее номинальной толщины и максимальная остаточная деформация труб этого типоразмера не превышает половины допустимого значения.

д) Если по результатам контроля минимальная толщина стенки ( $S_f^{min}$ ) труб какого-либо из типоразмеров окажется меньше  $0,95S - 0,5$  мм, где  $S$  номинальная толщина стенки, контроль толщины стенки этих труб проводится в удвоенном объёме.

е) При проведении дополнительного контроля прямых труб следует элементы и зоны контроля выбирать с учётом результатов поверочных расчетов на прочность.

139. Диагностирование гнутых отводов (гибов) паропроводов выполняют следующим образом:

а) Контроль остаточной деформации ползучести - 100% гибов, подлежащих контролю остаточной деформации (из стали 12МХ, 15ХМ и 10CrMo910 начиная с 450°C; из стали 12Х1МФ, 15Х1М1Ф - начиная с 500°C; из стали 10Х9МФБ и X10CrMoVNb9-1 - начиная с 530°C).

б) Определение овальности - 100% гибов.

Овальность определяется по результатам измерений наружного диаметрагиба по двум, взаимно перпендикулярным, направлениям: между наружным и внутренним обводами и между нейтральными зонами. Измерения проводятся не менее чем в трёх контрольных сечениях: в центральном сечении гнутой части и по разные стороны от него на расстоянии  $\approx 0,5 D_a$  ( $D_a$  - наружный диаметр).

в) Контроль методами ВИК, МПК (МПД) (ЦД) и УЗК - 100% гибов.

Контроль проводится по всей длине гнутой части на 2/3 окружностигиба, включая растянутую и нейтральные зоны.

г) Ультразвуковой контроль толщины (УЗТ) стенки в растянутой и нейтральных зонах гибов - 100%. Измерение толщины стенки проводится не менее чем в пяти контрольных сечениях гнутой части каждогогиба: одно контрольное сечение - в центральной частигиба и по два сечения - в разные стороны от него с интервалом не более  $(0,70 \div 0,75) D_a$  - для нормально загнутых гибов и  $\sim(0,30 \div 0,40) D_a$  - для крутозагнутых гибов ( $D_a$  - наружный диаметр).

Измерение твёрдости (ТВ) на гibaх из стали 15X1M1Ф в объёме 50% от общего количества гибов. Площадки измерения твёрдости совмещать с площадками проведения УЗТ.

д) Анализ микроструктуры (МИ) и микроповреждённости ( $M_{KP}$ ) металла.

Анализ проводится методом реплик или непосредственно на шлифах переносным микроскопом в объёме не менее:

для паропроводов из перлитных сталей - 10% гибов на паропроводах и пароперепускных трубах турбин, но не менее двух по каждому из типоразмеров, отработавших назначенный ресурс;

для паропроводов из мартенситных сталей - 20% гибов на паропроводах и пароперепускных трубах турбин, но не менее трёх по каждому из типоразмеров, отработавших назначенный ресурс;

для пароперепускных труб котла из перлитных сталей - 5% от количества, но не менее двух гибов каждого назначения (перепуска), отработавших назначенный ресурс;

для пароперепускных труб котла из мартенситных сталей - 10% от количества, но не менее трёх гибов каждого назначения (перепуска), отработавших назначенный ресурс.

Контролю подвергаются гибы с максимальной остаточной деформацией или с максимальным уровнем напряжений по результатам расчёта на прочность.

Для пароперепускных трубопроводов котла в число контролируемых включаются гибы с максимальной расчётной температурой, в том числе последний гиб перед впрыскивающим пароохладителем.

Для паропроводов с отношением наружного диаметра к внутреннему не более 1,3 ( $D_a / D_{BH} \leq 1,3$ ) в контрольную группу для анализа микроповрежденности включаются гибы с овальностью менее 2% (за исключением гибов, изготовленных нагревом токами высокой частоты с осевым поджатием или имеющих исходную овальность не более 2%) и гибы, овальность которых уменьшилась более чем на 40% по сравнению с исходным значением.

На паропроводах блоков сверхкритического давления (далее - СКД) в контрольную группу для анализа микроповрежденности включаются гибы с максимальной овальностью.

Отбор гибов в контрольную группу для анализа микроструктуры и микроповрежденности металла проводится с учётом результатов анализа микроповрежденности металла, полученных при предыдущем обследовании паропровода.

140. Контроль штампованных и штампосварных колен проводится в объёме:

а) методами ВИК, УЗК и МПК (МПД) (ЦД) металла:

25% штампованных отводов;

25% штампосварных отводов, но не менее двух.

Контроль ведётся по всей длине изогнутой части по всему периметру (окружности) сечения колена, то есть включая наружный, внутренний обводы и нейтральные зоны колена.

б) Методами УЗК и МПК (МПД) или (ЦД) сварных соединений (продольных) штампосварных отводов - на 100% отводов, контролю подвергаются оба сварных шва в полном (100%) объёме;

в) Ультразвуковой контроль толщины (УЗТ) стенки:

25% штампованных отводов;

100% штампосварных отводов.

Измерения толщины стенки проводят не менее чем в трёх контрольных сечениях: в центральном (ось симметрии в плоскости колена) и по разные стороны от него примерно посередине между центральной частью и концом колена. В каждом контрольном сечении штампованного колена измерения проводят в четырёх точках: наружный, внутренний обводы и нейтральные зоны.

В штампосварных коленах контроль толщины стенки в зонах продольных сварных соединений выполняют по обе стороны от шва, поэтому в каждом контрольном сечении будет по шесть точек измерения.

в) Анализ микроструктуры (МИ) и микроповрежденности ( $M_{\text{КП}}$ ) металла:

в зонах сварных соединений штампосварных отводов не менее чем на 50% (но не менее трёх колен) каждого из типоразмеров. На каждом обследованном колене анализ проводится в центральной части на двух шлифах: по одному на каждое сварное соединение;

металл штампованных колен - одно из колен каждого типоразмера: в центральной части колена на двух диаметрально противоположных шлифах - на внутреннем и наружном обводах (независимо от марки стали изготовления).

Отводы из стали мартенситного класса в штампосварном исполнении - не применяются.

141. Контроль сварных соединений проводится следующим образом:

а) Контроль сварных соединений методами ВИК, УЗК, МПК (МПД) (ЦД) и УЗТ сталей перлитного класса:

1) Для сварных соединений типа 1:

10% сварных швов при температуре эксплуатации до 510°C;

20% сварных швов при температуре эксплуатации 510°C и выше.

2) Для сварных соединений типа 2:

50% сварных швов при температуре эксплуатации до 510°C;

100% сварных швов при температуре эксплуатации 510°C и выше.

Контроль сварных соединений методами ВИК, УЗК, МПК (МПД) (ЦД), УЗТ и ТВ сталей мартенситного класса:

для сварных соединений типа 1 - 50%;

для сварных соединений типа 2 и разнородных сварных соединений независимо от типа - 100%.

Толщина стенки стыковых сварных соединений измеряется по основному металлу в пришовной зоне (в проточке) с каждой стороны шва в четырех точках равномерно по окружности трубы.

Толщина стенки штуцерных сварных соединений измеряется в четырех точках по периметру штуцера и в пяти точках основной трубы, четыре из которых равномерно расположены вдоль шва приварки штуцера, а одна - в точке трубы на пересечении с продолжением оси штуцера.

В число контролируемых следует включать сварные соединения за впрыскивающими пароохладителями до первогогиба и ближайшие к расходомерным шайбам на горизонтальных участках паропровода.

При выявлении недопустимых дефектов в сварных соединениях контроль соединений данного типа увеличивается до 100%.

б) Контроль твердости сварных соединений элементов из стали 15X1M1Ф между собой и труб из стали 15X1M1Ф с литыми деталями из стали 15X1M1ФЛ по основному металлу и металлу шва проводится в объеме 100%.

Объем контроля проводимого в соответствии с подпунктами "а" и "б" пункта 141 ФНП после выработки назначенного ресурса паропровода может быть уменьшен по решению экспертной организации, согласованному с эксплуатирующей организацией, если полный объем этого контроля был выполнен не ранее чем за 15 тысяч часов до проведения обследования после исчерпания назначенного ресурса.

в) Анализ микроструктуры (МИ) и микроповреждённости ( $M_{\text{КП}}$ ) металла зон сварных соединений элементов паропроводов из стали перлитных марок:

для сварных соединений типа 1 - 10%, но не менее двух на каждый перепуск котла или турбины и не менее трёх на каждый паропровод;

для сварных соединений типа 2 - 30%; при количестве соединений менее трёх на перепуске или на паропроводе - 100%.

г) Анализ микроструктуры (МИ) и микроповреждённости ( $M_{\text{КП}}$ ) металла зон сварных соединений элементов паропроводов из мартенситных марок стали:

для сварных соединений типа 1 - 20%, но не менее трёх на каждый перепуск (котла или турбины) и не менее пяти на каждый паропровод;

для сварных соединений типа 2 и разнородных сварных соединений независимо от типа - 100%.

д) Контроль следует выполнять для наиболее напряжённых стыков и наиболее напряжённых точек в их сечении по результатам поверочного расчёта паропровода от совместного действия всех нагружающих факторов (ПРПС). При отсутствии указанного расчёта контроль микроструктуры и микроповреждённости выполняют в четырёх точках сечения, равномерно расположенных по периметру; для штуцерных соединений со стороны коллектора и со стороны штуцера.

142. Требования к методам и объёмам контроля литых деталей изложены в пункте 134 ФНП. Контроль кованных и штампованных деталей следует выполнять теми же методами и в тех же зонах, что и аналогичных литых деталей, но в уменьшенном в два раза объёме (за исключением штампованных колен, объём контроля которых приведен в пункте 140 ФНП).

143. Исследование состава, структуры и свойств металла на вырезках проводится следующим образом:

а) Исследования состава (химического, фазового), механических свойств и структуры основного металла и сварного соединения на образцах вырезок из паропровода являются обязательными в следующих случаях:

1) при обнаружении в процессе контроля (или предшествующей эксплуатации) недопустимых дефектов или отклонений, в том числе недопустимого уровня остаточной деформации;

2) при выявлении nereкомендованной микроструктуры металла гибов или сварных соединений при неразрушающем контроле (методом реплик, переносным микроскопом);

3) при выявленной (по результатам неразрушающего контроля) в основном металле или (и) сварных соединениях микроповреждённости выше допустимого балла согласно требованиям подпункта "е" пункта 153 и подпунктов "б", "в", "г" пункта 157 ФНП;

4) при нарушении режимов эксплуатации, в результате чего возможны недопустимые изменения в структуре и свойствах металла, или появление недопустимых дефектов;

5) при третьем по счёту продлении срока службы паропровода после отработки им дополнительно назначенного ресурса, и после наработки 400 тысяч часов и более, если исследования на вырезках ранее не проводились.

Для паропроводов из стали мартенситного класса - при первичном продлении ресурса.

Вырезка из паропровода с последующим исследованием состояния металла также должна проводиться в случае, если это признано необходимым организацией, выполняющей продление ресурса паропровода в рамках ЭПБ.

б) следует вырезать участок паропровода, содержащий фрагменты прямой трубы игиба, включая их сварное соединение. Вырезаемая катушка должна быть предварительно замаркирована таким образом, чтобы при последующей механической обработке была возможность идентификации металла прямой трубы игиба.

в) при определении места вырезки должны быть одновременно учтены следующие факторы:

вырезка должна находиться на начальном по ходу пара участке паропровода;

если в составе паропровода присутствуют элементы с различными сроками эксплуатации, вырезку проводят из участка с максимальной наработкой;

гиб, часть которого входит в состав вырезанной пробы, должен иметь максимальную остаточную деформацию или (и) минимальную по сравнению с другими гибоми толщину стенки, или (и) максимальный балл микроповреждённости металла.

Следует для определения места вырезки выполнять предварительный поверочный расчёт на прочность от действия всех нагружающих факторов и учитывать фактические данные по результатам контроля, в том числе микроповреждённости металла.

г) в технически обоснованных случаях следует в вырезаемый для исследований участок паропровода включать также гнутую частьгиба. При этом выбор участка паропровода для вырезки и последующего исследования металла следует обосновывать результатами поверочного расчёта на прочность паропроводной системы от совместного действия всех нагружающих факторов.

д) вырезку пробы (катушки) из паропровода разрешается выполнять огневым способом с последующим удалением механическим способом слоя металла от кромки реза шириной не менее 30 мм. Длина вырезанной катушки должна составлять не менее 500 мм. Сварной шов должен располагаться по центру вырезки.

е) вырезаемые из трубной заготовки образцы для механических и ударных испытаний следует размещать по периметру заготовки, то есть в окружном (поперечном) направлении. Образцы на длительную прочность, а также для испытаний сварных соединений, располагают вдоль оси трубной заготовки.

Металлографический анализ и исследования микроповреждённости металла выполняются по всей толщине стенки трубы.

ж) на металле вырезки из паропровода проводятся следующие исследования:

определяют химический состав металла (основного и сварного шва);

определяют содержание легирующих элементов в карбидах и при необходимости - типы карбидов (карбидный и фазовый анализы);

определяют твёрдость металла по толщине стенки трубы и по поперечному сечению сварного соединения, включая основной металл, зону термического влияния и металл шва;

проводят испытания на растяжение по определению механических свойств металла при комнатной и рабочей температурах и ударные испытания по определению ударной вязкости KCU и KCV при комнатной температуре и KCU - при рабочей температуре;

испытания образцов типа "Менаже" из сварного соединения на статический изгиб с определением удельной энергии на зарождение трещины ( $A_3$ ) и на её развитие ( $A_P$ ) - факультативно;

исследования микроструктуры металла (включая степень сфероидизации перлита) по толщине стенки трубы и сварного соединения по его поперечному сечению;

анализ микроповрежденности (порами ползучести) металла по толщине стенки трубы;

анализ микроповрежденности сварного соединения по его поперечному сечению;

длительные испытания по определению жаропрочных свойств металла и при необходимости сварного соединения.

Полный объем испытания по определению кратковременных механических свойств и длительной прочности проводят на трёх партиях образцов, соответствующих металлу гiba, металлу прямой трубы и сварному соединению. При этом в последнем случае рабочая часть разрывных образцов и образцов на длительную прочность представляет собой сварное соединение, включая металл шва, зоны термического влияния и основной металл. Допускается по решению специализированной экспертной организации проводить испытания в сокращенном объеме.

Ударные образцы типа "Менаже" и "Шарпи" из сварного соединения (для испытаний на ударную вязкость и статический изгиб) изготавливают в двух вариантах: надрез располагается в металле шва и в зоне сплавления.

При испытаниях на растяжение основного металла определяют комплекс механических свойств, включая прочностные характеристики - временное сопротивление разрыву  $\sigma_B$  (предел прочности) и условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  и пластические характеристики - относительное удлинение  $\delta$  и относительное сужение  $\psi$ . При кратковременных испытаниях сварного соединения определяют временное сопротивление разрыву  $\sigma_B$  и относительное сужение  $\psi$ .

з) кратковременные механические свойства металла при комнатной и рабочей температурах определяются испытанием не менее двух образцов на разрыв и не менее трёх - на ударную вязкость для каждого значения температуры.

Длительные жаропрочные испытания с определением характеристик длительной прочности проводят не менее чем на восьми образцах;

и) исследования микроструктуры и микроповрежденности металла проводятся на образцах из вырезки по всей толщине стенки трубы. Анализ микроструктуры и микроповрежденности основного металла и сварных соединений выполняется методами оптической микроскопии, а также факультативно прецизионным определением плотности для основного металла;

к) при исследовании металла вырезки гнутого участка колена данная вырезка проводится из центральной части гiba. В этом случае образцы для исследований как поперечные, так и продольные, вырезают из половины гiba, соответствующей его наружному обводу, включающей полностью растянутую зону и частично ( $\approx 50\%$ ) две нейтральные зоны.

144. Ревизию опорно-подвесной системы паропровода для последующего поверочного расчёта на прочность и самокомпенсацию (от совместного действия всех нагружающих факторов) выполняют следующим образом:

а) Анализ проектной, монтажно-сдаточной и эксплуатационной технической документации:

проектные и фактические параметры пара (если ответвления паропровода, связанные с ним в одну расчётную систему, и сам паропровод эксплуатируются при различных параметрах среды, или время эксплуатации при рабочих параметрах для различных ответвлений отличается - сведения по каждому такому ответвлению в отдельности);

год ввода паропроводов в эксплуатацию, данные по длительности эксплуатации (наработке) паропроводов и их ответвлений;

аксонометрическая схема паропроводов с указанием марок стали и типоразмеров основной трассы и ответвлений с привязкой арматуры, опор и подвесок (с указанием проектных номеров), указателей температурных перемещений (с указанием проектных номеров) и сварных соединений;

массовые характеристики установленной арматуры;

проектные и эксплуатационные данные по температурным перемещениям паропроводов в местах установки индикаторов температурных перемещений (по осям координат, принятым в аксонометрической проекции паропроводов), а также в местах присоединения к оборудованию;

проектные и фактические данные по пружинным опорам и подвескам, сортамент установленных пружин, их высоты (в рабочем и холодном состоянии);

эксплуатационные формуляры по нагрузкам;

тип тепловой изоляции, её погонная масса, границы участков с различной погонной массой тепловой изоляции;

величины и места выполнения монтажных растяжек в соответствии с актами о выполнении монтажных растяжек из паспорта паропровода;

возможные сочетания тепловых режимов работы паропроводов и их ответвлений;

данные об имевшихся в процессе эксплуатации повреждениях элементов паропроводов.

б) Осмотр трассы трубопровода в рабочем и холодном состояниях и ревизию ОПС:

визуальная проверка отсутствия заземлений паропроводов в рабочем и холодном состояниях;

визуальный осмотр и оценка работоспособности элементов ОПС;

измерение уклонов горизонтальных участков трасс;

составление ведомости дефектов, в которой указываются необходимые мероприятия по устранению дефектов и сроки выполнения этих работ, а также



ответственные за их выполнение.

в) Проверку соответствия фактического исполнения трассы паропроводов и ОПС проектным данным:

измерение фактических линейных размеров трасс паропроводов с уточнением расположения ответвлений, сварных соединений (на основании проектных данных), опор, подвесок, арматуры и индикаторов температурных перемещений, проверка соответствия типов опор и подвесок проекту, проверка целостности и работоспособности элементов ОПС и индикаторов температурных перемещений;

измерение геометрических характеристик установленных пружин: определение количества витков, диаметров прутков и диаметров навивки пружин, а также высоты пружин в рабочем состоянии паропроводов; дополнительно измеряются длины тяг пружинных подвесок и их отклонения от вертикали; выполняется идентификация пружин;

измерение температурных перемещений при переходе паропроводов из горячего в холодное состояние.

г) Сопоставление и анализ фактических и проектных данных паропроводов и ОПС:

документируются все отмеченные при обследовании отклонения от проекта;

разрабатываются расчётные модели выявленных при визуальном осмотре частичных или полных защемлений паропроводов и ОПС;

уточняются применительно к конкретному паропроводу расчётные модели сварных соединений (на основании данных эксплуатирующей организации).

#### Паропроводы горячего промперегрева, изготовленные из центробежнолитых (ЦБЛ) труб

145. Требования к методам и объёмам неразрушающего контроля при техническом диагностировании паропроводов горячего промперегрева, изготовленных из центробежнолитых (ЦБЛ) труб типоразмером  $\varnothing 630 \times 25$  мм,  $\varnothing 630 \times 28$  мм и  $\varnothing 920 \times 32$  мм из стали марки 15X1M1Ф, эксплуатирующихся при температуре пара 540-545°C и давлении 2,5-4,0 МПа, изложены в таблице VIII.8.

Таблица VIII.8

Объект контроля	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
Трубопровод	РОПС	Трубопроводная система и ОПС	Осмотр трубопровода и ОПС проводить в горячем и холодном состояниях
Прямые трубы	Измерение остаточной деформации	100%	При достижении остаточной деформации, равной половине допустимого значения, измерения её проводятся каждые 25000 ч

	Металлографический анализ (МИ) с оценкой свойств металла и микроповреждаемости на вырезке (ИВ)	не менее 1 трубы на паропровод	Металлографический анализ проводится на отобранных пробках или на вырезке. Вырезку следует совмещать со сварным соединением
Сварные стыковые соединения	ВИК, УЗК, МПК (МГД) или ЦД	100%	-
	УЗТ	100%	Толщина стенки контролируется один раз в зоне сварного соединения (место расточки под подкладное кольцо)
	ТВ	100%	Измеряется твердость металла шва и примыкающего основного металла.  Контролю подлежат в том числе заводские стыки, а также стыки с ремонтными подварками
	Металлографический анализ (МИ) с помощью реплик ЗТВ сварного соединения	не менее 10% (объем контроля может уточняться)	Контролю подвергаются стыки:  - с разупрочненным металлом шва (твердость шва ниже твердости основного металла);  - с подваркой;  - разнотолщинных элементов (труба - штампосварное колено)
	Исследование структуры и свойств металла на вырезке (ИВ)	Одно сварное соединение (с основным металлом) на паропровод	Вырезку следует совмещать с основным металлом трубы. Вместо вырезки сварного соединения (катушки) допускается вырезка пробки диаметром не менее 120 мм с последующей вваркой глухого штуцера.  При вырезке пробки из нижнего полупериметра трубы штуцер (заглушающий) устанавливается донышком внутрь. Вварка штуцера

			должна выполняться с полным проплавлением стенки штуцера
--	--	--	--

146. Исследование состава, структуры и свойств металла на вырезках выполняется следующим образом:

а) Вырезку пробы основного металла в виде катушки или пробки совмещают с вырезкой сварного стыка или отбором пробки сварного соединения:

катушка вырезается из паропровода с помощью газовой резки: ацетилено-кислородной или смеси любого горючего газа с кислородом. Длина вырезаемого трубного элемента (включающего две ЦБЛ трубы) с кольцевым сварным швом посередине должна составлять не менее 650 мм;

пробка из действующего паропровода вырезается только механическим способом: фрезерованием, высверливанием. Она должна быть диаметром не менее 120 мм с последующей приваркой глухого штуцера в сварное соединение паропровода. Технология приварки глухого штуцера ( $DN \geq 100$ ) в отверстие, полученное при вырезке пробки в сварном соединении паропровода, должна соответствовать требованиям НД.

