Технический комитет по стандартизации "Трубопроводная арматура и сильфоны" (ТК 259)

Закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма
«Центральное конструкторское бюро арматуростроения»

ЦКБА

СТАНДАРТ ЦКБА

СТ ЦКБА 049-2009

Арматура трубопроводная

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ

Санкт-Петербург

2009

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Закрытым акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (ЗАО «НПФ «ЦКБА»)

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом от 18 09.2009 № 43

3 СОГЛАСОВАН Технический комитет по стандартизации "Трубопроводная арматура и сильфоны" (ТК 259)

4 ВЗАМЕН РД РТМ 26-07-218-77 «Арматура трубопроводная. Методика определения вероятности безотказной работы трубопроводной арматуры по результатам анализа технологического процесса»

По вопросам заказа стандартов ЦКБА
обращаться в «НПФ «ЦКБА»
по телефонам (812) 458-72-04, 458-72-36, 458-72-43
195027, Россия, С-Петербург, пр. Шаумяна, 4, корп.1, лит.А, а/я-33
ckba121@ckba.ru

© ЗАО «НПФ «ЦКБА», 2009 г.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ЗАО «НПФ «ЦКБА»

Содержание

1 Область применения 4

2 Нормативные ссылки 4

3 Термины и определения 5

4 Основные положения 7

5 Программа работ 8

6 Методика выполнения работ 9

6.1 Анализ видов, последствий и критичности отказов арматуры (АВПКО) 9

6.2 Анализ конструкции изделия 9

6.3 Анализ технологического процесса изготовления 10

6.4 Анализ информации о браке 11

6.5 Расчет вероятности безотказной работы изделия по отношению к критическим отказам, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления 11

6.6 Сравнительный анализ требуемых показателей безотказности изделия и показателей безотказности, обеспечиваемых технологическим процессом изготовления 15

6.7 Оформление заключения по результатам оценки обеспечения технологическим процессом изготовления заданных требований к безотказности изделия . 16

Приложение А (рекомендуемое) Пример анализа видов, последствий и критичности отказов арматуры (АВПКО) 17

Приложение Б (рекомендуемое) Пример анализа возможных критических дефектов деталей и узлов изделия, проявляющихся после выполнения технологических операций 18

Приложение В (рекомендуемое) Пример оформления результатов анализа данных технического контроля о браке, допущенном при изготовлении и данных по результатам эксплуатации изделия ... 19

Приложение Г (рекомендуемое) Методика расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления 21

Приложение Д (рекомендуемое) Пример оформления результатов расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления 26

СТАНДАРТ ЦКБА

Арматура трубопроводная

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ

Дата введения: 01.01.2010

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на трубопроводную арматуру (в том числе ее узлы и детали, приводные устройства к ней) (далее - изделия), предназначенную для эксплуатации на опасных производственных объектах и определяет программу и методику оценки возможности обеспечения безотказности при изготовлении.

Настоящий стандарт применяется для подтверждения безотказности изделия после изготовления, когда ее подтверждение ресурсными испытаниями или в ходе эксплуатации экономически или технически нецелесообразно.

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон ФЗ-116 от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

ГОСТ 2.102-68 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 14.004-83 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения

ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения

ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения

ГОСТ Р 50779.11-2000 Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения

ГОСТ Р 52720-2007 Арматура трубопроводная. Термины и определения

РД 50-690-89 Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным

3 Термины и определения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 3.1109, ГОСТ 14.004, ГОСТ 27.002, ГОСТ 27.004, ГОСТ 15467, **ГОСТ Р 50779.10, ГОСТ Р 50779.11,** ГОСТ Р 52720, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **технологический процесс:** Часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и/или определению состояния предмета труда.

3.1.2 **маршрутно-операционное описание технологического процесса:** Сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения, с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

3.1.3 **установившаяся технология:** Технология, обеспечивающая стабильную повторяемость результатов технологического процесса.

3.1.4 **качество:** Совокупность свойств изделия, обусловливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

3.1.5 **надежность:** Свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

3.1.6 **безопасность:** Свойство изделия не причинять ущерба жизни и здоровью людей, окружающей среде, не наносить значительный экономический ущерб, как при нормальной

эксплуатации изделия, так и в случае возникновения отказа при внешних, по отношению к изделию, обстоятельствах возникновения опасности.

3.1.7 **отказ:** Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния изделия вследствие конструктивных нарушений при проектировании, несоблюдения установленного процесса производства или ремонта, невыполнения правил или инструкций по эксплуатации.

3.1.8 **предельное состояние:** Состояние изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

3.1.9 **предельное состояние по отношению к критическим отказам:** Состояние изделия, при котором дальнейшая его эксплуатация недопустима, в связи с возможностью наступления критического отказа.

3.1.10 **критический отказ:** Отказ изделия, возможными последствиями которого является причинение вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

3.1.11 **вероятность безотказной работы по отношению к критическим отказам:** вероятность того, что в пределах заданной наработки (назначенного срока службы, назначенного ресурса) критических отказов не возникнет.