б) При исследовании основного металла ЦБЛ труб определяются:

химический и карбидный составы по сечению стенки трубы;

кратковременные механические свойства при комнатной и рабочей температурах;

критическая температура хрупкости (при необходимости);

состояние макро- и микроструктуры по сечению стенок труб;

микрповреждённость основной и ликвационной структуры порами с определением объёмной доли пор;

жаропрочные свойства (при необходимости).

в) Макроструктурный анализ проводится на темплетях по всему поперечному сечению стенок труб для фиксирования ликвационной полосчатости и визуального выявления макронесплошностей технологического происхождения.

г) Микроструктурный анализ (включая микрповреждённость) проводится на шлифах поперечного сечения стенок труб как в зонах с основной структурой, так и в ликвационной зоне, примыкающей, главным образом, к внутренней поверхности трубы, с целью выявления степени развития ликвационных структур и фиксирования микродефектов технологического происхождения, а также оценки микрповрежденности металла.

д) Образцы для механических испытаний вырезают из зон металла, примыкающих к внутренней поверхности труб.

е) При исследовании сварного соединения на вырезке определяют:

твёрдость основного металла, зоны термического влияния (ЗТВ) и металла шва соединения в трёх продольных сечениях (по трём линиям) на шлифе

поперечного сечения стыка;

кратковременные механические свойства при комнатной и рабочей температурах по результатам испытаний образцов на растяжение и образцов с надрезом "Менаже" и "Шарпи" на ударный изгиб (надрез наносится по зоне сплавления и по металлу шва);

химический состав металла шва и при необходимости дополнительно основного металла и карбидный анализ металла этих зон;

качество зон сварного соединения по результатам металлографического анализа трёх макрошлифов поперечного сечения;

микроструктуру и микроповрежденность зон сварного соединения по результатам металлографического исследования двух микрошлифов поперечного сечения;

жаропрочные свойства (при необходимости).

ж) При исследовании фрагмента сварного соединения (пробки), вырезанного из действующего паропровода, определяют:

твёрдость металла зон сварного соединения;

химический состав металла шва (и основного металла);

макро- и микроструктуру с оценкой микроповрежденности металла зон сварного соединения.

### Станционные питательные трубопроводы

147. Методы и объёмы контроля при техническом диагностировании станционных питательных трубопроводов наружным диаметром более 75 мм приведены в таблице VIII.9.

Таблица VIII.9

Наименование элементов	Метод контроля	Объём контроля	Примечание
1	2	3	4
Трубопровод	РОПС	Трубопроводная система и ОПС	Осмотр трубопровода и ОПС проводить в горячем и холодном состояниях
Трубы и фасонные детали после выходных патрубков	УЗТ	Не менее 3 контрольных	

регулирующей арматуры на длине не менее 10 Da трубы по ходу движения среды от регулирующего, дросселирующего органа, зоны установки дроссельных, шайбовых наборов, щелевых дросселей. Тупиковые участки в зонах возможного коррозионного износа		сечений на каждом из указанных участков; в каждом контрольном сечении не менее 4 точек измерения	
Гибы труб, штампованные и штампосварные колена	ВИК (овальность), УЗК, МПК (МПД) или ЦД, УЗТ, ТВ	50%	1. Обязательному контролю подлежат гибы байпасов РПК и обводов ПВД.  2. На электростанциях с
Крутоизогнутые отводы R/Da<2,5	ВИК (овальность), УЗК, МПК (МПД) или ЦД, УЗТ, ТВ	100%	поперечными связями допускается контроль гибов на соединительной магистрали выполнять в объёме: "горячий" стояк и "холодный" стояк - по 20%.  3. Если овальность контролируемых гибов измерялась ранее, допускается не проводить повторных измерений.  4. Контроль толщины стенки и твёрдости металла гибов выполнять в трёх сечениях: центральном и по разные стороны от него; в каждом контрольном сечении по 3 точки измерений: в растянутой и нейтральных зонах.  5. Контроль гибов проводится по всей длине гнутой части на 2/3 окружности трубы, включая растянутую и нейтральные зоны  6. При наличии штампосварных колен контроль продольных сварных соединений методами УЗК и МПК -

			100%
Литые колена	ВИК, МПК (МПД) или ЦД, УЗТ	50%  Ремонтные заварки - 100%	1. Контроль выполняют по всей поверхности гнутой части, включая наружный, внутренний обводы и нейтральные зоны.  2. УЗТ выполняют в трёх сечениях: нейтральном и в двух по разные стороны от него. В каждом контрольном сечении измерения проводят в четырех точках: по наружному, внутреннему обводам и в нейтральных зонах
Литые, кованные детали (корпуса арматуры, тройники)	ВИК, МПК (МПД) или ЦД	Радиусные переходы наружных поверхностей - 20% общего количества деталей каждого назначения.  Ремонтные заварки - 100%	Корпусы арматуры с DN>250 контролировать также со стороны внутренней поверхности - в доступных местах.
	УЗТ	20% общего количества деталей каждого назначения	1. Контроль корпусов арматуры проводят в четырех точках равномерно по окружности каждого патрубка.  2. Контроль тройников проводят в четырех точках равномерно по окружности штуцера, в четырех точках коллектора в окрестности линии сопряжения со штуцером по разные стороны от него и в точке коллектора, расположенной против центральной оси штуцера.  3. Контроль переходов проводят в двух сечениях вблизи переходных зон; в каждом сечении - 4 контрольные точки, равномерно распределенные по

			окружности
Сварные соединения	ВИК, УЗК	Основные стыковые (тип 1) - 10%	При обнаружении недопустимых дефектов объём контроля увеличивается вдвое; при повторном обнаружении недопустимых дефектов - объём контроля увеличивается до 100%
	ВИК (катет угловых швов), УЗК, МПК (МПД) или ЦД	Штуцерные соединения с $Da \geq 100$ мм и стыковые соединения типа 2, в том числе приварки донышек (заглушек) - 30%	При обнаружении недопустимых дефектов объём контроля увеличивается вдвое; при повторном обнаружении недопустимых дефектов - объём контроля увеличивается до 100%
Донышки (заглушки)	ВИК	100%	УЗТ и ТВ заглушек выполняют в 5 точках:
	УЗТ, ТВ	50%	4 - равномерно по окружности и 1 - в центре

## VIII. Нормы контроля и критерии качества металла

### Котлы

148. Для труб поверхностей нагрева химический состав, технологические дефекты, макроструктура, загрязнённость неметаллическими включениями должны удовлетворять требованиям технических условий на поставку с учётом возможных изменений при длительной эксплуатации, а общее состояние металла должно удовлетворять следующим требованиям:

а) По результатам визуального контроля металла труб (в котле и на вырезке) не допускаются:

выход труб из ранжира на величину диаметра трубы и более;

равномерное увеличение наружного диаметра относительно номинального для труб из легированных марок сталей более чем на 2,5%, для труб из углеродистых сталей - более 3,5%;

отдулины и макротрещины.

б) По результатам металлографического контроля не допускаются:

микротрещины;

коррозия по периметру зёрен (межкристаллитная коррозия) на глубину 0,3 мм и более в металле на наружной поверхности труб из стали 12X18H12T;

сульфидно-оксидная коррозия на наружной поверхности труб из перлитных сталей на глубину 0,1 мм и более в металле;

обезуглероженный слой глубиной более 0,2 мм.

149. Для коллекторов котлов должны соблюдаться следующие требования к состоянию металла:

а) На наружной и внутренней поверхностях коллекторов не допускаются:

трещины всех видов и протяжённые трещиноподобные (длина в 10 раз больше ширины) дефекты;

несплошности (дефекты) округлой формы с размером по поверхности более толщины стенки трубы или более 20 мм и глубиной более 3 мм;

продольные риски глубиной более 10% от толщины (S) стенки или более 2,5 мм при  $S > 25$  мм.

б) Прогиб коллектора не должен превышать 20 мм на 1 м длины и 100 мм по всей длине между опорами.

в) Качество стыковых и штуцерных сварных соединений по результатам неразрушающего контроля - согласно пунктам 156-158 ФНП.

г) Твёрдость металла коллекторов должна находиться в пределах следующих рекомендуемых диапазонов:

для стали марки 20 - от 120 до 180 НВ; для стали 15ГС (16ГС) - от 120 до 200 НВ;

для стали марки 12MX и 10CrMo910 - от 120 до 190 НВ;

для стали марок 15XM, 12X1MФ и 15X1M1Ф - от 130 до 210 НВ;

для мартенситных сталей 10X9MФБ и X10CrMoVNb9-1 - от 190 до 255 НВ.

Для перлитных сталей отклонения по твёрдости металла следует считать критичными, если минимальное её значение меньше нижней границы соответствующего данной марки стали рекомендованного диапазона на 10%, а максимальное значение больше его верхней границы на 15% от среднего



(медианного) значения твёрдости данного диапазона.

Для мартенситных сталей указанные отклонения не должны превышать 5 и 10% относительно нижней и верхней границ соответственно от величины среднего значения рекомендованного диапазона твёрдости.

Если твёрдость металла не укладывается в рамки рекомендуемого диапазона, но не выходит за границы критических значений, требуется предусмотреть компенсирующие мероприятия.

д) Для коллекторов из углеродистой или молибденовой (15М, 16М) стали графитизация не должна превышать балл 2 стандартной шкалы (приложение N 1 к ФНП).

е) Для коллекторов из теплоустойчивой стали перлитного класса, работающих в условиях ползучести, микроповреждённость металла не должна превышать балл 4 стандартной шкалы (приложение N 3 к ФНП).

Для коллекторов из хромистой стали мартенситного класса микроповреждённость не должна превышать балл 3 шкалы (приложение N 8 к ФНП).

150. Требования к качеству и критерии оценки состояния пароперепускных труб, работающих при температуре 450°C и выше, соответствуют аналогичным требованиям к трубам паропроводов, установленным в пункте 153 данной главы ФНП.

Состояние металла литых деталей, работающих при температуре 450°C и выше, должно удовлетворять следующим условиям:

качество поверхности и макроструктура должны соответствовать требованиям технических условий на отливки;

твёрдость металла должна удовлетворять требованиям технических условий на поставку. При отсутствии таких данных твёрдость металла литых деталей должна составлять не менее 0,8 от нижней границы диапазона твёрдости для аналогичной марки стали катанных, кованных и штампованных деталей согласно нормам ФНП;

в микроструктуре металла не допускаются поры размером более 5 мкм.

151. Состояние металла пароводоперепускных труб, работающих при температуре до 450°C, должно удовлетворять следующим требованиям

а) На поверхности гибов труб не допускаются:

трещины всех видов, а также протяженные трещиноподобные (длина в 10 раз больше ширины) дефекты;

продольные риски глубиной более 10% толщины стенки или более 2 мм для  $S \geq 20$  мм;

дефекты округлой формы (раковины, коррозионные язвы) с размером по поверхности более 10 мм и глубиной более 1,5 мм для элементов с  $D_a \leq 133$  мм или с размером по поверхности более 15 мм и глубиной более 2,5 мм для элементов остальных типоразмеров;

скопления дефектов округлой формы глубиной более 0,5 мм для элементов с  $D_a \leq 133$  мм или глубиной более 1,0 мм для элементов других типоразмеров.

б) Поверхностные дефекты с острыми краями следует выбирать абразивным инструментом с плавным скруглением краев выборки. При этом выборка не должна ослаблять стенку до уровня, приводящего к снижению коэффициента запаса прочности ниже нормативного значения. В любом случае глубина выборки не должна превышать 15% от номинальной толщины стенки элемента.

в) На внутреннем обводе гибов допускается плавная неровность (волнистость) высотой не более половины номинальной толщины стенки, но не более 10 мм. При этом шаг волн должен быть не менее утроенной их высоты.

г) Овальность гибов труб не должна превышать 8%.

д) Утонение стенки прямых труб и гибов в нейтральных зонах не должно превышать 10% от номинальной толщины стенки, а гибов в растянутой зоне (на наружном обводе) - 15%, для крутоизогнутых гибов допускается утонение стенки по наружному обводу до 20% от номинальной толщины (если иные критерии не установлены в технической документации изготовителя).

Если утонение стенки элементов превышает указанные нормы, то их работоспособность должна быть подтверждена контрольным расчётом на прочность.

е) Гибы считаются непригодными к дальнейшей эксплуатации, если по результатам их УЗК обнаружены дефекты, амплитуда или пробег эхо-сигнала от которых равны или превышают браковочные значения или на внутренней поверхности обнаружены дефекты, превышающие по амплитуде контрольный уровень чувствительности.

Качество гибов считается удовлетворительным, если по результатам их контроля методами ВИК, УЗК, МПК (МПД) или ЦД не обнаружены дефекты с браковочными признаками.

ж) Твёрдость металла гибов должна соответствовать следующим рекомендованным интервалам значений:

для стали марок 20, 15ГС (16ГС) - от 130 до 190 НВ - в растянутой зоне и от 120 до 180 НВ в нейтральных зонах и на прямых участках. Для стали 15ГС (16ГС) считать приемлемым увеличение твёрдости в нейтральных зонах до 190 НВ и в растянутой зоне гiba до 200 НВ;

для стали марки 12МХ (и 10CrMo910) - от 130 до 200 НВ в растянутой зоне и от 120 до 190 НВ в нейтральных зонах и на прямых участках;

для стали марок 15ХМ, 12Х1МФ и 15Х1М1Ф - от 140 до 220 НВ в растянутой зоне и от 130 до 200 НВ в нейтральных зонах и на прямых участках.

Допускаются отклонения от границ указанных диапазонов твёрдости в следующих пределах:

для сталей 20 и 15ГС (16ГС) - в сторону уменьшения от нижней границы и в сторону увеличения от верхней границы на 10 и 15% соответственно по средней величине твёрдости данного диапазона;

для сталей 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ и 15Х1М1Ф - в сторону уменьшения от нижней границы и в сторону увеличения от верхней границы на 5 и 10% соответственно по средней величине твёрдости данного диапазона.

Если твёрдость металла не укладывается в рамки рекомендованного диапазона, но не выходит за границы критических значений, требуется предусмотреть компенсирующие мероприятия.

з) Требования к качеству сварных соединений перепускных труб по результатам неразрушающего контроля - согласно пунктам 156-158 данной главы ФНП.

и) Для труб из углеродистой и молибденовой (15М, 16М) стали, работающих при температуре выше 390°C, графитизация в зонах сварных соединений и в металле гибов не должна превышать балла 2 стандартной шкалы (приложение N 1 к ФНП).

к) При исследовании свойств металла на вырезках должны соблюдаться следующие требования в отношении результатов этих исследований:

химический состав, макроструктура, загрязнённость неметаллическими включениями должны соответствовать требованиям технических условий;

прочностные характеристики металла (временное сопротивление разрыву и условный предел текучести) не должны отличаться более чем на 5% в меньшую сторону от значений, регламентированных техническими условиями на поставку, как при комнатной, так и при рабочей температурах;

относительное удлинение стандартных образцов должно составлять при комнатной температуре не менее:

20% - для углеродистой стали;

16% - для кремнемарганцовистой стали (15ГС, 16ГС);

18% - для легированной хромомолибденовой и хромомолибденованадиевой стали;

отношение предела текучести к временному сопротивлению не должно превышать при комнатной температуре 0,65 - для углеродистых сталей и 0,75 - для легированной стали;

минимальное значение ударной вязкости при комнатной температуре на образцах с острым надрезом (типа "Шарпи") должно быть не менее 0,20 МДж/м<sup>2</sup> (2,0 кгс·м/см<sup>2</sup>), на образцах с круглым надрезом (типа "Менаже") - не менее 0,30 МДж/м<sup>2</sup> (3,0 кгс·м/см<sup>2</sup>).

152. Барабаны котлов должны удовлетворять следующим нормам качества

а) Геометрические параметры барабана должны соответствовать условиям:

отклонение среднего диаметра барабана от номинального значения не должно превышать 1% в бóльшую сторону;

овальность барабанов не должна превышать 1%;

отклонение от прямолинейности образующих обечайек не должно превышать 3 мм на каждый 1 метр длины обечайки;

б) На поверхности металла и сварных соединений барабана не допускаются трещины всех видов и направлений.

Допускаются поверхностные единичные дефекты округлой формы пологого профиля (раковины, коррозионные язвы) глубиной не более 10% от толщины стенки, но не более 8 мм с максимальным размером на поверхности не более 20 мм, отстоящие от кромки ближайшего отверстия или сварного шва на расстояние не менее 300 мм. В зонах отверстий (включая кромки) и сварных соединений, то есть на расстоянии от них менее 300 мм, допускаются указанного выше типа дефекты глубиной не более 5 мм и максимальным размером по поверхности не более 10 мм.

Допускаются скопления коррозионных язв или других поверхностных дефектов пологого профиля глубиной не более 3 мм.

в) не допускаются расслоения металла, выходящие на поверхность лазовых отверстий;

г) твёрдость металла по данным измерений переносным прибором должна находиться в пределах:

для углеродистой и молибденовой стали (типа 20, 20Б, 15М, 16М, 20К, 22К) - 120-180 НВ;

для легированной стали типа 16ГНМ, 16ГНМА - 140-210 НВ; стали 15NiCuMoNb5 - 180-250 НВ.

Допускаются отклонения от граничных значений указанных рекомендуемых диапазонов твёрдости в верхнюю и нижнюю стороны:

для углеродистой и молибденовой стали (20, 20Б, 15М, 16М, 20К, 22К) не более, чем на 10% от среднего значения твёрдости соответствующего диапазона;

для сталей 16ГНМ, 16ГНМА, 15NiCuMoNb5 не более, чем на 7% от среднего значения твёрдости соответствующего диапазона.

Если твёрдость металла не укладывается в рамки рекомендованного диапазона, но не выходит за границы критических значений, требуется предусмотреть компенсирующие мероприятия.

д) структура металла по результатам металлографического исследования на локальных пробах или вырезках должна соответствовать требованиям к исходному состоянию.

е) при исследовании свойств металла на вырезках должны соблюдаться следующие требования к их результатам:

прочностные характеристики металла (временное сопротивление разрыву и условный предел текучести) не должны отличаться более чем на 5% в меньшую сторону от значений, регламентированных техническими условиями на поставку, как при комнатной, так и при рабочей температурах;

относительное удлинение стандартных разрывных образцов должно составлять при комнатной температуре не менее:

20% - для углеродистой стали;

17% - для легированной (16ГНМ, 16ГНМА, 15NiCuMoNb5) стали;

отношение условного предела текучести металла к временному сопротивлению при комнатной температуре не должно превышать 0,65 для углеродистых

сталей и 0,8 - для легированных;

ударная вязкость металла при комнатной температуре на образцах с острым надрезом ("Шарпи") должна быть не менее  $0,20 \text{ МДж/м}^2$  ( $2,0 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ );

критическая температура хрупкости металла ( $T_K$ ) должна быть не выше  $60^\circ\text{C}$ .

ж) требования к качеству стыковых и штуцерных сварных соединений барабанов по результатам неразрушающего контроля - согласно пункту 156 данной главы ФНП.

### Трубопроводы пара и горячей воды

153. Состояние металла элементов паропроводов (включая пароперепускные трубопроводы турбин и котлов) из сталей перлитного и мартенситного классов, работающих при температуре  $450^\circ\text{C}$  и выше, должно удовлетворять следующим требованиям

а) химический состав, технологические дефекты, макроструктура, загрязненность неметаллическими включениями, должны соответствовать требованиям технических условий на поставку;

б) остаточная деформация ползучести не должна превышать: для прямых труб из стали 12X1МФ - 1,5% диаметра; для прямых труб из сталей других марок - 1,0% диаметра; для прямых участков гнутых труб (гибов) независимо от марки стали - 0,8% диаметра.

Остаточная деформация прямых труб и прямых участков гибов паропроводов блоков СКД из стали марок 12X1МФ, 15X1М1Ф, 10X9МФБ и X10CrMoVNb9-1 не должна превышать 0,8 и 0,6% соответственно.

в) для стали марок 12X1МФ и 15X1М1Ф суммарное предельное содержание легирующих элементов в карбидном осадке не должно превышать 60% от общего (суммарного) содержания легирующих элементов в металле;

г) утонение стенки прямых труб и гибов в нейтральных зонах не должно превышать 10% от номинальной толщины стенки элемента, а гибов в растянутой зоне (на наружном обводе) - 15%. Для крутоизогнутых гибов допускается утонение стенки по наружному обводу до 20% от номинальной толщины.

При несоблюдении данных требований по допустимому утонению стенки элементов их работоспособность должна быть подтверждена контрольным расчётом на прочность с уточнением ресурсных характеристик.

д) допускаются протяжённые дефекты механического происхождения (риски) на наружной поверхности гнутых элементов глубиной не более 10% номинальной толщины стенки, но не более 1,5 мм в растянутой зоне и не более 2,0 мм - на остальных участках поверхности;

На наружной поверхности элементов паропроводов допускаются коррозионные язвы, раковины и другие локальные повреждения плавной формы глубиной не более 10% номинальной толщины стенки, но не более 2 мм. Трещины всех видов не допускаются;

е) микроповреждённость металла элементов из перлитных сталей при 500-кратном увеличении не должна превышать 4-го балла по шкале (приложение N 3 к ФНП).

Микроповреждённость металла элементов из мартенситных сталей при 1000-кратном увеличении не должна превышать 3-го балла по шкале (приложение N 7 к ФНП).

Степень сфероидизации перлита не должна превышать 5-й балл по шкале (приложение N 2 к ФНП). При более высоком уровне сфероидизации перлита требуется оценить ресурсные характеристики металла с учётом результатов жаропрочных испытаний на вырезке.

ж) овальность гибов труб с отношением наружного ( $D_a$ ) к внутреннему ( $D_{вн}$ ) диаметру не более 1,3 должна быть не менее 1,5%, за исключением гибов, изготовленных нагревом токами высокой частоты с осевым поджатием или подвергнутых восстановительной термической обработке, или имеющих начальную (исходную) овальность менее 1,5%. Снижение овальности в процессе эксплуатации не должно превышать 50% от её исходного значения.

з) после 100 тысяч часов эксплуатации допускается снижение кратковременных механических свойств при комнатной температуре: временного сопротивления разрыву и предела текучести - на 30 МПа, ударной вязкости (KCU) - на 0,15 МДж/м<sup>2</sup> (1,5 кгс·м/см<sup>2</sup>) по сравнению с гарантированными уровнями среднemarочных значений соответствующих характеристик согласно требованиям на поставку. Минимальное значение ударной вязкости при комнатной температуре, полученное на образцах с острым надрезом (KCV), должно составлять не менее 0,25 МДж/м<sup>2</sup> (2,5 кгс·м/см<sup>2</sup>).

Предел текучести стали 12X1МФ и 15X1М1Ф при температуре 550°C должен быть не ниже 180 МПа, стали 12МХ и 15ХМ при температуре 510°C - не ниже 200 МПа.

Значения и предельные нормы твердости гибов паропроводов из перлитных сталей принимаются в соответствии с указаниями подпункта "ж" пункта 151 ФНП для элементов пароводоперепускных трубных систем котлов. Твердость металла элементов из хромистой мартенситной стали должна соответствовать диапазону 190-255 НВ с предельно допустимым отклонением в большую и меньшую стороны от его границ не более, чем на 5% от среднего значения твердости этого диапазона;

и) предел длительной прочности для конкретной марки стали на базе 100 тысяч и 200 тысяч часов не должен отклоняться более чем на 20% в меньшую сторону по сравнению со средними значениями данной характеристики согласно требованиям технических условий;

к) минимальный уровень длительной пластичности ( $\delta$ ) должен быть не ниже 10% по результатам испытания образцов до разрушения на базе, условно соответствующей сроку эксплуатации паропровода;

л) требования к качеству сварных соединений паропроводов должны соответствовать пунктам 156-158 ФНП.

154. Должны выполняться следующие требования к качеству металла центробежнолитых труб из стали 15X1М1Ф паропроводов горячего промперегрева:

а) химический состав, технологические дефекты, неметаллические включения, микроструктура, геометрические размеры должны удовлетворять требованиям технических условий на поставку с учётом допускаемых после длительной эксплуатации изменений.

По результатам анализа макроструктуры ликвационная полосчатость не должна занимать более половины площади поперечного сечения стенок труб;

б) микроструктура металла с ликвационными зонами, соответствующая V баллу шкалы (приложение N 11 к ФНП), считается браковочной. Для металла труб с ликвационными зонами, микроструктура которого соответствует IV (б) баллу шкалы указанного приложения, условием допуска к эксплуатации является удовлетворительный уровень ударной вязкости ( $KCU \geq 0,4 \text{ МДж/м}^2$ ) и кратковременной пластичности ( $\delta \geq 16\%$ ;  $\psi \geq 45\%$ ) при комнатной температуре, установленный на образцах, вырезанных из зоны ликвации.

Микроповрежденность металла в зонах с ликвационной структурой и вне её не должна превышать 5-й балл шкалы микроповрежденности (приложение N 4 к ФНП);

в) после 100 тысяч часов эксплуатации допускается снижение кратковременной прочности при комнатной температуре: временного сопротивления разрыву - до 430 МПа; предела текучести - до 215 МПа.

Значения ударной вязкости и кратковременной пластичности при комнатной температуре должны составлять не менее:  $KCU$  - 0,4 МДж/м<sup>2</sup>;  $\delta$  - 16%;  $\psi$  - 45%.

Предел длительной прочности стали на базе  $10^5$  и  $2 \cdot 10^5$  ч не должен отклоняться более чем на 20% в меньшую сторону по сравнению со средними значениями данной характеристики согласно техническим условиям;

г) минимальный уровень длительной пластичности должен быть не ниже 10% по результатам испытания образцов до разрушения на базе, условно соответствующей сроку эксплуатации паропровода;

д) предельным состоянием металла центробежнолитых труб паропроводов, при котором дальнейшая эксплуатация их не допустима, является появление в них микротрещин, образовавшихся в результате слияния пор ползучести под влиянием температурно-временных и силовых факторов, а также наличие в одном поле зрения микроскопа при 50-100-кратном увеличении более трёх технологических (междендритных) микротрещин каждая протяженностью 0,5 мм и более;

е) требования к качеству сварных соединений центробежнолитых труб должны соответствовать пунктам 156-158 ФНП.

155. Требования к состоянию металла элементов питательных трубопроводов должны удовлетворять следующим условиям:

а) химический состав, механические свойства, макро- и микроструктура, а также геометрические характеристики элементов должны соответствовать требованиям технических условий на поставку;

б) утонение стенки прямых труб и гибов в нейтральных зонах не должно превышать 10% от номинальной толщины стенки элемента, а гибов в растянутой зоне (на наружном обводе) - 15%.

Для крутоизогнутых гибов допускается утонение стенки по наружному обводу до 20% от номинальной толщины.

При несоблюдении указанных требований по допустимому утонению стенки элементов их работоспособность должна быть подтверждена контрольным расчётом на прочность с уточнением ресурсных характеристик;

в) требования к качеству сварных соединений питательных трубопроводов по результатам неразрушающего контроля - согласно пунктам 156, 158 ФНП;

г) остальные требования по качеству металла питательных трубопроводов соответствуют требованиям для пароводоперепускных труб котлов (работающих при температуре до 450°С) - пункт 151 ФНП.

Сварные соединения

156. Общие критерии качества металла сварных соединений

а) химический состав, геометрические размеры, технологические дефекты (поры, трещины от растрескиваний, вмятины, задиры на поверхности), а также содержание легирующих элементов в металле швов должны удовлетворять требованиям технических условий на поставку;

б) качество металла сварных соединений по результатам неразрушающего контроля должно соответствовать удовлетворительному уровню, означающему отсутствие выявляемых данным методом контроля дефектов, либо наличие дефектов, не выходящих за рамки браковочных критериев и не влияющих принципиально на эксплуатационную надёжность сварного соединения;

в) качество и форма наружной поверхности сварных соединений по результатам визуально-измерительного контроля должны удовлетворять следующим требованиям:

допускаемая выпуклость (усиление) сварных швов должна находиться в пределах 0,5-3,0 мм при толщине стенки труб менее 10 мм; 0,5-3,5 мм при толщине стенки труб 10-20 мм; 0,5-4,0 мм при толщине стенки труб более 20 мм;

подрезы основного металла не более 0,2 мм;

отклонение от прямолинейности сварных стыков труб, измеряемое просветом между линейкой и трубой на расстоянии 200 мм от стыка, не должно быть более 3 мм;

западания (углубления) между валиками и чешуйчатость поверхности шва должны быть не более 1,0 мм при толщине стенки труб от 2 до 4 мм; 1,1-1,2 мм при толщине стенки труб от 4 до 6 мм; 1,3-1,5 мм при толщине стенки труб от 6 до 10 мм; 2,0 мм при толщине стенки труб более 10 мм;

допускаются одиночные сварочные дефекты согласно таблице IX.1;

не допускаются трещины любого размера и ориентации.

Допустимые размеры поверхностных дефектов (газовых пор, шлаковых включений), выявляемые при ВИК, МПК (МПД) и ЦД

Таблица IX.1

Номинальная меньшая толщина	Допустимый	Допустимое число
-----------------------------	------------	------------------



трубного элемента в сварном соединении, мм	максимальный размер дефекта, мм	дефектов на 100 мм длины шва, шт.
От 2 до 3 включительно	0,5	3
Свыше 3 до 4 включительно	0,6	4
Свыше 4 до 5 включительно	0,7	4
Свыше 5 до 6 включительно	0,8	4
Свыше 6 до 8 включительно	1,0	5
Свыше 8 до 10 включительно	1,2	5
Свыше 10 до 15 включительно	1,5	5
Свыше 15 до 20 включительно	2,0	6
Свыше 20 до 40 включительно	2,5	7
Свыше 40	2,5	8

157. Качество сварных соединений по результатам металлографического анализа должно удовлетворять следующим требованиям:

а) Для сварных соединений трубопроводов и коллекторов из углеродистой стали 20 и молибденовой стали (15М и 16М), работающих при температуре 390°C и более (но не выше 450°C), графитизация в зонах сварного соединения не должна превышать балла 2 по шкале графитизации (приложение N 1 к ФНП).

б) Для сварных соединений трубопроводов и коллекторов из сталей перлитного класса 12Х1МФ и 15Х1М1Ф, работающих при температуре 450°C и выше, стадия микроповрежденности металла в ЗТВ соединений не должна превышать балл III согласно структурным шкалам микроповрежденности (приложение N 5 (для стали 12Х1МФ) и приложение N 6 (для стали 15Х1М1Ф) к ФНП).

в) Для сварных соединений трубопроводов и коллекторов из сталей мартенситного класса 10Х9МФБ (ДИ82) и X10CrMoVNb9-1 (P91) стадия микроповрежденности металла в ЗТВ соединений не должна превышать балл III согласно шкале микроповрежденности (приложение N 8 к ФНП).

г) Для разнородных сварных соединений трубопроводов и коллекторов из сталей перлитного и мартенситного классов микроповрежденность металла не должна превышать балла II согласно структурным шкалам микроповрежденности (приложение N 9 (хромистые сварочные материалы 10Х9М1Ф/CrMo91) и приложение N 10 (перлитные сварочные материалы 09Х1МФ) к ФНП).

158. Свойства металла сварных соединений трубопроводов и коллекторов должны соответствовать следующим требованиям

а) Твёрдость металла шва должна составлять:

- для соединений перлитных сталей (сварочный материал 09Х1МФ) в диапазоне  $140 \div 240$  НВ (до 250 НВ);

- для соединений мартенситных сталей (в том числе разнородных с перлитными сталями) в диапазоне  $225 \div 280$  НВ.

б) Временное сопротивление разрыву при испытании на растяжение однородных сварных соединений должно быть не ниже минимального регламентированного значения этой характеристики для основного металла, а при испытании разнородных сварных соединений - не ниже минимального регламентированного значения временного сопротивления менее прочной из сваренных сталей.

в) Минимальное значение ударной вязкости на образцах с круглым надрезом ("Менаже") должно быть не менее  $0,40 \text{ МДж/м}^2$  ( $4,0 \text{ кгс}\cdot\text{м/см}^2$ ), а с острым надрезом - не менее  $0,25 \text{ МДж/м}^2$  ( $2,5 \text{ кгс}\cdot\text{м/см}^2$ ), независимо от класса свариваемых сталей.

## **IX. Продление срока службы оборудования после отработки назначенного ресурса (срока службы)**

### **Общие требования**

159. Процедура технического диагностирования и продления назначенного ресурса (срока службы) оборудования проводится в объёме экспертизы промышленной безопасности согласно требованиям ФНП ЭПБ, и решение о продлении ресурса (срока службы) принимается на основании вывода экспертной организации о соответствии или несоответствии объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности.

160. Техническое диагностирование и продление срока службы (ресурса) оборудования включает следующие мероприятия:

анализ технической, эксплуатационной документации и разработку при необходимости программ контроля на основании требований и положений главы VII ФНП;

проведение неразрушающего и разрушающего (при необходимости) контроля элементов оборудования;

анализ результатов неразрушающего контроля металла и сварных соединений и результатов исследования металла по данным разрушающего контроля;

расчёт на прочность с оценкой остаточного ресурса и (или) остаточного срока службы или (и) при необходимости циклической долговечности;

обобщающий анализ результатов контроля, исследования металла и расчётов на прочность с оценкой на его основе текущего технического состояния оборудования и установлением нового назначенного (дополнительного назначенного) ресурса или срока службы.

При проведении ТД и ЭПБ допускается привлекать к работам по неразрушающему и (или) разрушающему контролю специалистов или (и) лаборатории, состоящих в штате или структуре эксплуатирующей организации, или владельца оборудования, при условии соответствия квалификационного уровня специалистов и

лаборатории профилю выполняемых работ и виду оборудования.

161. Процедура продления срока эксплуатации оборудования после исчерпания назначенного ресурса (срока службы) в зависимости от фактического состояния металла может выполняться неоднократно, и при каждом очередном продлении будет устанавливаться новый дополнительно назначенный ресурс (срок службы) оборудования.

Возможность каждого последующего продления срока эксплуатации (корректировки ранее назначенного ресурса после его исчерпания), обуславливается уточнением (актуализацией) при текущем диагностировании всех основных факторов, определяющих надёжность и безопасность данного оборудования.

162. Для технических устройств, в конструкции которых присутствуют элементы (группы элементов), имеющие назначенный ресурс (срок службы) меньше назначенного ресурса (срока службы) самого технического устройства, требуется проведение технического диагностирования и продление ресурса поэлементно (по этим группам элементов), по мере достижения ими своих назначенных ресурсов.

Данное положение распространяется также на ситуацию, когда срок продления ресурса указанных групп элементов не совпадает со сроком исчерпания техническим устройством исходного назначенного ресурса или назначенного ресурса, установленного экспертной организацией по результатам технического диагностирования (в рамках ЭПБ).

В указанных ситуациях по результатам технического диагностирования групп элементов оформляется акт в виде технического отчёта (заключения), к разработке которого следует привлекать экспертную организацию.

163. При проведении технического диагностирования (и ЭПБ) технических устройств, в составе которых имеются элементы (группы элементов) с назначенным ресурсом (сроком службы), превышающим назначенный ресурс (срок службы) самого технического устройства, экспертная организация, осуществляющая ТД и ЭПБ, определяет необходимость и объём технического диагностирования указанных групп элементов на основе анализа их состояния и ресурсных характеристик с учётом объёмов и результатов предшествующего эксплуатационного контроля данных элементов (если он проводился).

Данное положение для указанных элементов распространяется также на процедуру повторного продления срока эксплуатации технического устройства, если срок его очередного ТД и ЭПБ не совпадает со сроками поэлементного технического диагностирования.

164. Требования по необходимости выполнения разрушающего контроля, местам или (и) конкретным элементам отбора вырезок (спиллов) и объёму испытаний, включая перечень методов и определяемых характеристик (свойств) металла, представлены в типовых программах ТД (глава VII) и должны содержаться в индивидуальных программах технического диагностирования. Типовые программы представлены в главе VII ФНП, индивидуальные программы должны отвечать соответствующим требованиям указанной главы ФНП.

Разрушающий контроль (исследование металла на вырезках (спилах)), является обязательным при техническом диагностировании элементов из перлитных сталей, работающих в условиях ползучести, если для них ранее было проведено два или более продлений назначенного ресурса, либо их общая наработка достигла или превысила 400 тысяч часов (но исследования на вырезках не проводились). При этом объём испытаний должен быть достаточным для установления характеристик, необходимых для оценки остаточного ресурса диагностируемых элементов.

Необходимость повторного исследования металла на вырезках при последующих диагностированиях на дальнейших стадиях эксплуатации оборудования устанавливает экспертная организация, осуществляющая продление срока службы. Для принятия соответствующего решения следует привлекать специализированную научно-исследовательскую организацию.

165. Продление срока службы (установление нового назначенного (дополнительного) ресурса (срока службы)), технического устройства или групп элементов в его составе по результатам технического диагностирования (и ЭПБ) должно быть обосновано контрольным расчётом на прочность и расчётной оценкой остаточного ресурса по временной или циклической наработке. Установление нового назначенного (дополнительного) ресурса (срока службы) технического устройства осуществляется на основании результатов расчёта ресурсных характеристик входящих в его состав основных ресурсолимитирующих элементов.

Расчёт на прочность и оценку ресурса следует выполнять с учётом фактических данных по геометрическим параметрам, условиям эксплуатации, результатам контроля, в том числе разрушающего при его проведении, полученных в ходе технического диагностирования.

Для оборудования, работающего в условиях ползучести, расчёт остаточного ресурса является обязательным. При этом учитываются фактические условия эксплуатации путём использования эквивалентных параметров эксплуатации и условной эквивалентной наработки, определяемых с помощью данных по среднегодовым параметрам эксплуатации и соответствующим наработкам за весь предшествующий срок службы.

166. Конкретный порядок и методику расчёта оборудования на прочность, включая оценку несущей способности, ресурса, циклической (усталостной) долговечности, определяет экспертная организация, осуществляющая ТД и ЭПБ технического устройства, с учётом требований в этой части соответствующих НД и ФНП. Используемые в расчетах служебные свойства металла должны гарантировать надёжную и безопасную работу оборудования на весь период планируемого срока продления эксплуатации.

Результаты расчёта должны подтверждать, что при эксплуатации оборудования на установленных параметрах в течение всего периода продлённого срока службы обеспечивается соблюдение запасов прочности, указанных в соответствующих НД и в настоящей главе ФНП.

167. Если по условиям прочности или (и) результатам оценки остаточного ресурса для отдельных элементов или (и) узлов оборудования не выдерживаются регламентированные коэффициенты запаса прочности при на паспортных параметрах, продление срока службы такого оборудования допускается при условии установления обоснованных расчётом параметров и обязательного соблюдения требований ФНП, технической документации и НД, касающихся безопасной эксплуатации данного технического устройства. В случае обоснованной необходимости такое решение должно быть согласовано с заводом-изготовителем оборудования.

Эксплуатация оборудования при коэффициенте запаса прочности ниже нормативного значения может быть продолжена в течение ограниченного времени, если такое снижение находится в пределах допускаемого и ФНП уровня, в том числе при выполнении дополнительных условий (компенсирующих мероприятий): проведении расширенного дополнительного (промежуточного) контроля или/и применении специальных дополнительных средств диагностики, или/и определении фактических свойств металла на вырезках.

168. По результатам технического диагностирования и определения остаточного ресурса (срока службы) оборудования (технического устройства) оформляется заключение ЭПБ, в котором устанавливаются:

срок безопасной эксплуатации оборудования до очередного технического диагностирования или до вывода его из эксплуатации;

условия дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования, включая разрешенные параметры и режимы работы, порядок проведения технического освидетельствования и поэлементного технического диагностирования в случаях, указанных в пунктах 162, 163 ФНП, на стадии эксплуатации оборудования в пределах установленного по результатам технического диагностирования и ЭПБ срока.

При установлении в заключении порядка проведения промежуточного поэлементного технического диагностирования в период продлённого срока эксплуатации оборудования следует совмещать сроки поэлементного диагностирования с учетом пунктов 162, 163 ФНП, а также сроки эксплуатационного контроля элементов в этот период с назначенным сроком очередного ТД в рамках ЭПБ самого технического устройства, в составе которого эти элементы находятся.

### Котлы

169. Для поверхностей нагрева котлов, работающих при 450°C и выше, определяется по результатам текущего планового обследования ресурс дальнейшей эксплуатации и устанавливается срок очередного диагностирования.

Диагностирование, оценка состояния и определение срока эксплуатации до следующего (очередного) контроля состоят в следующем.

а) Должен быть выполнен комплекс мероприятий:

анализ данных по условиям эксплуатации и повреждаемости (наработка, количество пусков, водно-химический режим, вид топлива, температурный режим, количество отложений, количество и вид повреждений с привязкой к наработке на дату выявления повреждений);

неразрушающий контроль металла труб;

исследования состояния металла и оксидной пленки на вырезках;

определение по результатам исследований эквивалентной температуры эксплуатации для поверхностей нагрева из перлитной и аустенитной сталей;

расчётная или расчётно-экспериментальная оценка остаточного ресурса труб;

установление ресурса дальнейшей надёжной и безопасной эксплуатации.

б) Исходными данными для оценки остаточного ресурса по критериям жаропрочности являются:

эквивалентная температура эксплуатации;

толщина стенки и скорость её утонения (коррозионного износа);

характеристики длительной прочности металла труб данной микроструктуры.

в) Исследование оксидной плёнки включает анализ структуры, характера и интенсивности коррозионных повреждений.

г) Для сталей перлитного класса на основании исследований микроструктуры металла, карбидного (фазового) анализа и оценки глубины коррозии определяют эквивалентную температуру за весь срок эксплуатации данной поверхности нагрева. Карбидный анализ заключается в определении содержания молибдена в карбидном осадке.

Эквивалентную температуру эксплуатации для труб из аустенитной стали определяют по количеству  $\sigma$ -фазы. Если содержание  $\sigma$ -фазы составляет менее

1%, эквивалентную температуру определяют по количеству карбидов по границам зёрен.

д) В зависимости от фактического состояния микроструктуры металла устанавливается уровень жаропрочных свойств стали по отношению к соответствующему уровню в исходном состоянии, а затем с использованием этих данных и рассчитанных приведённых напряжений, а также с учётом эквивалентной температуры эксплуатации определяется остаточный ресурс поверхности нагрева.

Назначаемый по результатам диагностирования ресурс (срок продления эксплуатации) поверхности нагрева до следующего обследования, не должен превышать 50 тысяч часов.

170. Диагностирование и продление ресурса (срока службы) коллекторов по достижении назначенного ресурса может выполняться как для одной или нескольких групп одноимённых коллекторов, так и в комплексном порядке в рамках продления срока службы котла в целом как единого технического устройства.