3.1.12 **коэффициент оперативной готовности:** Вероятность того, что изделие окажется в рабочем состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение изделия по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени (ресурса).

3.1.13 **дефект:** Каждое отдельное несоответствие изделия установленным требованиям.

3.1.14 **дефект скрытый:** Дефект, для выявления которого в нормативной документации не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

3.1.15 **стандартный образец:** Образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

3.1.16 **опасный производственный объект:** По ФЗ-116 от 21.07.1997 г.

3.1.17 **схема:** Документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

3.1.18 **ведомость покупных изделий:** Документ, содержащий перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии.

3.1.19 **технический контроль:** Проверка соответствия изделия установленным техническим требованиям.

3.1.20 **операционный контроль:** Технический контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.

4 Основные положения

4.1 Требования к надежности и безопасности изделия задаются заказчиком изделия в «Общих (специальных) технических требованиях» (ОТТ, СТТ), техническом задании (ТЗ), устанавливаются разработчиком изделия в технических условиях (ТУ) и должны быть обеспечены изготовителем изделия.

4.2 Серийные изделия должны изготавливаться в соответствии с конструкторской документацией на основе отработанной конструкции по установившейся технологии.

4.3 На этапе изготовления надежность и безопасность изделия обеспечиваются:

– технологическими операциями изготовления (далее – технологические операции), применяемыми на предприятии-изготовителе;

– техническим контролем (далее – контрольные операции), в том числе системой входного контроля поступающих материалов, комплектующих изделий, и, в целом, системой менеджмента качества, действующей на предприятии-изготовителе.

4.4 Характеристики (показатели) надежности и безопасности могут подтверждаться:

– испытаниями на надежность, проводимыми в составе приемочных, квалификационных или периодических испытаний;

Примечание – Для подтверждения испытаниями высоких значений показателей безотказности требуется большое количество изделий, которые необходимо подвергнуть ресурсным испытаниям на рабочих параметрах, и/или большие объемы ресурсных испытаний, что экономически и технически не целесообразно.

– данными эксплуатационной статистики;

Примечание – Для подтверждения данными эксплуатационной статистики высоких значений показателей безотказности требуется длительный промежуток времени с момента изготовления изделий, что не позволяет определить безотказность изделия непосредственно в момент выпуска.

– результатами анализа действующих на предприятии технологических процессов (технологических операций изготовления и операций технического контроля) и системы качества, в части обеспечения ими требуемых показателей надежности и безопасности (далее – оценкой технологического процесса).

Примечание – Для подтверждения высоких значений показателей безотказности не требуется большого количество изделий, которые необходимо подвергнуть ресурсным испытаниям, больших объемов ресурсных испытаний и ожидания результатов эксплуатации изделий

4.5 Оценка технологического процесса основывается на анализе конструкции изделия, технологии его изготовления и анализе результатов эксплуатации изделий, ранее изготовленных предприятием с применением операций оцениваемого технологического процесса.

4.6 При анализе конструкции изделия выявляются узлы и детали, отказ которых в процессе эксплуатации может быть критическим, и устанавливаются возможные несоответствия требованиям конструкторской документации, которые могут послужить причиной критического отказа этих узлов и деталей.

4.7 Оценка технологического процесса осуществляется изготовителем или, по согласованию с ним, представителями заказчика, экспертной организацией или разработчиком изделия, имеющими необходимую квалификацию, знающими конструкцию изделия, технические условия на изделие, технологический процесс его изготовления.

4.8 В основу оценки обеспечения технологическим процессом требований к безотказности в настоящем стандарте положен анализ технологических операций, в процессе которых могут иметь место несоответствия (дефекты), приводящие к критическому отказу изделия, и контрольных операций, при выполнении которых эти несоответствия (дефекты) могут быть обнаружены.

В качестве основных причин появления несоответствий (дефектов) рассматриваются "сбои" в работе оборудования и ошибки, допущенные персоналом при выполнении технологических и контрольных операций.

5 Программа работ

5.1 Работы по оценке возможности обеспечения технологическим процессом изготовления заданных требований к безотказности изделия должны проводиться по программе, которая должна предусматривать:

1) анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО), исходя их условий эксплуатации изделия, с выделением критических отказов, вероятность не возникновения которых (вероятность безотказной работы изделия) должна обеспечиваться технологическим процессом предприятия-изготовителя. Анализ видов, последствий и критичности отказов проводится в соответствии с ГОСТ 27.310;

2) анализ конструкции изделия;

3) анализ технологического процесса с выделением технологических и контрольных операций, влияющих на возможное проявление несоответствий (дефектов) у изделия, являющихся причиной возникновения выделенных критических отказов;

4) анализ статистической информации о браке, в части несоответствий (дефектов), выявленном в процессе производства и по данным эксплуатационной статистики;

5) проведение расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления;

6) проведение сравнительного анализа заданных требований к показателям безотказности изделия и расчетных показателей безотказности, обеспечиваемых технологическим процессом изготовления;

7) выдача заключения по результатам работ с выводом о возможности обеспечения требований к безотказности изделий технологическим процессом изготовления и разработкой, при необходимости, рекомендаций по внесению необходимых изменений в технологический процесс и конструкцию изделия с целью повышения его безотказности.