Общий алгоритм диагностирования и продления срока службы коллекторов включает ряд этапов:

а) основными мероприятиями в рамках процедуры продления ресурса (срока службы) коллекторов являются:

анализ режимов (параметров) эксплуатации котла и результатов контроля металла коллекторов за весь предшествующий период работы;

анализ результатов неразрушающего контроля и металлографического анализа состояния металла по данным текущего обследования;

определение эквивалентной температуры эксплуатации и эквивалентной наработки по параметрам на выходе из котла;

контрольный расчёт на прочность с оценкой остаточного ресурса коллекторов;

обобщающий анализ результатов обследования и установление дополнительного назначенного ресурса (срока службы) коллекторов котла;

б) определяют эквивалентную температуру пара за котлом (по каждому контуру) по среднегодовым данным фактической температуры и соответствующим каждому году наработкам с использованием соотношений жаропрочности материала.

Определение эквивалентной температуры ( $T_{экв}$ ) осуществляется согласно указаниям подпункта "б" пункта 178 ФНП для паропроводов.

Полученные значения эквивалентной температуры пара за котлом по контурам высокого и среднего давления принимаются в качестве эквивалентных температур эксплуатации для выходных коллекторов последних ступеней перегрева по свежему пару и пару промперегрева соответственно.

В рамках данного подхода для выходных коллекторов последних ступеней перегрева определяют эквивалентную наработку по среднегодовым температурам за котлом и соответствующим годовым наработкам, приведённую к расчётной температуре, согласно алгоритму, изложенному в подпункте "а" пункта 178 ФНП.

в) выполняется расчёт на прочность с оценкой ресурса по схеме:

определяют приведённые напряжения в коллекторе с учётом фактической толщины стенки ( $S_f$ ) по результатам УЗТ, в качестве  $S_f$  принимается минимальная

величина из всех контрольных замеров. Если минимальная фактическая толщина стенки  $S_f$  превышает номинальную толщину, то в качестве  $S_f$  принимают номинальную толщину стенки и расчёт ведётся с учётом только эксплуатационной компенсирующей прибавки;

расчётный коэффициент прочности коллектора ( $\Phi_p$ ) при вычислении приведённых напряжений принимают равным минимальному из следующих значений:

минимального значения из коэффициентов прочности, вычисленных для каждой системы отверстий ( $\Phi_d^{\min}$ );

значения коэффициента прочности штуцерных сварных соединений ( $\Phi_w^s$ );

$$\Phi_p = \min \{ \Phi_d^{\min}; \Phi_w^s \}.$$

Допускается учитывать усиление отверстия штуцером при условии, что соединение штуцера с корпусом коллектора выполнено с полным проплавлением стенки.

Ресурс коллектора определяют путём сопоставления приведённого напряжения с допускаемыми напряжениями при расчётной температуре, соответствующими по ресурсной базе двум опорным точкам, одной из которых отвечает допускаемое напряжение, меньше рассчитанного приведённого, а другой - больше рассчитанного приведённого напряжения. Искомая точка, соответствующая рассчитываемому ресурсу, определяется методами логарифмической или линейной интерполяции. Экстраполяция допускаемых напряжений разрешается не более чем на 25 тысяч часов.

г) Остаточный ресурс дальнейшей эксплуатации выходных коллекторов последних ступеней перегрева при продлении срока службы на расчётных параметрах определяется выражением:

$$\tau_{ор} = \tau_{рт} - \tau_э, \quad (7)$$

где  $\tau_{ор}$  - остаточный ресурс при расчётной температуре;

$\tau_{рт}$  - полный (индивидуальный) ресурс коллектора при расчётной температуре;

$\tau_э$  - эквивалентная наработка данной группы коллекторов, приведённая к расчётной температуре.

д) Остаточный ресурс ( $\tau_{ор}$ ) входных и выходных коллекторов на промежуточных ступенях перегрева котла при продлении срока службы на расчётных

параметрах определяется как разница между полным (индивидуальным) ресурсом при расчётной температуре ( $\tau_{рт}$ ) и фактической наработкой на период диагностирования  $\tau_{ф}$ :

$$\tau_{ор} = \tau_{рт} - \tau_{ф} . \quad (8)$$

Если эквивалентная температура на выходе из котла по какому-либо из контуров превышает расчётную температуру и соответственно эквивалентная наработка (приведённая к расчётной температуре)  $\tau_э$  превышает фактическую наработку, следует остаточный ресурс коллекторов на промежуточных ступенях перегрева данного контура при продлении срока службы на расчётных параметрах определять по соотношению:

$$\tau_{ор} = \tau_{рт} - \sqrt{\tau_{ф} \cdot \tau_э} . \quad (9)$$

е) Расчёты выполняют при нормативном коэффициенте запаса прочности, равном 1,5.

В обоснованных случаях допускается снижение коэффициента запаса прочности до 1,4.

ж) Условием продления срока эксплуатации коллекторов является отсутствие в металле и сварных соединениях недопустимых дефектов и недопустимой микроповреждённости структуры (согласно пункту 149 ФНП), а также соблюдение условий прочности на планируемый срок продления. Допуск коллекторов в дальнейшую эксплуатацию при пониженном (не более чем до 1,4) коэффициенте запаса прочности разрешается не более чем на 30 тысяч часов.

з) Отработавшие назначенный или дополнительно назначенный ресурс коллекторы могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации при расчётных параметрах на срок не более 50 тысяч часов.

В отдельных обоснованных случаях допускается продление эксплуатации коллекторов после отработки назначенного ресурса на срок более 50 тысяч часов.

171. Для пароперепускных трубопроводов котла порядок продления срока службы после отработки назначенного ресурса соответствует аналогичной процедуре продления срока службы для стационарных паропроводов с учётом следующих особенностей:

а) эквивалентная температура за котлом и соответствующая эквивалентная наработка (приведённая к расчётной температуре) применимы напрямую только для участков парового тракта за выходными коллекторами последних ступеней перегрева. Определение эквивалентной температуры за котлом и соответствующей эквивалентной наработки выполняют согласно пункту 178 ФНП.



б) расчёт ресурса гибов пароперепускных труб котла следует выполнять в соответствии с пунктами 176, 177, 179 ФНП, продление ресурса пароперепускных труб следует осуществлять на расчётные параметры котла.

в) остаточный ресурс дальнейшей эксплуатации гибов труб на промежуточных ступенях перегрева (перепусках) котла при продлении срока службы на расчётных параметрах следует определять по формуле (8) - подпункт "д" пункта 170 ФНП.

Если эквивалентная температура на выходе из котла превышает расчётную температуру и соответственно эквивалентная наработка превышает фактическую наработку, остаточный ресурс гибов труб на промежуточных перепусках при продлении срока службы на расчётных параметрах определяется по формуле (9) - подпункт "д" пункта 170 ФНП.

г) остаточный ресурс дальнейшей эксплуатации пароперепускных труб на участках парового тракта котла за выходными коллекторами последних ступеней перегрева при продлении срока службы на расчётных параметрах определяют по формуле (7) - подпункт "г" пункта 170 ФНП.

172. Продление ресурса (срока службы) литых деталей с DN100 и более должно проводиться при выполнении следующих основных требований.

а) Процедура диагностирования и продления ресурса литых деталей включает:

анализ режимов эксплуатации котла и результатов контроля, а также ремонта литых деталей за весь предшествующий период работы;

анализ результатов неразрушающего контроля и исследований состояния металла (если последние проводились) по данным текущего обследования;

определение эквивалентной температуры эксплуатации и эквивалентной наработки по температуре перегретого пара - на выходе из котла;

контрольный расчёт на прочность с оценкой индивидуального ресурса деталей;

обобщающий анализ результатов обследования и установление дополнительного назначенного ресурса литых деталей котла.

Необходимость отбора проб из литых деталей для проведения металлографического анализа, включая микроповреждённость металла, определяет экспертная организация, выполняющая ЭПБ.

б) Эквивалентную температуру за котлом и соответствующую эквивалентную наработку определяют в соответствии с пунктом 178 ФНП. Эти характеристики применимы только для деталей, расположенных за выходными коллекторами последних ступеней перегрева.

в) Величину расчётного индивидуального ресурса определяют путём сопоставления приведённого напряжения с допускаемыми напряжениями при расчётной температуре, соответствующими двум смежным (кратным  $10^5$  ч) значениям ресурса, одному из которых отвечает допускаемое напряжение, меньшее рассчитанного приведённого напряжения, а другому - большее. При этом допускается использовать принцип линейной интерполяции. Экстраполяция допускаемых напряжений разрешается не более чем на 30 тысяч часов.

г) При определении допускаемых напряжений при расчётной температуре и заданных величинах ресурса по известным их значениям для деформированного металла: катаного, кованого, штампованного - требуется умножать указанные значения допускаемых напряжений на коэффициент 0,75.

д) Если литая деталь подвергалась ремонту с выборкой дефектного металла или с выборкой и последующей её заваркой, в расчётах следует учитывать данный фактор. Наличие выборки учитывают местным ослаблением (уменьшением) расчётного сечения и при необходимости учётом концентрации напряжений. Ремонтная заварка учитывается введением в расчётные формулы коэффициента снижения прочности  $\Phi_{\omega}$ , величина которого зависит от технологии (условий) ремонтной заварки, температуры эксплуатации и фактической наработки изделия.

Ремонтные заварки на литых коленах не допускаются.

е) Остаточный ресурс дальнейшей эксплуатации литых деталей, расположенных на промежуточных участках парового тракта котла, при продлении срока службы на расчётные параметры определяют по формуле (8) в соответствии с подпунктом "д" пункта 170 ФНП.

Остаточный ресурс дальнейшей эксплуатации литых деталей, расположенных на участках парового тракта котла за выходными коллекторами последних ступеней перегрева, при продлении срока службы на расчётные параметры определяют по формуле (7), указанной в подпункте "г" пункта 170 ФНП.

ж) Отрабатывшие назначенный или дополнительно назначенный срок (ресурс) литые детали могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации на основании удовлетворительных результатов контроля и расчётов на прочность при расчётных параметрах на срок не более 50 тысяч часов.

В отдельных обоснованных случаях допускается продление срока эксплуатации литых деталей после отработки назначенного ресурса на срок более 50 тысяч часов.

Если по результатам расчётов на прочность нормативный коэффициент запаса прочности на планируемый срок продления эксплуатации деталей не соблюдается, допускается продление этих деталей на ограниченный срок при пониженном коэффициенте запаса прочности при условии отсутствия недопустимых дефектов в металле по результатам контроля. В этих случаях коэффициент запаса прочности на конец планируемого срока продления эксплуатации должен быть не ниже 1,35, а собственно срок продления службы изделия не должен превышать 30 тысяч часов.

173. Барабаны котлов после отработки назначенного (дополнительно назначенного) ресурса допускаются в дальнейшую эксплуатацию при условии выполнения следующих требований по оценке их состояния и работоспособности.

а) Техническое состояние барабана определяется на основании результатов диагностирования, включающего:

анализ технической и эксплуатационной документации;

неразрушающий контроль металла элементов и при необходимости исследования металла на вырезке;

анализ результатов контроля и исследований;

контрольный расчёт на прочность и расчёт циклической прочности (долговечности).

б) Неразрушающий контроль металла барабана проводится по типовой программе, представленной в пункте 136 ФНП, или по индивидуальной программе, разработанной на её основе.

Необходимость проведения исследований металла на вырезке (пробке) из барабана устанавливает экспертная организация, выполняющая ЭПБ.

Основанием для таких исследований являются:

интенсивная повреждаемость металла по значительной площади поверхности в виде трещин и трещиноподобных дефектов;

отклонения твёрдости металла от установленных норм (подпункт "г" пункта 152 ФНП);

расслоения металла в листах обечаек или (и) днищ на существенной их площади;

иные причины, обуславливающие необходимость или целесообразность проведения исследований металла на вырезке.

в) Требования по отбору (вырезке) пробы металла (пробки) из барабана изложены в пункте 82 ФНП. Выбор места вырезки пробки осуществляется экспертным путём на основе анализа комплекса факторов:

сертификатных данных;

результатов предыдущих контролей металла барабана, включая измерения твёрдости;

динамики повреждаемости; геометрических характеристик элементов с учётом расположения сварных швов, отверстий и внутрибарабанных устройств.

Вырезанное под пробу отверстие в барабане не должно понижать его коэффициент прочности относительно проектной величины.

Изготовление из пробки образцов для проведения исследований осуществляется согласно пункту 87 ФНП.

г) Исследования металла барабана на вырезке включают:

определение химического состава;

металлографическое исследование, включая анализ микроструктуры и оценку загрязнённости неметаллическими включениями;

определение твёрдости по толщине стенки барабана;

механические испытания с определением прочностных и пластических свойств металла при комнатной и рабочей температурах;

испытания на ударную вязкость;

определение критической температуры хрупкости металла.

Металлографическое исследование проводится по всей толщине стенки барабана (по всей высоте пробки). Для этих целей используется обрезок от края

пробки, не задействованный для изготовления темплетов образцов на механические испытания.

д) Герметичность барабана после вырезки пробки восстанавливается заглушающим штуцером с донышком, устанавливаемым внутрь барабана для предотвращения образования в нём застойной зоны. Если пробка вырезается из верхней части обечайки барабана, допускается заглушающий штуцер устанавливать с наружной стороны барабана.

Конструкция и размеры штуцера с донышком обосновываются расчётом на прочность.

Технология сварки штуцера с заглушкой должна предусматривать полное проплавление стенки штуцера.

е) Контрольный расчёт на статическую прочность барабана проводится в соответствии с требованиями НД с учётом фактических данных по геометрическим параметрам элементов (взаимному расположению сварных швов, систем отверстий, толщины стенки), условиям эксплуатации и результатам контроля и исследований металла (при наличии последних).

Обязательному расчёту на прочность подлежат барабаны, подвергнутые ремонту: выборкам дефектных участков или выборкам с последующей заваркой.

ж) Для подтверждения возможности дальнейшей эксплуатации барабана после отработки назначенного ресурса выполняется расчёт на циклическую прочность (долговечность) по критериям малоциклового усталости металла с учётом воздействия коррозионного фактора.

з) Возможность, срок и условия продления эксплуатации барабана сверх назначенного (дополнительно назначенного) ресурса устанавливаются на основании результатов технического диагностирования, контрольных расчётов на статическую прочность, расчётов циклического ресурса и гидравлического испытания барабана.

и) При невыполнении условий циклической прочности по результатам расчёта на малоцикловую усталость, барабан может быть допущен в дальнейшую эксплуатацию на ограниченный срок при условии реализации дополнительных (компенсирующих) мероприятий по контролю металла или снижению напряжений в барабане за счёт ужесточения требований по ведению режимов (стационарных и нестационарных) работы котла.

к) Отработавший назначенный (или дополнительно назначенный) ресурс барабан может быть допущен к дальнейшей эксплуатации на срок не более 50 тысяч часов на основании положительных результатов контроля, исследований металла (если они проводились) и расчётов на прочность при соблюдении установленных требований НД, технической и эксплуатационной документации.

В отдельных обоснованных расчетах случаях допускается продление срока службы барабана после отработки назначенного ресурса (при первичном продлении) на срок более 50 тысяч часов.

Если по результатам оценки циклической долговечности барабана накопленная усталостная повреждённость металла превышает 0,8 (но составляет менее 1), срок продления эксплуатации барабана не должен превышать 30 тысяч часов.

### **Станционные паропроводы, пароперепускные трубопроводы турбин и котлов**

174. К основным элементам, входящим в состав паропроводов, относятся прямые трубы, гнутые отводы, штампованные и штампосварные колена, штампованные тройники, литые детали, сварные соединения (в том числе тройники), переходы.

Наиболее ответственными элементами, лимитирующими ресурс паропровода как цельного технического устройства, являются гнутые отводы (гибы) и штампосварные колена.

175. Процедура технического диагностирования и продления ресурса паропровода включает следующие мероприятия:

анализ технической документации;

контроль неразрушающими методами;

ревизия паропроводной и опорно-подвесной системы (ОПС);

анализ структуры и микроповреждённости металла непосредственно на элементах, без вырезки (реплика, портативный микроскоп, скол, срез);

исследования состава, структуры, свойств и микроповреждённости металла на вырезках (в необходимых случаях, оговоренных в ФНП);

контрольный расчёт на прочность и оценка остаточного ресурса с учётом фактических данных по условиям эксплуатации, результатам контроля и исследований;

обобщающий анализ результатов комплексного обследования;

выпуск заключения ЭПБ.

Возможность продления срока эксплуатации паропровода сверх назначенного ресурса основывается на положительных результатах обследования (неразрушающего контроля, лабораторных исследований) и расчётных оценок остаточного ресурса.

176. Ресурсные характеристики основных элементов паропроводов определяют расчётным путём: вычисляют приведённые напряжения в элементе нормативными методами, определяют эквивалентные параметры за весь предшествующий срок эксплуатации и с использованием этих данных рассчитывают по критериальным показателям длительной прочности стали индивидуальный и остаточный ресурс на заданные параметры.

В качестве основного расчётного режима рассматривается режим с рабочей (квазистационарной) нагрузкой.

Расчёт с учётом циклической составляющей нагружения по критерию предельной суммарной накопленной повреждённости от действия статических и циклических напряжений проводится в случаях, если общее количество полных циклов нагружения (пусков-остановов паропровода из холодного состояния) превысит 1000 на время исчерпания ресурса).

К пуску из холодного состояния следует относить пуск паропровода, если перед его началом температура металла составляет не более 150°C.

177. Расчёт приведённых напряжений в элементах паропроводов выполняют нормативными методами с учётом следующих требований:

а) В гнутых отводах (гибах) приведённые напряжения рассчитывают для растянутой зоны (наружного обвода)гиба; в штампованных и литых коленах - для

растянутой и сжатой зон (наружный и внутренний обводы).

Для штампосварных колен расчётная зона определяется расположением продольных сварных швов (приведённые напряжения рассчитывают либо для растянутой и сжатой зон, либо для нейтральной зоны).

б) При определении коэффициентов формы гибов для расчёта приведённых напряжений используют максимальное значение овальности по результатам измерений, но не менее 6%.

Для штампованных, литых и штампосварных колен овальность принимают равной 2%.

в) В расчётах используют минимальную фактическую толщину стенки  $S_f$  по результатам УЗТ. Если  $S_f$  превышает номинальную толщину стенки элемента, расчёт ведётся по номинальной толщине стенки с учётом только эксплуатационной компенсирующей прибавки.

г) При вычислении приведённых напряжений в сварных тройниках расчётный коэффициент прочности  $\Phi_p$  принимают равным минимальному значению из коэффициента прочности за счёт ослабления детали отверстием  $\Phi_d$  (с учётом укрепления) и коэффициента прочности штуцерного сварного соединения  $\Phi_\omega$ :

$$\Phi_p = \min\{\Phi_d; \Phi_\omega\}.$$

д) Коэффициент прочности продольных сварных соединений штампосварных колен и штуцерных сварных соединений тройников принимают равным:

при расчётной температуре до 530°C - не более 0,8;

при расчётной температуре 530°C и выше - не более 0,7, а для сталей 15X1M1Ф, 10X9МФБ и X10CrMoVNb9-1 - не более 0,65.

е) Для стыковых сварных соединений ресурсопределяющими являются эквивалентные напряжения, расчёт которых выполняют с учётом совместного действия полного комплекса нагружающих факторов, включая весовые нагрузки и усилия от компенсации тепловых перемещений.

В качестве расчётного эквивалентного напряжения для последующего определения индивидуального или остаточного ресурса сварных соединений принимают его значение, соответствующее наиболее напряжённому сечению.

178. Эквивалентные параметры эксплуатации и эквивалентную наработку паропровода определяют с использованием станционных данных по среднегодовым температурам и давлениям и соответствующим фактическим наработкам по каждому календарному году за весь срок эксплуатации согласно следующему порядку.

а) Расчёт эквивалентных температуры и наработки построен на известном параметрическом уравнении жаропрочности.

Эквивалентная наработка определяется по формуле:

$$\tau_3 = \frac{1}{10^{20}} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \tau_i \left( \frac{T_i}{T_{\text{пр}}} \right) \cdot 10^{\left( 20 \cdot \frac{T_i}{T_{\text{пр}}} \right)} \right], \quad (10)$$

где  $\tau_3$  - эквивалентная наработка, приведённая к температуре  $T_{\text{пр}}$ , (условная наработка, соответствующая фактическому истощению ресурса металла паропровода за счёт ползучести при заданной постоянной температуре  $T_{\text{пр}}$ ). В качестве таковой температуры ( $T_{\text{пр}}$ ) принимают расчётную температуру  $T_p$ ;

$T_i$  и  $\tau_i$  - среднегодовая температура в текущем году и соответствующая данному году наработка;

$n$  - количество лет работы паропровода.

В приведённом выражении, а также в последующих формулах температура  $T$  принимается в К.

б) Эквивалентная температура  $T_{\text{экв}}$  эксплуатации определяется численным методом из соотношения:

$$\sum_{i=1}^n \left[ \tau_i \left( \frac{T_i}{T_{\text{экв}}} \right) \cdot 10^{\left( 20 \cdot \frac{T_i}{T_{\text{экв}}} \right)} \right] = \tau_{\Phi} \cdot 10^{20}, \quad (11)$$

где  $\tau_{\Phi}$  - фактическая наработка паропровода на фиксированный момент времени (время обследования):

$$\tau_{\Phi} = \sum_{i=1}^n \tau_i.$$

Уравнение (11) решается относительно неизвестной величины  $T_{\text{экв}}$  численно методом последовательных приближений. В качестве первой итерации следует использовать значение температуры

$$T_{\text{ЭКВ}} = \bar{T}_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_i.$$

Допускается считать достаточной точность вычислений  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ .

в) Эквивалентное давление рассчитывается по формуле:

$$P_3 = \left( \sum_{i=1}^n \frac{\tau_i}{\tau_{\Phi}} \cdot P_i^m \right)^{1/m}, \quad (12)$$

где:  $P_3$  - эквивалентное давление за весь расчётный срок службы  $\tau_{\Phi}$ ;

$P_i$  и  $\tau_i$  - среднегодовое давление в текущем году и соответствующая данному году наработка;

$n$  - количество лет работы паропровода за расчётный период;

$m$  - показатель степени в уравнении длительной прочности.

Показатель  $m$  в уравнении длительной прочности принимают согласно справочным данным.

Допускается принимать следующие значения показателя  $m$ :

для стали марок 12МХ и 15ХМ:

$m = 10,0$  - при  $T \leq 500^\circ\text{C}$ ;

$m = 8,0$  - при  $T \geq 510^\circ\text{C}$

для стали марок 12Х1МФ и 15Х1М1Ф:

$m = 10,0$  - при  $T \leq 520^\circ\text{C}$ ;

$m = 8,0$  - при  $T = 540^\circ\text{C}$ ;



$m = 6,0$  - при  $T = 570^{\circ}\text{C}$ .

Для промежуточных температур значения показателя  $m$  допускается вычислять линейной интерполяцией между двумя опорными точками, ограничивающими с разных сторон значение расчётной температуры.

Допускается в качестве расчётного значения температуры за весь срок эксплуатации паропровода при определении показателя  $m$  принимать величину эквивалентной температуры  $T_{\text{экв}}$  при условии, что  $|T_{\text{экв}} - T_i| \leq 20^{\circ}\text{C}$  для всех значений  $i$ .

Для хромистых сталей следует до получения достоверных данных по величине показателя  $m$  принимать в качестве эквивалентного давления его среднеарифметическое значение, полученное усреднением среднегодовых давлений за весь предшествующий срок эксплуатации.

Эквивалентное давление следует использовать при определении приведённых напряжений для последующей оценки ресурсных показателей за предшествующий период эксплуатации паропровода (за время  $\tau_{\text{ф}}$ ).

179. Величину индивидуального или остаточного ресурса для металла труб и гибов определяется из следующего соотношения гарантированных характеристик длительной прочности, представляющего собой преобразованное параметрическое уравнение:

$$\lg \tau = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=0}^6 A_i \cdot \left( \frac{n \cdot \sigma}{10} \right)^i + 2 \lg T - a, \quad (13)$$

где  $\tau$  - индивидуальный ресурс;

$T$  - используемая в расчёте температура, К;

$n$  - коэффициент запаса прочности;

$\sigma$  - приведённое напряжение, МПа;

$a$  - постоянная, зависящая от марки стали.

Постоянная  $a$  для паропроводных марок стали перлитного класса принимается равной:

для стали 12MX - 25,0;

для стали 15XM - 25,0;

для стали 12Х1МФ - 24,88;

для стали 15Х1М1Ф - 25,2.

Коэффициенты  $A_i$  полинома шестой степени в соотношении (13) для паропроводных сталей перлитного класса приведены в нижеследующей таблице X.1.

Таблица X.1

Марка стали	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
12MX	20750	-225,338	5,666	0,984	-0,173	0,01	-0,000212
15XM	21130	-173,562	-49,28	10,891	-0,892	0,033	-0,000465
12Х1МФ	22810,76	-730,70	89,186	-7,654	0,3316	-0,00556	0,0
15Х1М1Ф	24099,54	-774,70	79,73	-6,739	0,3162	-0,00588	0,0

Коэффициент запаса прочности при расчёте принимается равным 1,5 ( $\kappa = 1,5$ ). При наличии фактических данных по характеристикам длительной прочности металла паропровода на время отработки им назначенного или дополнительно назначенного ресурса допускается принимать значение коэффициента запаса прочности ниже 1,5, но в любом случае оно должно быть не менее 1,3.

180. Ресурс (индивидуальный или остаточный) для металла фасонных элементов паропровода (за исключением гнутых отводов) определяют путём сопоставительного анализа методом интерполяции приведённых напряжений с известными допускаемыми напряжениями при расчётной температуре в двух смежных опорных точках, соответствующих ресурсных базам, для одной из которых допускаемое напряжение выше, а для другой ниже приведённого напряжения (подпункт "в" пункта 170 и подпункт "в" пункта 172). В качестве основного применяется метод логарифмической интерполяции, допускается использовать экстраполяцию допускаемых напряжений на ресурс не более 25 тысяч часов.

Допускается определять ресурс штампованных и штампосварных колен по уравнению (13) с учётом коэффициентов прочности сварных соединений для штампосварных колен согласно подпункту "д" пункта 177 ФНП.

181. Коэффициенты прочности стыковых сварных соединений принимают согласно требованиям НД или по результатам испытаний образцов металла на вырезках из сварных соединений. При этом используемые в расчётах коэффициенты прочности сварных соединений не должны превышать:

для расчётной температуры до 530°C величины 0,8;

для расчётной температуры 530°C и выше величины 0,7 для сталей перлитного класса и 0,65 для хромистых сталей мартенситного класса.

Для разнородных сварных соединений элементов из сталей перлитного и мартенситного классов коэффициент прочности не должен превышать 0,6 независимо от температуры эксплуатации.

182. При определении ресурсных характеристик элементов паропровода с использованием расчётных приведённых напряжений коэффициент запаса прочности принимается равным нормативному значению 1,5. В случае принятия пониженных коэффициентов запаса прочности при наличии удовлетворительных данных по длительной прочности металла, полученных в результате соответствующих испытаний на вырезках, они должны быть не менее следующих значений:

1,30 - для паропроводов из перлитных сталей с давлением пара до 14,0 МПа, за исключением паропроводов горячего промперегрева;

1,35 - для паропроводов из перлитных сталей энергоблоков СКД и всех паропроводов горячего промперегрева из перлитных сталей;

1,45 - для паропроводов из хромистых сталей мартенситного класса.

При расчёте ресурсных характеристик штампосварных колен снижение коэффициента запаса прочности относительно нормативного значения не допускается.

183. Расчёт остаточного ресурса элементов паропровода при продлении срока службы проводится следующим образом.

а) Продление ресурса выполняется на расчётные параметры эксплуатации следующими способами:

1) Определяют эквивалентную наработку  $\tau_z$  по подпункту "а" пункта 178 ФНП при приведённой температуре, равной расчётной температуре:  $T_{пр} = T_p$ .

Определяют индивидуальный ресурс ( $\tau_{рТ}$ ) при работе на расчётной температуре и расчётном давлении по соотношению (13) или согласно пункту 180 ФНП.

Остаточный ресурс ( $\tau_{ор}$ ) при последующей эксплуатации на расчётных параметрах определяется в соответствии с формулой (7):

$$\tau_{ор} = \tau_{рТ} - \tau_z.$$

2) Определяют эквивалентную температуру ( $T_{экв}$ ) и эквивалентное давление ( $p_z$ ) за предшествующий срок эксплуатации ( $\tau_{ф}$ ) по подпунктам "б", "в" пункта 178 ФНП.

Определяют индивидуальный ресурс для условий работы при эквивалентных температуре и давлении ( $\tau_{зТ}$ ) по уравнению (13) или согласно пункту 180 ФНП.

Определяют степень выработки ресурса металла (D) за фактическое время работы ( $\tau_{ф}$ ) по соотношению:

$$D = \frac{\tau_{\Phi}}{\tau_{ЭТ}} \quad (14)$$

Определяют индивидуальный ресурс ( $\tau_{рТ}$ ) при работе на расчётных параметрах (по уравнению (13)) или согласно пункту 180 ФНП).

Остаточный ресурс при последующей эксплуатации на расчётных параметрах ( $\tau_{ор}$ ) определяется выражением:

$$\tau_{ор} = \tau_{рТ} \cdot (1 - D) \quad (15)$$

б) Продление ресурса выполняется на эквивалентные (или весьма близкие к ним) параметры эксплуатации.

Определяют эквивалентную температуру и эквивалентное давление за предшествующий срок эксплуатации по подпунктам "б", "в" пункта 178 ФНП.

Определяют индивидуальный ресурс при работе на эквивалентных параметрах ( $\tau_{ЭТ}$ ) по соотношению (13) или согласно пункту 180 ФНП.

Остаточный ресурс при последующей эксплуатации на эквивалентных параметрах ( $\tau_{ОЭ}$ ) определяется:

$$\tau_{ОЭ} = \tau_{ЭТ} - \tau_{\Phi} \quad (16)$$

в) Продление ресурса осуществляется на разрешённые (установленные) параметры, отличные от расчётных и эквивалентных параметров.

Для этого расчётного случая определение остаточного ресурса выполняется аналогично ранее указанному в подпункте "а" настоящего пункта ФНП, с учётом следующих изменений:

1) Эквивалентная наработка ( $\tau_3 = \tau_{ЭУ}$ ) рассчитывается для приведённой температуры  $T_{пр}$ , равной установленной (разрешённой) температуре  $T_У$ :  $T_{пр} = T_У$ ;

Индивидуальный ресурс ( $\tau_{ут}$ ) рассчитывается для установленной температуры и установленного давления;

Остаточный ресурс ( $\tau_{оу}$ ) при последующей эксплуатации на установленных параметрах составляет:

$$\tau_{оу} = \tau_{ут} - \tau_{эу}. \quad (17)$$

2) Этапы расчёта вплоть до определения параметра степени выработки ресурса ( $D$ ) включительно остаются без изменений:  $D = \tau_{ф} / \tau_{эу}$ ;

Рассчитывается индивидуальный ресурс для установленных параметров эксплуатации  $\tau_{ут}$  (см. выше);

Остаточный ресурс ( $\tau_{оу}$ ) при последующей работе на установленных параметрах составляет:

$$\tau_{оу} = \tau_{ут} \cdot (1 - D). \quad (18)$$

г) Следует при определении остаточного ресурса на расчётные и установленные параметры дальнейшей эксплуатации применять оба приведённые выше варианта расчёта.

Решение о назначении ресурса продления эксплуатации паропровода принимается с учётом результатов расчёта по обоим вариантам и данных по фактическому состоянию металла согласно результатам технического диагностирования.

184. Продление срока службы паропровода после отработки назначенного (дополнительно назначенного) ресурса, основанное на положительных результатах технического диагностирования и расчётных оценок остаточного ресурса, должно обеспечить безопасность его дальнейшей эксплуатации в течение установленного срока продления с учётом следующих положений:

а) Если по условиям прочности или (и) результатам оценки остаточного ресурса для отдельных элементов паропровода не выдерживаются регламентированные ФНП коэффициенты запаса прочности при продлении эксплуатации на расчётных параметрах пара, допускается выполнять продление ресурса паропровода на пониженных параметрах.

При этом основанием для снижения параметров являются результаты расчёта на прочность от внутреннего давления и соответствующего расчёта ресурса.

При невыполнении условий прочности по результатам поверочного расчёта на весовые нагрузки и самокомпенсацию паропровода должны быть проведены мероприятия по снижению эквивалентных напряжений в паропроводе до допустимого уровня путём наладки системы креплений с устранением выявленных при ревизии дефектов.

В случае невозможности выполнения необходимых мероприятий в текущий ремонт, при котором осуществляется обследование, они могут быть перенесены на срок не более 25 тысяч часов при условии дополнительного контроля сварных соединений и гибов с наибольшими эквивалентными напряжениями по результатам вышеуказанного поверочного расчёта.

б) При отклонениях трассы паропровода или выявленных нарушениях в его опорно-подвесной системе по отношению к проекту и исполнительной схеме необходим поверочный расчёт на прочность и самокомпенсацию паропроводной системы, по результатам которого формируются конкретные рекомендации по исправлению выявленных дефектов и отклонений и переналадке опорно-подвесной системы.

Для указанных случаев приведение трассы паропровода в проектное состояние без поверочных расчётов на прочность и самокомпенсацию и без переналадки ОПС является недопустимым.

в) Отработавший назначенный или дополнительно назначенный ресурс паропровод может быть допущен к дальнейшей эксплуатации при расчётных или пониженных параметрах на срок не более 50 тысяч часов на основании положительных результатов контроля, исследований состояния металла и расчётных оценок ресурса при соблюдении установленных требований НД, технической и эксплуатационной документации.

В отдельных обоснованных случаях допускается продление эксплуатации паропровода после отработки назначенного ресурса (первичное продление) на срок более 50 тысяч часов.

г) Продление срока эксплуатации паропровода на основании результатов ТД и расчётов ресурса следует оформлять на весь паропровод в целом, а не на отдельные его элементы или блоки. Назначение разных величин остаточного ресурса индивидуально для каждого элемента (или групп элементов) паропровода при продлении его эксплуатации не следует.

При необходимости по результатам эксплуатационного контроля и анализа условий эксплуатации допускается назначать для отдельных групп элементов паропровода промежуточный контроль, включая анализ микроповрежденности металла, до выработки паропроводом установленного остаточного ресурса.

185. Продление срока службы паропроводов горячего промперегрева из ЦБЛ труб стали 15X1M1Ф осуществляется следующим образом.

а) Определение технического состояния и остаточного ресурса ЦБЛ труб требует выполнить ряд обязательных мероприятий:

анализ технической документации;

контроль неразрушающими методами;

исследования состава, структуры, свойств и микроповрежденности металла и сварных соединений трубопровода;

контрольный расчёт на прочность с оценкой индивидуального (остаточного) ресурса с учётом фактических данных по условиям эксплуатации, результатам контроля и исследований;

обобщающий анализ результатов обследования с выпуском заключения.

б) Исследование состояния металла ЦБЛ труб включает анализ:

- макроструктуры в сравнении с требованиями технических условий;
- микроструктуры в сопоставлении со шкалой ликвационных микроструктур металла ЦБЛ труб (приложение N 11 к ФНП);
- микроповрежденности металла с определением объёмной доли пор на участках с максимальным их сосредоточением. Результаты анализа микроповрежденности металла оценивают в соответствии со шкалой микроповрежденности стали 15X1M1Ф ЦБЛ труб (приложение N 4 к ФНП).

в) Расчёт эквивалентной температуры и эквивалентной наработки паропровода следует выполнять в соответствии с пунктом 178 ФНП.

г) Расчётная оценка индивидуального (остаточного) ресурса ЦБЛ труб выполняется путём определения приведённых напряжений от внутреннего давления и последующего установления по ним величины ресурса с учётом изменения характеристик длительной прочности металла в процессе эксплуатации, определяемого по результатам анализа фактического структурного состояния металла. Если исследования металла включали определение характеристик жаропрочности (длительной прочности), оценку остаточного ресурса следует проводить по фактическим жаропрочным свойствам металла с использованием нормативного коэффициента запаса прочности.

д) Расчётную оценку остаточного ресурса сварных соединений ЦБЛ труб выполняют путём сопоставления максимальных эквивалентных напряжений (взятых из проектного или иного поверочного расчёта паропровода на прочность и самокомпенсацию) с принятым в расчёте допускаемым напряжением стали для расчётной температуры и прогнозируемого ресурса. Коэффициент прочности сварного соединения устанавливается по результатам исследований сварного соединения на вырезке (в том числе с учётом имеющегося банка данных), но принимается равным не более 0,7.

Следует использовать допускаемые напряжения, установленные по результатам прямых жаропрочных испытаний сварных соединений на вырезках. При этом следует использовать нормативный коэффициент запаса прочности.

### **Станционные питательные трубопроводы**

186. Основными элементами питательных трубопроводов, оказывающими влияние на величину назначенного срока службы, являются: прямые трубы; гнутые, штампованные (штампосварные) колена; штампованные тройники и переходы; литые детали (колена, тройники, корпуса арматуры, переходы); сварные соединения.

187. Продление срока эксплуатации питательных трубопроводов сверх назначенного срока службы выполняется по следующему алгоритму:

анализ режимов эксплуатации и результатов контроля трубопровода за весь предшествующий период работы;

анализ результатов неразрушающего контроля и исследований состояния металла (если последние проводились) по данным текущего обследования (диагностирования);

контрольный расчёт на прочность с оценкой дальнейшей работоспособности основных элементов трубопровода;

расчёт циклической долговечности гибов трубопровода - при необходимости;

обобщающий анализ результатов обследования с оценкой общего технического состояния трубопровода и установление дополнительно назначенного срока службы.

188. Анализ технической и эксплуатационной документации проводится для установления конструктивных особенностей исполнительной схемы трубопровода, уточнения номенклатуры и материалов (а также технологии) изготовления основных элементов, выявления режимов работы трубопровода и водно-химического режима станции, а также для оценки повреждаемости металла по результатам эксплуатационного контроля.

189. Неразрушающий контроль питательных трубопроводов (включая методы, объёмы и зоны контроля, после выработки назначенного срока службы) проводится согласно пункту 147 ФНП (таблица VIII.9).

Необходимость проведения исследований состояния металла на вырезках определяется экспертной организацией и может быть вызвана повышенной повреждаемостью металла.

190. Контрольный расчёт на прочность с оценкой несущей способности элементов трубопровода выполняют в соответствии с положениями НД. В расчёте используется минимальная толщина стенки по результатам УЗТ. Расчёт следует вести на параметры (температура, давление), указанные в паспорте трубопровода.

Расчёт гибов трубопровода следует выполнять для растянутой и нейтральных зон, литых и штампованных колен - для сжатой и нейтральных зон, а расчёт штампосварных колен - для зон, содержащих продольный сварной шов.

191. В случаях, когда количество пусков трубопровода превышает 300 или по результатам контроля обнаружены дефекты металла, квалифицируемые как коррозионно-усталостные повреждения, необходимо выполнить расчёт на циклическую прочность (малоцикловую усталость). По решению специализированной экспертной организации расчёт выполняется либо только для гибов, либо для гибов и тройников. В качестве основного вида нагрузки рассматривается внутреннее давление в трубопроводе; допускается выполнять расчёт циклической прочности трубопровода с учётом действия всего комплекса нагружающих факторов.

При расчёте гибов на циклическую прочность амплитуду напряжений определяют для внутренней поверхностигиба в нейтральной зоне.

При обнаружении повреждений в других зонахгиба, расчёт выполняется также для этих участков поверхностигиба. Для штампосварных колен расчёт на малоцикловую усталость выполняют для зон, содержащих продольный сварной шов; при этом при расположении швов в растянутой и сжатой зонах - для наружной поверхности, в нейтральных зонах - для внутренней поверхности.

При расчёте тройникового узла на циклическую прочность амплитуду напряжений вычисляют для внутренней поверхности тройника в точке пересечения линии сопряжения (штуцера с коллектором) с продольной плоскостью симметрии узла (проходящей через центральные оси штуцера и коллектора). Величину коэффициента концентрации напряжений для указанной расчётной точки тройника допускается определять с использованием соответствующих НД или справочной литературы. При этом его значение должно быть не меньше 3,2.

Расчёт на циклическую прочность следует выполнять с учётом влияния на малоцикловую усталость коррозионного фактора.

Выбор конкретной методики расчёта на малоцикловую усталость осуществляет экспертная организация, выполняющая ЭПБ.



192. Продление срока службы питательного трубопровода осуществляется на основании удовлетворительных результатов контроля и расчетов на прочность.

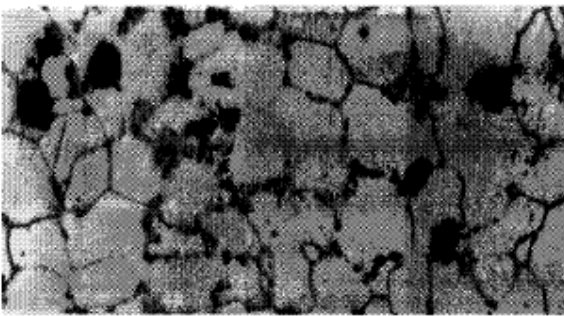
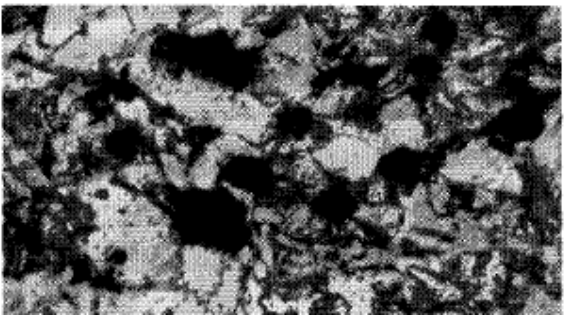
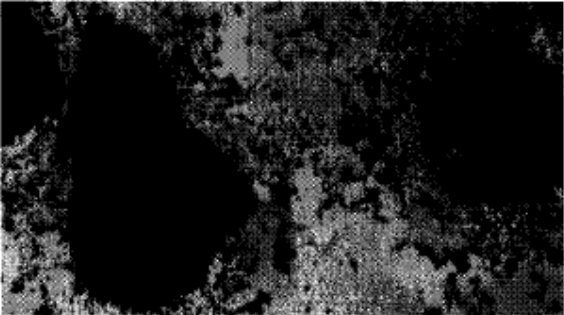
При невыполнении условий циклической прочности для отдельных групп элементов срок продления эксплуатации трубопровода должен быть сокращён или должен быть предусмотрен промежуточный контроль этих элементов в течение продленного срока эксплуатации (до истечения дополнительно назначенного срока службы).


Отработавший назначенный (или дополнительно назначенный) срок службы трубопровод может быть допущен в дальнейшую эксплуатацию при расчётных или установленных параметрах на срок не более 50 тысяч часов, но не более чем на 8 лет с даты проведения технического диагностирования и ЭПБ.

Приложение N 1  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

Шкала графитизации (при 500-кратном увеличении микроскопа)


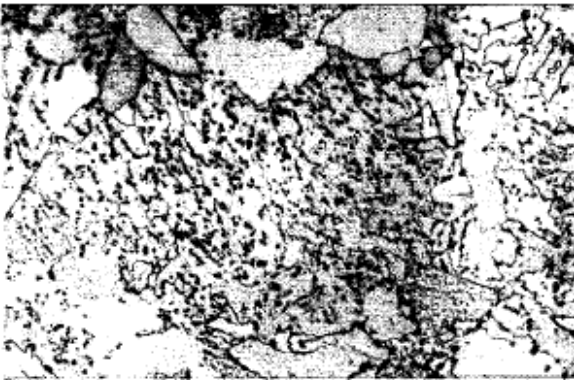
Стадия структурных изменений	Характер графитизации	Балл графитизации
------------------------------	-----------------------	-------------------

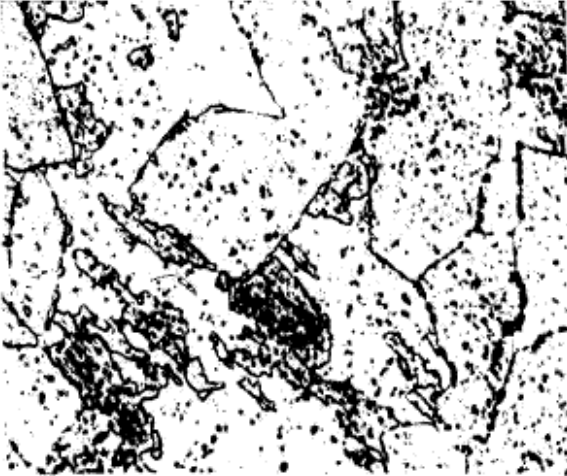

	<p>Отдельные глобулы или отдельные скопления глобул структурно свободного графита. Объемная доля выделений графита составляет до 5%</p>	<p>1</p>
	<p>Множественные выделения структурно свободного графита. Объемная доля выделений графита составляет до 10%</p>	<p>2</p>
	<p>Цепочки крупных выделений графита. Объемная доля выделений графита составляет до 20%</p>	<p>3</p>

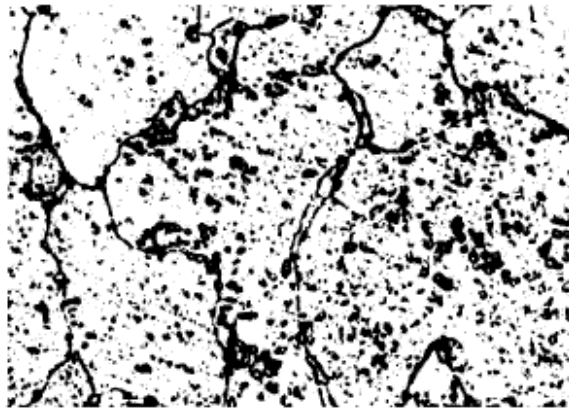
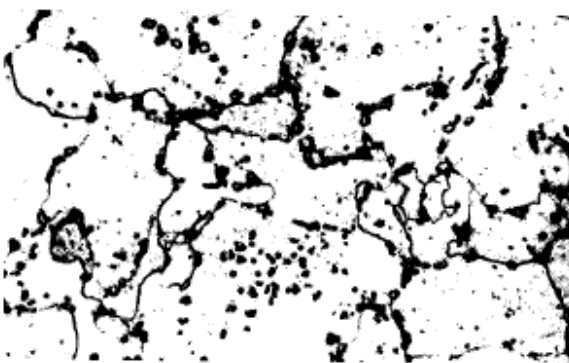
	Выделение графита в виде сегрегации, а также по границам зерен	4
--	--	---

Приложение N 2  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

Шкала сфероидизации перлита в углеродистых и низколегированных сталях  
(при 1000-кратном увеличении микроскопа)

Стадия структурных изменений	Особенности микроструктуры	Балл изменений микроструктуры
	Феррит и перлит. Перлит имеет пластинчатое строение	1
	Небольшая степень сфероидизации. Цементит имеет форму преимущественно сфероидов и при небольших увеличениях выглядит точечным	2

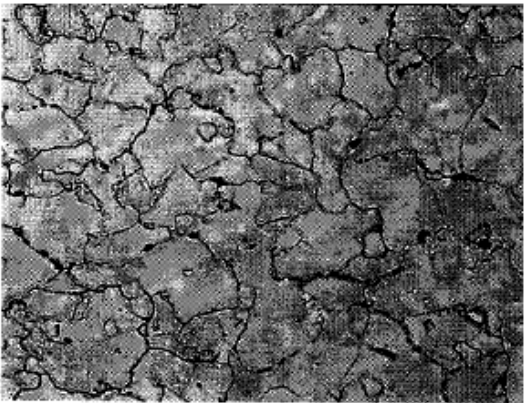
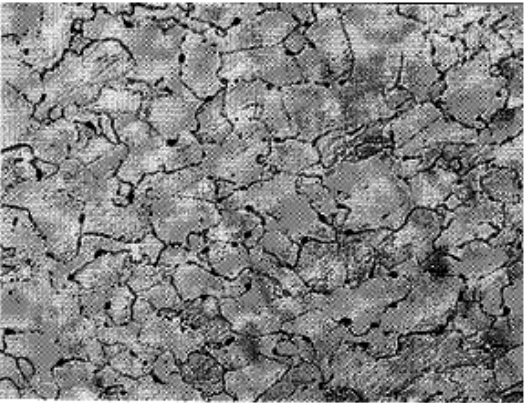
	<p>Большая, чем для балла 2, дифференцированность перлита и наличие небольшого количества обособленных структурно-свободных сфероидов цементита, расположенных по границам зерен феррита</p>	<p>3</p>
	<p>Значительная степень сфероидизации. Границы зерен перлита размыты, имеется большое количество крупных обособившихся структурно-свободных сфероидов цементита, расположенных по границам зерен феррита</p>	<p>4</p>

	<p>Значительная степень сфероидизации. Отсутствие границ зерен перлита, увеличение размеров сфероидов цементита, расположенных на периферии зерен</p>	<p>5</p>
	<p>Полная сфероидизация. Типичное укрупнение цементитных сфероидов, расположенных по границам зерен феррита. При степени сфероидизации перлита в металле труб из углеродистых и низколегированных сталей на уровне 6-го балла по шкале настоящего приложения к ФНП, а также при содержании сигма-фазы в металле труб из стали 12X18H12T после длительной эксплуатации более 4,5% следует проведение прямых испытаний металла на длительную прочность.</p>	<p>6</p>


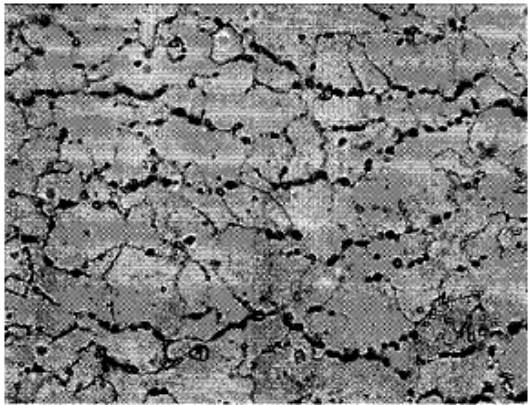
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

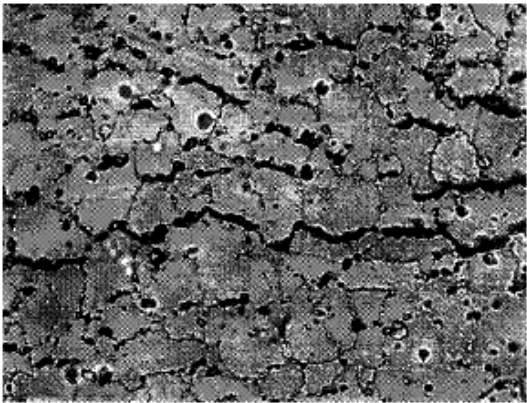
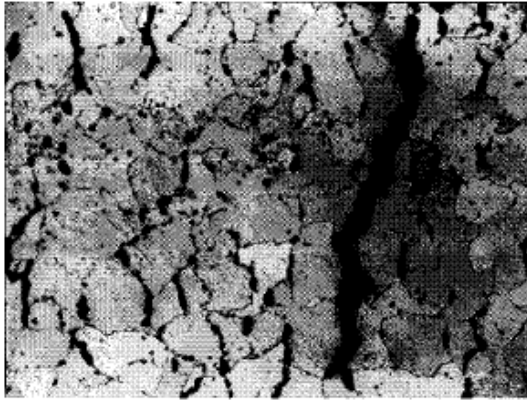
Шкала микроповреждённости сталей перлитного класса (при 500-кратном увеличении микроскопа)

Особенности микроструктуры	Характер микроповреждённости	Плотность пор	Балл микроповреждённости
	Поры отсутствуют	-	1

	Единичные поры	до 300 пор/мм <sup>2</sup>	<b>2</b>
	Множественные поры	до 700 пор/мм <sup>2</sup>	<b>3</b>




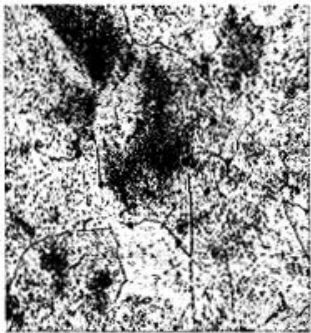
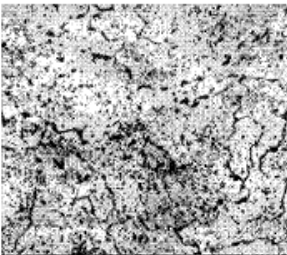
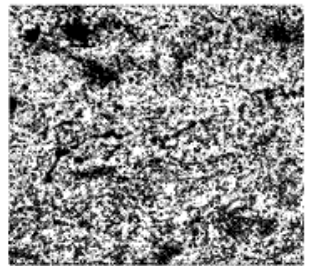
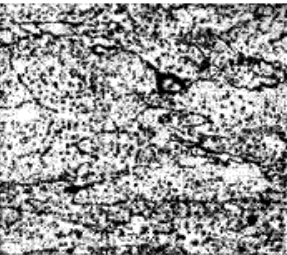
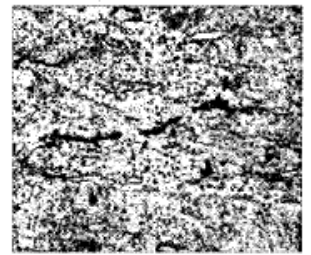
	Цепочки пор	до 1000 пор/мм <sup>2</sup>	4
	Множественные цепочки пор (расстояние между цепочками порядка 1-2 зерен)	до 2000 пор/мм <sup>2</sup>	5

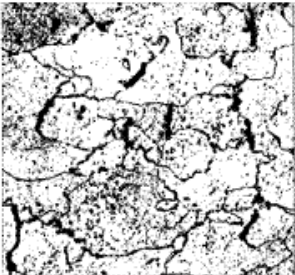
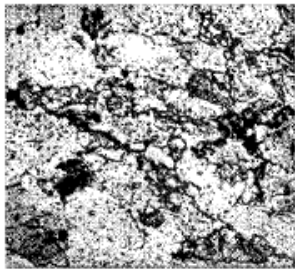
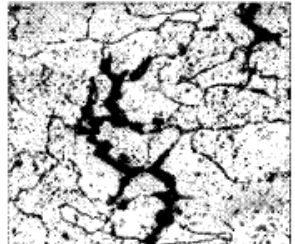
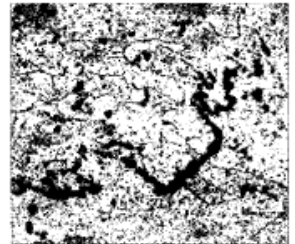
	Микротрещины	до 3000 пор/мм <sup>2</sup>	6
	Макротрещины	более 3000 пор/мм <sup>2</sup>	7

Приложение N 4  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому

**Шкала микрповреждённости металла центробежнолитых труб из стали 15X1М1Ф (при 500-кратном увеличении микроскопа)**

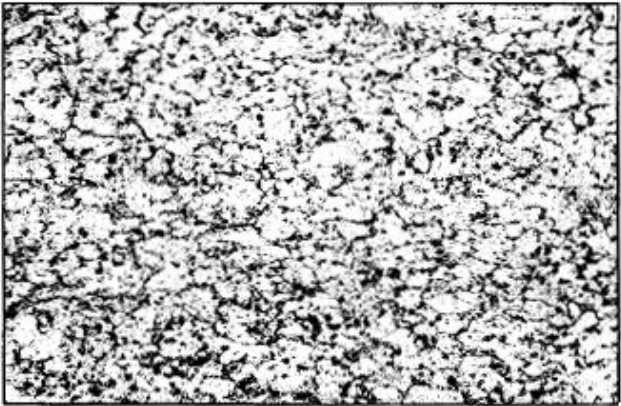
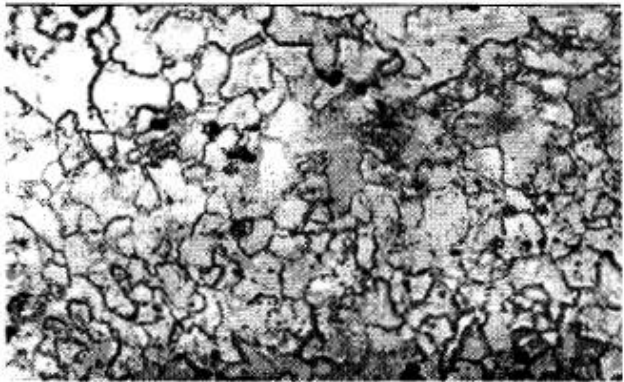
Микроструктура		Характер повреждённости		Объёмная доля пор, %	Балл микро- повреж- дён- ности
Основная	Ликвационная	В зонах с основной структурой	В ликвационных зонах		
		Поры отсутствуют		0	1
		Появление единичных изолированных пор размером $\leq 1$ мкм		$\leq 0,03$	2

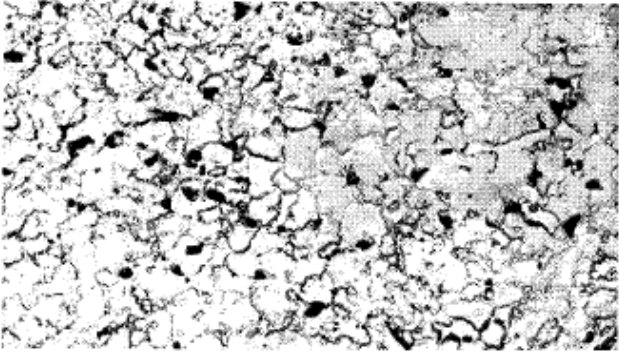
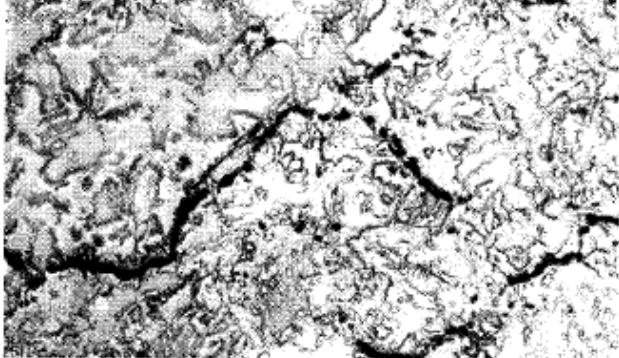
		Поры, ориентированные по границам зерен, размером $\approx 1$ мкм	Множество изолированных пор размером 1-2 мкм в ликвационных прослойках	0,03-0,04	3
		Цепочки из пор размером $\approx 1$ мкм по границам зерен. Отдельные поры размером до 2 мкм	Цепочки из пор размером 1-2 мкм в ликвационных прослойках. Отдельные поры размером до 3 мкм	0,04-0,06	4
		Цепочки из слившихся пор размером $\approx 1$ мкм на отдельных зернах. Отдельные поры размером до 2 мкм	Цепочки из слившихся пор размером до 3 мкм в ликвационных прослойках. Отдельные поры размером до 5 мкм	0,06-0,10	5

		Цепочки из слившихся пор размером 1-2 мкм на системе зерен. Отдельные поры размером до 3 мкм	Цепочки из слившихся пор размером до 5 мкм в ликвационных прослойках. Отдельные поры размером >5мкм	0,10-0,20	6
		Микротрещины в пределах нескольких зерен	Микротрещины в ликвационных прослойках	$\geq 0,20$	7

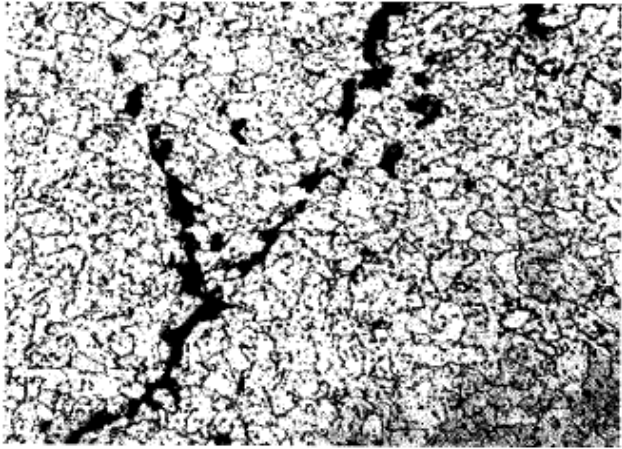
Приложение N 5  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

Шкала микроповреждённости металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 12Х1МФ. Металл шва 09Х1МФ (при 500-кратном увеличении микроскопа)

Балл микроповрежденности	Стадия микроповрежденности	Особенности микроповрежденности
I		Микроповрежденность не выявляется оптическими методами металлографии
II		Единичные поры ползучести размером до 2 мкм. Плотность пор $\rho \leq 100 \text{ пор/мм}^2$

III		<p>Единичные поры ползучести размером до 2-3 мкм по границам зерен. Плотность пор <math>\rho</math> от 250 до 1000 пор/мм<sup>2</sup></p>
IV		<p>Цепочки пор и слившиеся поры и/или микротрещины длиной до 10-20 мкм по границам зерен</p>



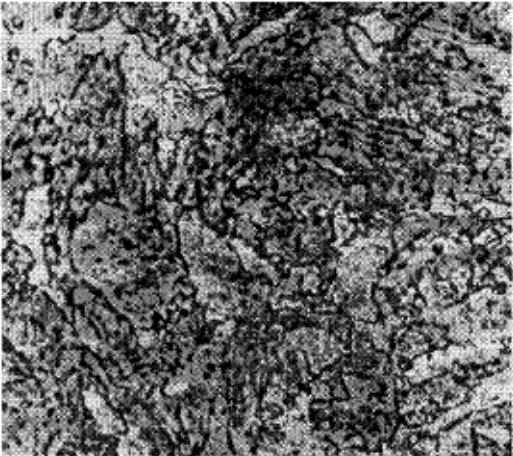
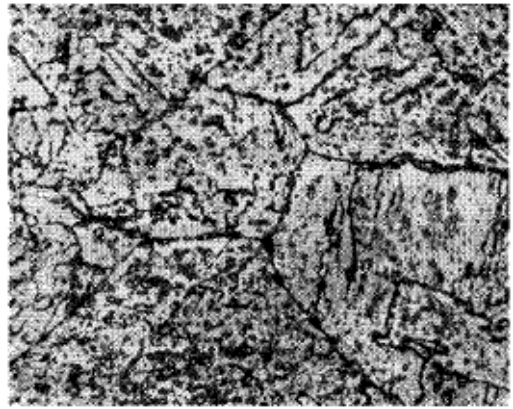
V		Микро- и макротрещины в сочетании с цепочками пор и слившимися порами
---	---	---


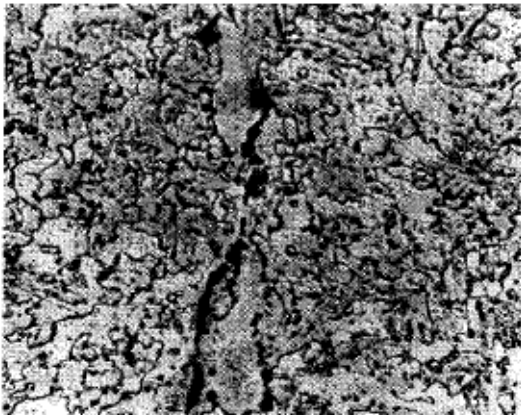
Приложение N 6  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

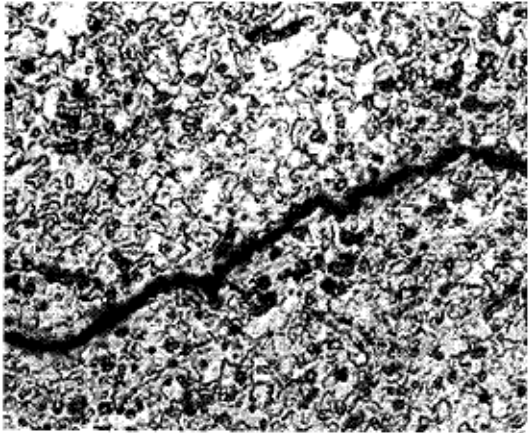
Шкала микроповреждённости металла ЗТВ сварных соединений паропроводов из стали 15X1М1Ф. Металл шва 09X1МФ (при 500-кратном увеличении микроскопа)

Балл микро-	Стадия микроповреждённости	Особенности микроповреждённости
-------------	----------------------------	---------------------------------



повреж- дённости		
I		Микроповреждённость не выявляется оптическими методами металлографии
II		Единичные поры ползучести размером 1-2 мкм по границам зерен

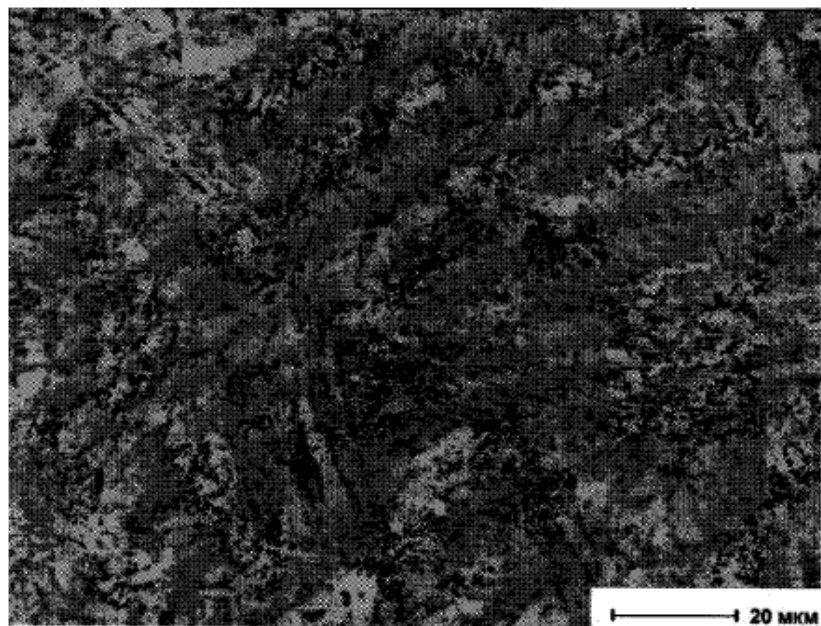
III		Единичные поры размером 2-3 мкм по границам зерен
IV		Цепочки и/или слившиеся поры размером 1-3 мкм и/или микротрещины по границам зерен

V		Микро- и макротрещины в сочетании с цепочками пор и слившимися порами
---	---	---

Приложение N 7  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

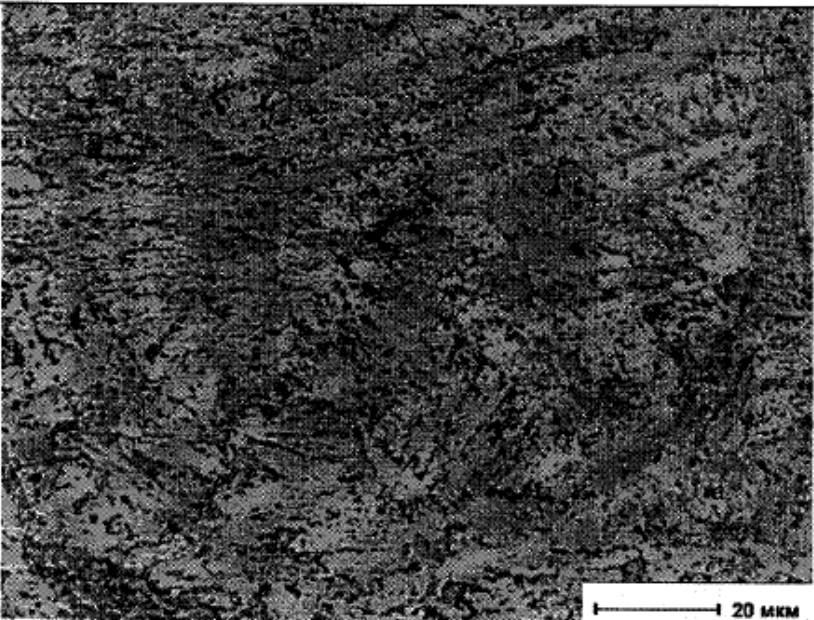
Шкала микроповреждённости металла труб из сталей марок Р91 (X10CrMoVNb9-1) и ДИ82 (10Х9МФБ)

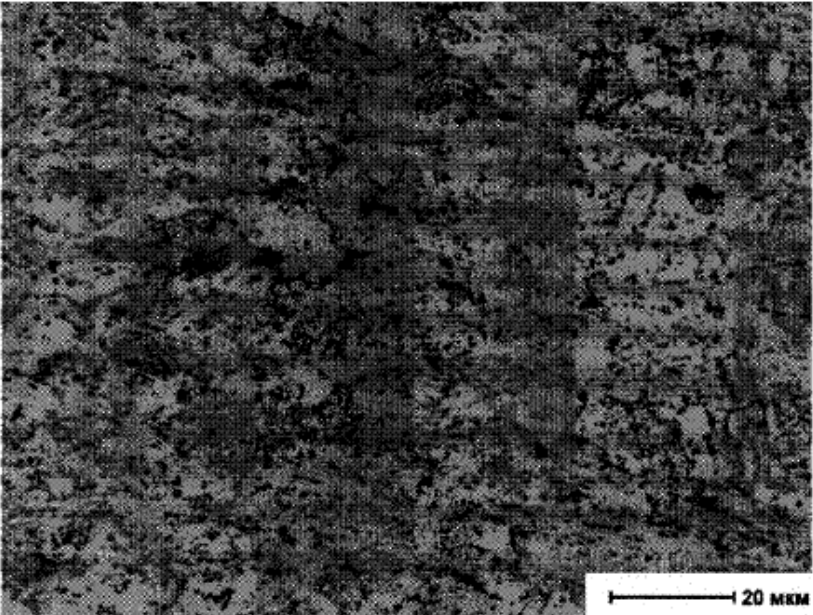
Стадия развития микроповреждённости (увеличение 1000 крат)	Особенности микроповреждённости	Балл микроповреждённости
--	---------------------------------	--------------------------

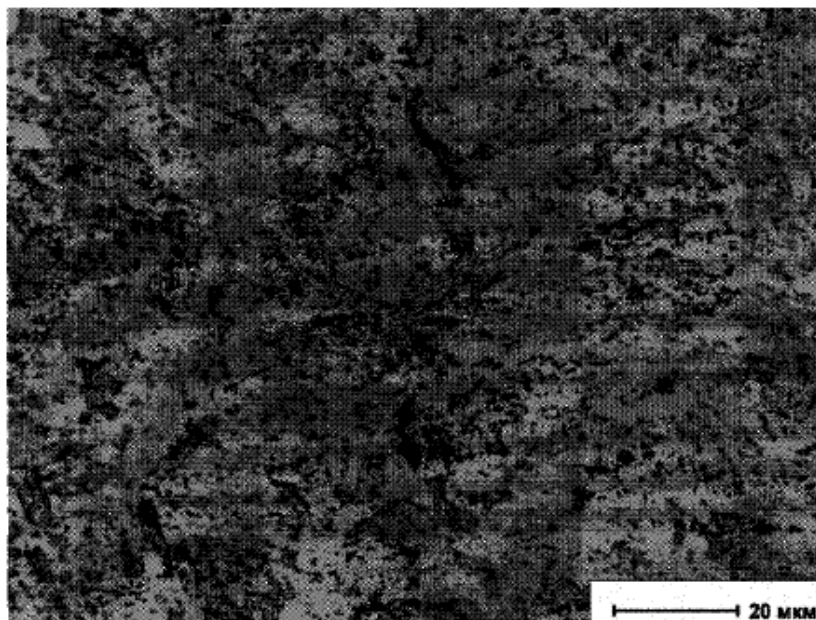


Микроповреж-  
дённость не  
выявляется

1

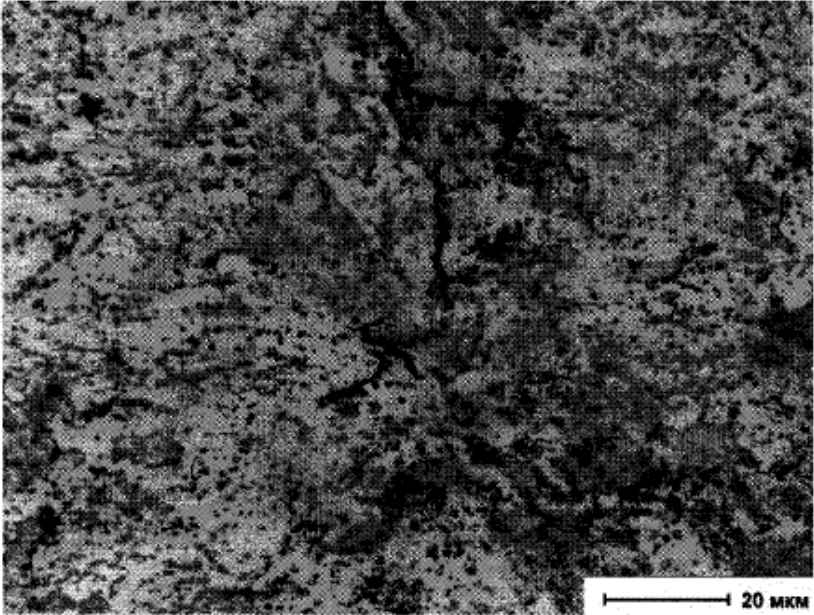
	Единичные поры ползучести до 10 шт. в поле окуляра микроскопа	2
--	---	---

	Единичные поры свыше 10 шт. в поле окуляра микроскопа	3
---	---	---



Скопления пор  
и/или цепочки пор

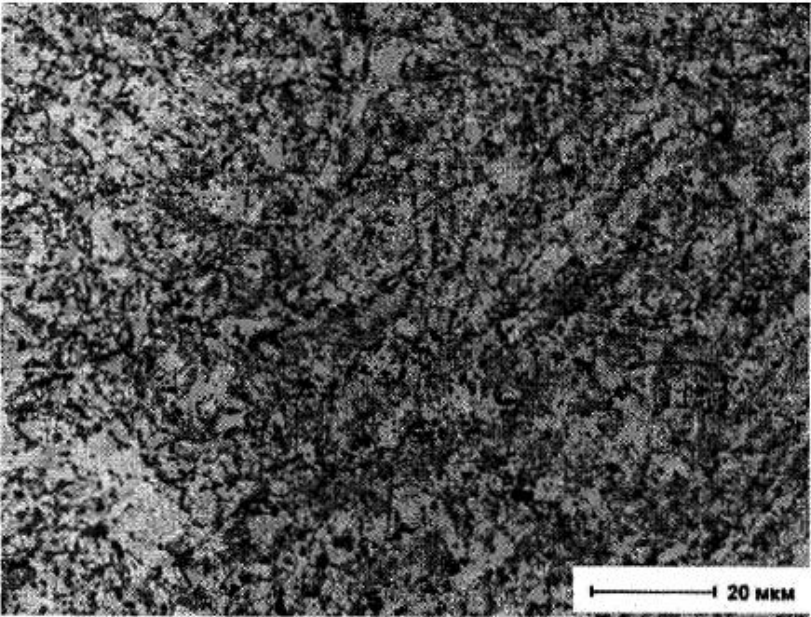
4

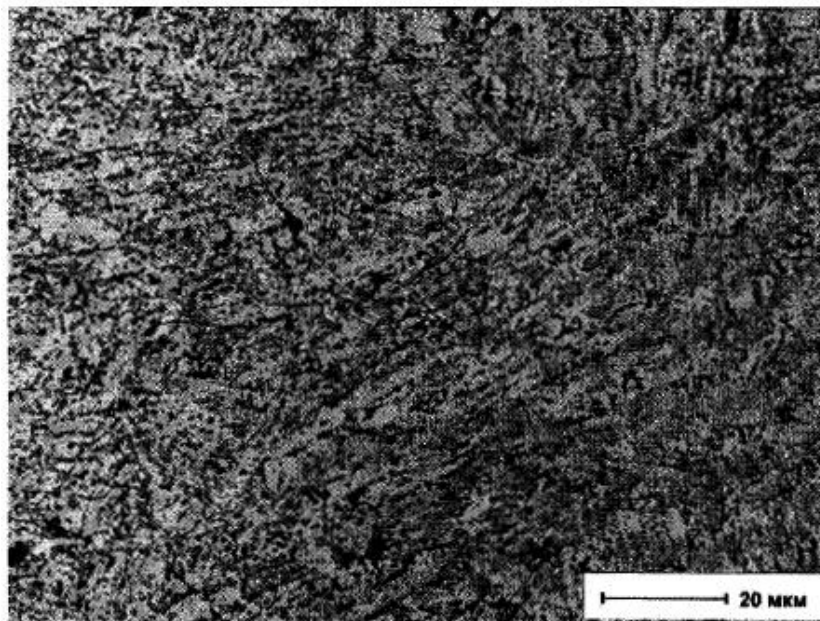
	Цепочки пор, микротрещины	5
---	------------------------------	---

Приложение N 8  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535



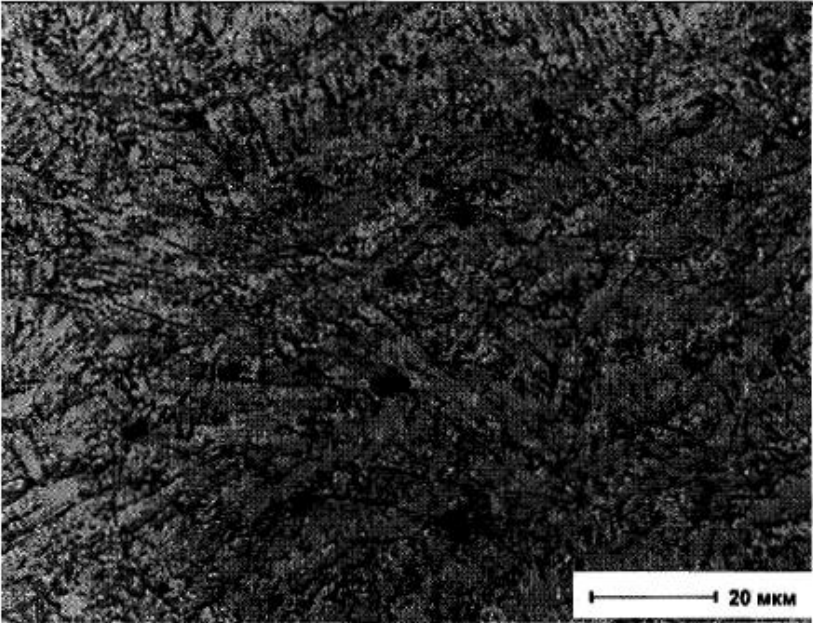
сварочных материалов (CrMo91/10X9M1Ф)

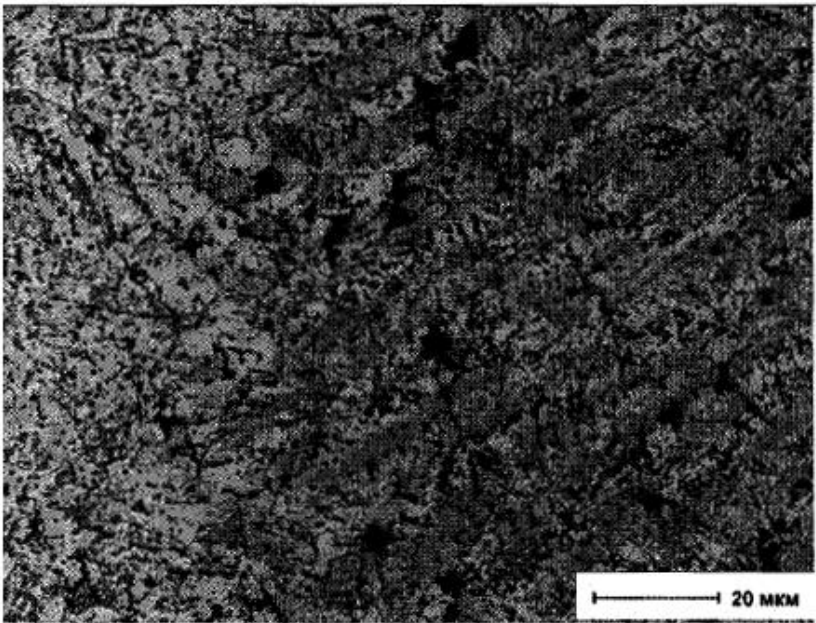
Стадия развития микроповреждённости (увеличение 1000 крат)	Особенности микроповреждённости	Балл микроповреждённости
	Микроповрежденность не выявляется	I

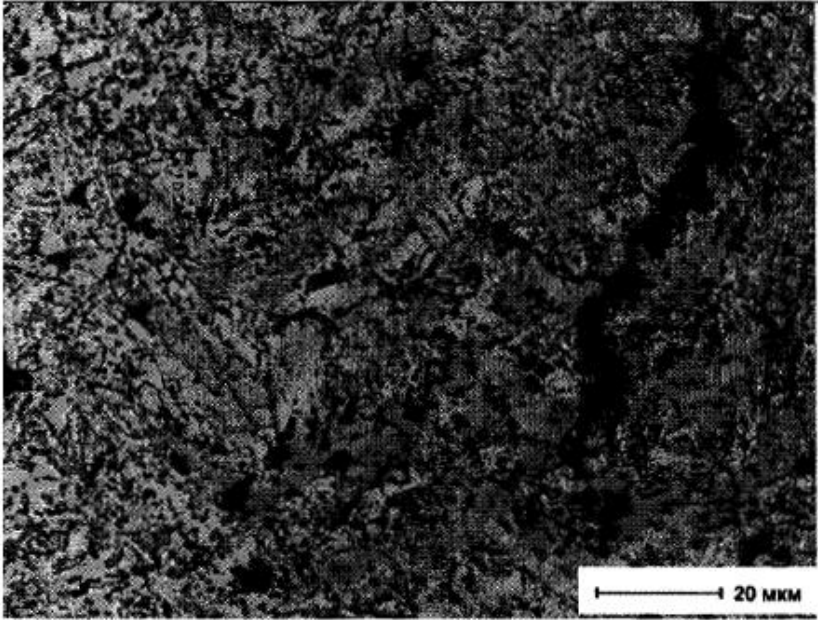


Единичные поры  
ползучести  
размером  
до 3 мкм (до 10 шт.  
в поле окуляра  
микроскопа)

II

	Единичные поры свыше 3 мкм (свыше 10 шт. в поле окуляра микроскопа)	III
---	---	-----

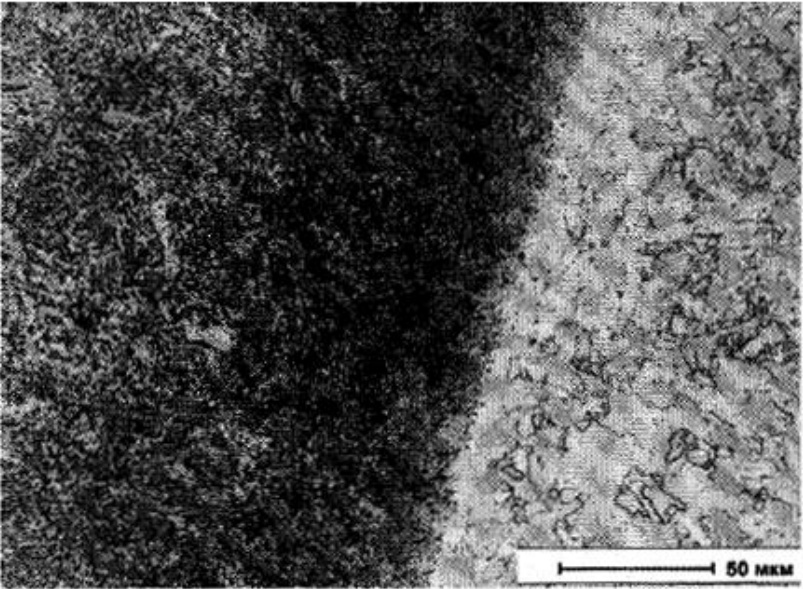
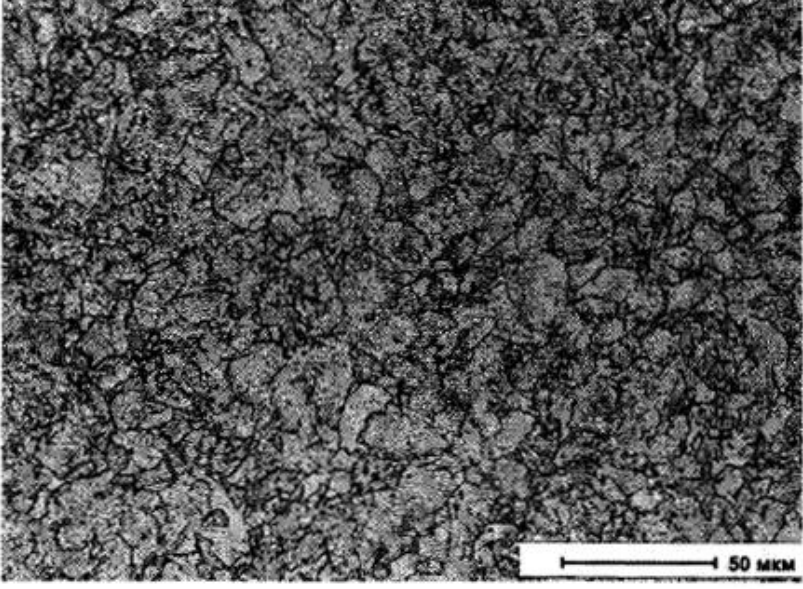
	Скопления пор и/или цепочки пор	IV
---	------------------------------------	----


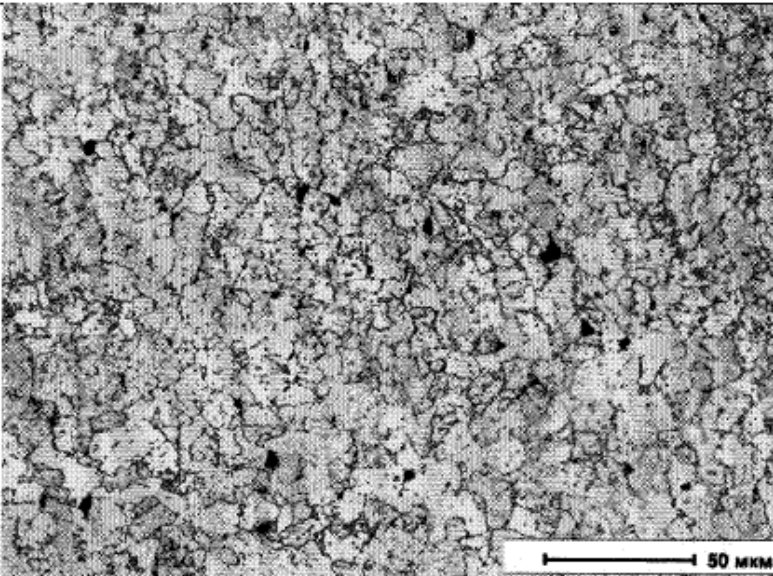
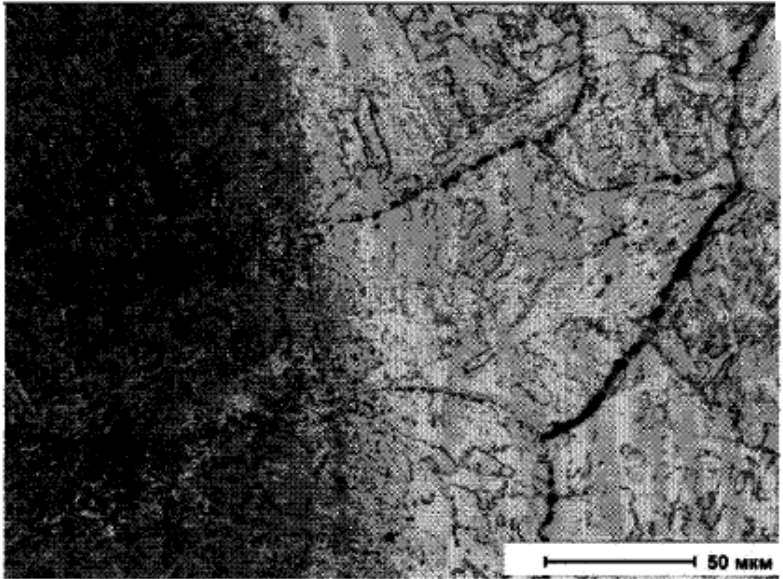
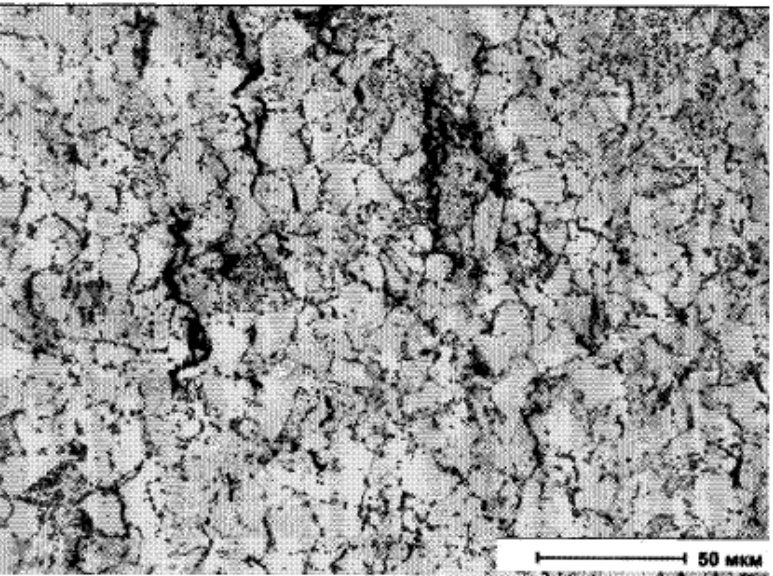
	Цепочки пор, микротрещины	V
--	---------------------------	---

Приложение N 9  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535



перлитными сталями марок 15X1M1Ф или 12X1МФ при использовании хромистых сварочных материалов (CrMo91/10X9M1Ф)

Стадия развития микроповреждённости (увеличение 500 крат)		Особенности	Балл
Участок сплавления МШ (CrMo91/10X9M1Ф) и ЗТВ (15X1M1Ф или 12X1МФ)	Участок ЗТВ (15X1M1Ф или 12X1МФ), факультативно	микроповреж- дённости	микроповреж- дённости
		Микроповеж- дённость не выявляется	I

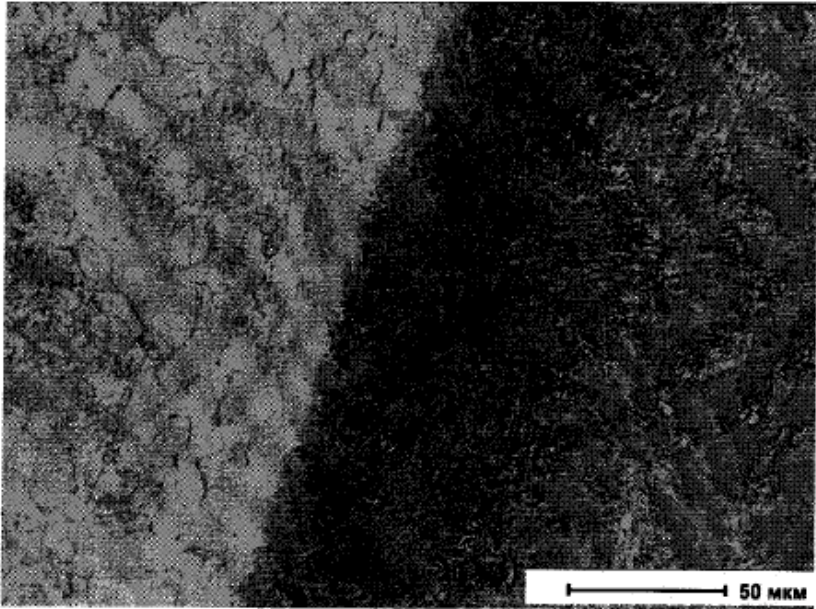
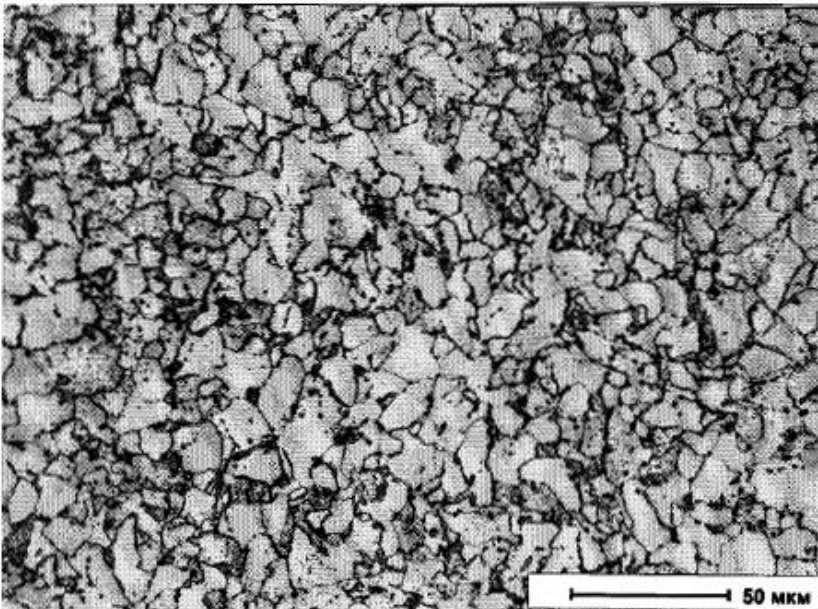
		Единичные поры свыше 3 мкм, скопления пор	II
		Цепочки пор и/или микротрещины	III

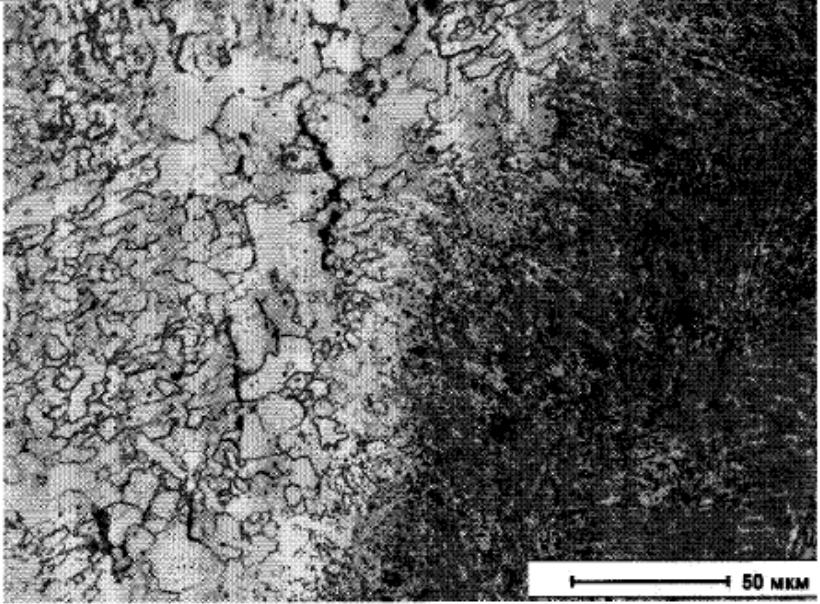
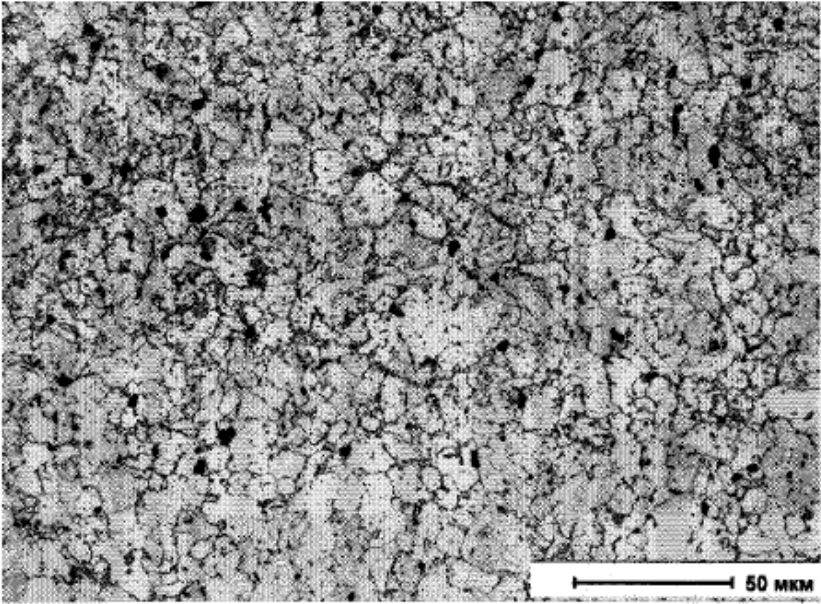
Приложение N 10  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

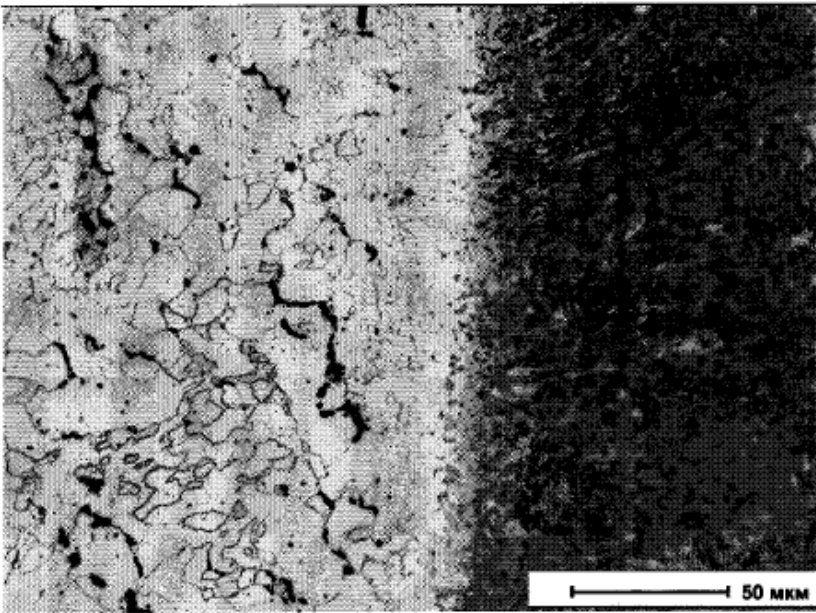
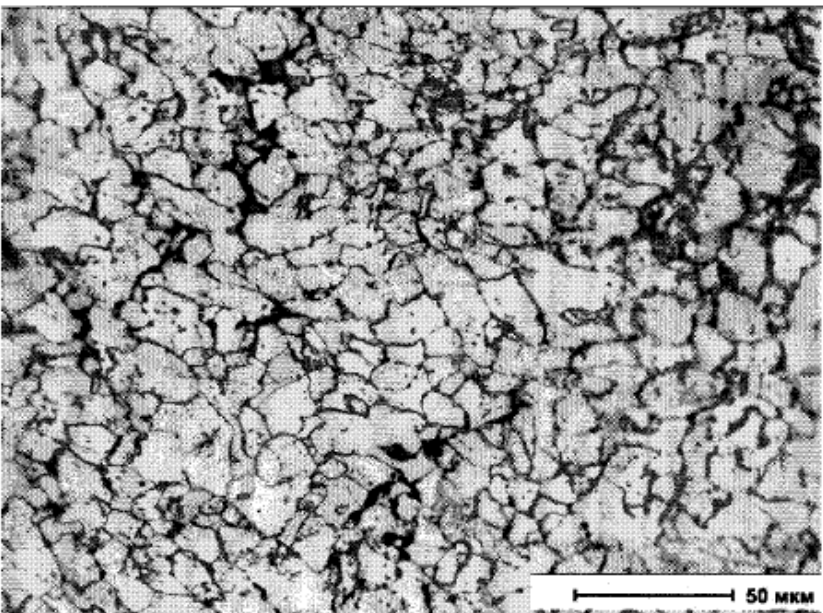
Шкала микроповреждённости металла зон разнородных сварных соединений из хромистых сталей марок Р91 (X10CrMoVNb9-1) или ДИ82 (10Х9МФБ) с перлитными сталями марок 15Х1М1Ф или 12Х1МФ при использовании перлитных сварочных материалов (09Х1МФ)

Стадия развития микроповреждённости (увеличение 500 крат)		Особенности микроповреж- дённости	Индекс стадии микроповреж- дённости
Участок сплавления МШ (09Х1МФ) и ЗТВ (Р91 или 10Х9МФБ)	Участок ЗТВ (15Х1М1Ф или 12Х1МФ)		



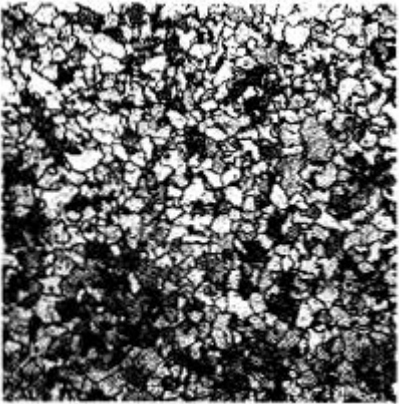
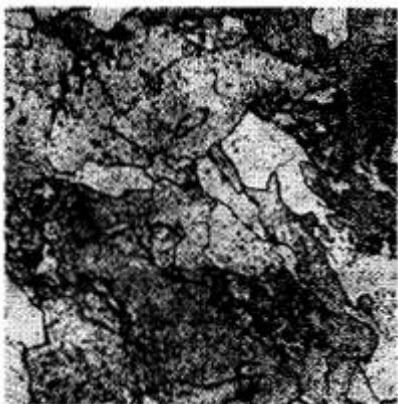
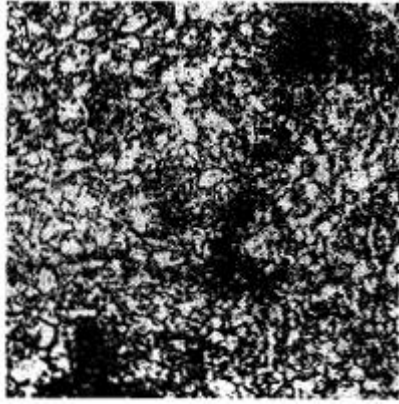
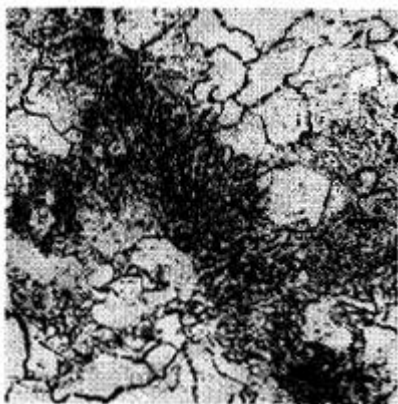
		Микровреж- дённость не выявляется	I
--	--	---	---

		<p>Единичные поры свыше 3 мкм, скопления пор</p>	<p>II</p>
--	--	--	-----------


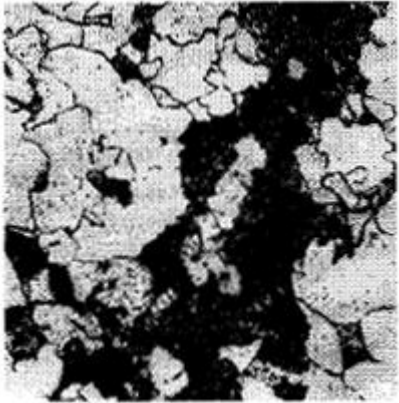
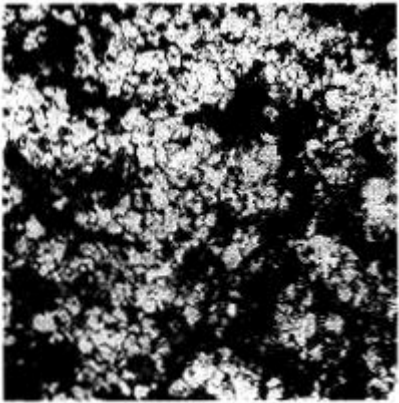
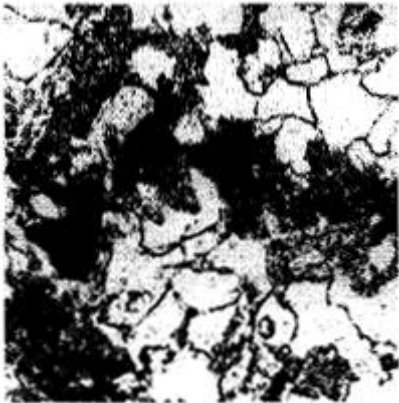
		Цепочки пор и/или микротрещины	III
---	--	--------------------------------------	-----

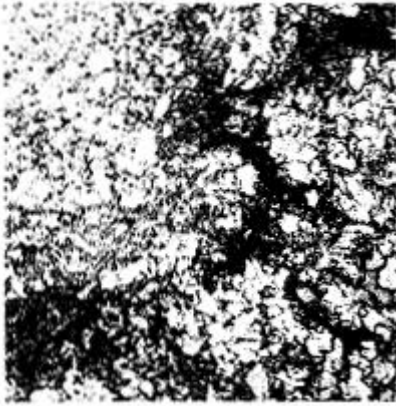
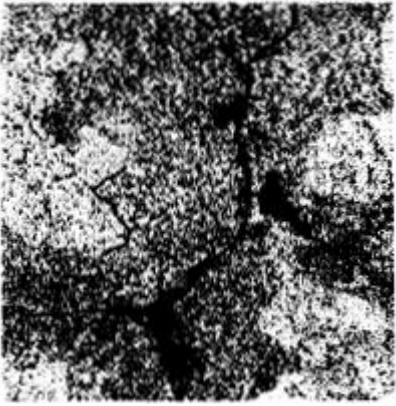
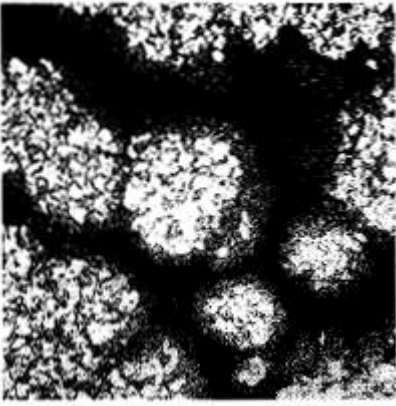
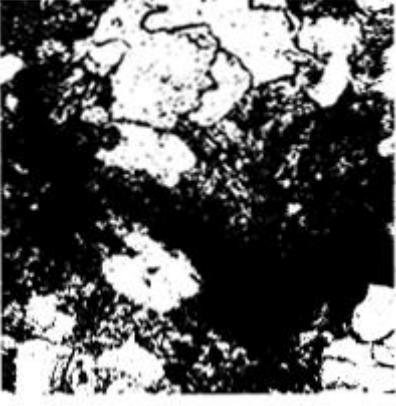
Приложение N 11  
к федеральным нормам и правилам  
в области промышленной безопасности  
"Правила осуществления эксплуатационного  
контроля металла и продления срока  
службы основных элементов котлов  
и трубопроводов тепловых электростанций",  
утвержденным приказом Федеральной  
службы по экологическому, технологическому  
и атомному надзору  
от 15 декабря 2020 года N 535

Шкала ликвационных микроструктур металла центробежнолитых труб из стали 15X1M1Ф (при 100 и 500-кратном увеличении микроскопа)

Структурное состояние		Морфологические	Показатель
x100	x500	особенности строения и микровреждённости ликвационных зон	балла микро-ликвационной неоднородности
		Феррито-бейнитная основная структура без ликвационных прослоек	I
		Слабо выраженные ликвационные прослойки, занимающие незначительную часть границ дендридных зерен, без дефектов типа несплошностей	II



		Четко выраженные ликвационные прослойки, занимающие около половины границ дендритных зерен, без дефектов типа несплошностей	III
		Четко выраженные ликвационные прослойки, занимающие более половины границ дендритных зерен, с дефектами типа пор технологического происхождения	IV (a)

		<p>Четко выраженные ликвационные прослойки, занимающие более половины границ дендритных зерен, с дефектами типа микротрещин технологического происхождения</p>	<p><b>IV (6)</b></p>
		<p>Четко выраженные ликвационные прослойки, занимающие более половины границ дендритных зерен, с локализацией разветвленной системы микротрещин технологического происхождения</p>	<p><b>V</b></p>