6 Методика выполнения работ

6.1 Анализ видов, последствий и критичности отказов арматуры (АВПКО)

6.1.1 Перечень возможных отказов изделия, с выделением критических отказов, должен быть установлен в технических условиях и эксплуатационной документации на изделие. При его отсутствии, такой перечень должен быть установлен до проведения работ по АВПКО на основании анализа технической документации на изделие (технических условий, руководства по эксплуатации). Пример АВПКО арматуры приведен в приложении А.

6.1.2 Перечень критических отказов уточняется совместно с заказчиком изделия и/или проектантом системы, в составе которой предусматривается эксплуатация изделия, исходя из конкретных условий эксплуатации и возможных последствий отказа.

6.2 Анализ конструкции изделия

6.2.1 Цели анализа конструкции изделия:

– составление схемы безотказной работы изделия с выделением деталей и узлов, несоответствия (дефекты) которых могут привести к критическому отказу изделия;

– определение перечня технологических и контрольных операций необходимых для изготовления изделия.

6.2.2 Анализ проводится по конструкторской документации на изделие, перечень которой установлен ГОСТ 2.102. Анализу подвергаются:

– сборочные чертежи;

– чертежи деталей;

– спецификации;

– ведомость покупных изделий;

– технические условия;

– программа и методика испытаний;

– эксплуатационная документация (паспорт и руководство по эксплуатации).

6.3 Анализ технологического процесса изготовления

6.3.1 Анализу подвергается комплект документов технологического процесса изготовления изделия (маршрутно-операционное описание технологического процесса).

6.3.2 В целях анализа технологический процесс изготовления представляется обобщенной блок-схемой, основными элементами которой являются:

– входной контроль материалов и комплектующих (покупных изделий);

– операции изготовления и сборки;

– операции контроля;

– приемо-сдаточные испытания.

6.3.3 В результате анализа технологического процесса выделяются технологические и контрольные операции, ошибки в которых могут привести к несоответствиям (дефектам), вызывающим критические отказы при эксплуатации изделий.

К основным технологическим причинам таких несоответствий (дефектов) относятся:

а) перепутывание материалов;

б) несоответствие фактических свойств и состава материалов деталей и комплектующих свойствам, указанным в сертификатах;

в) ошибки при входном контроле материалов для основных деталей, сварочных материалов и комплектующих изделий;

г) нарушение режимов технологических процессов и операций;

д) ошибки при контроле металла основных деталей и сварных швов в процессе изготовления;

е) ошибки в геометрических размерах деталей и узлов, обеспечивающих их требуемую прочность и безотказное функционирование;

ж) скрытые дефекты деталей (материалов деталей) и сварных швов;

и) ошибки в сборке;

к) ошибки при проведении всех видов операционного контроля и испытаний;

л) потеря технологической точности оборудования.

6.3.4 Анализ технологических и контрольных операций должен проводиться за весь период их применения изготовителем, начиная с момента, после которого корректировка этих операций, в части режимов, оборудования и квалификации персонала, не проводилась.

6.3.5 Для вновь выпускаемых изделий, оценка технологических и контрольных операций задействованных в данном технологическом процессе, должна проводиться по результатам применения этих операций в других технологический процессах при соответствии режимов, оборудования и квалификации персонала при их выполнении.

6.3.6 В случае, когда количества изготовленных деталей для оценки технологической и контрольной операцией, в соответствии с 6.5.2.3 не достаточно, безотказность, обеспечиваемая технологическим процессом на этих операциях, должна определяться путем оценки применяемой контрольной операции, выполняемой на эталонных образцах, аналогично с 6.5.3.4.

6.3.7 Пример анализа возможных дефектов элементов и узлов изделия, приводящих к критическим отказам, проявляющихся после выполнения технологических операций приведен в приложении Б.

6.4 Анализ информации о браке

6.4.1 Анализу подвергается следующая информация о браке:

– рекламации потребителей;

– данные о возвратах отдела технического контроля (ОТК) по всем технологическим операциям изготовления и операциям контроля, ошибки в которых могут привести к несоответствиям (дефектам), вызывающим критические отказы;

– результаты приемо-сдаточных испытаний.

6.4.2 Информация о браке, перечисленная в 6.4.1, предоставляется ОТК предприятия–изготовителя изделия.

6.4.3 По результатам анализа информации о браке выделяются рекламации, связанные с критическим отказом изделия, и сведения о бракованных деталях (возврат ОТК), несоответствия (дефекты) которых могут вызывать критические отказы при эксплуатации изделия или привести к отрицательным результатам приемо-сдаточных испытаний.

Пример оформления результатов анализа данных технического контроля о браке, допущенном при изготовлении изделия, и данных по результатам эксплуатации приведен в приложении В.

6.5 Расчет вероятности безотказной работы изделия по отношению к критическим отказам, обеспечиваемой технологическим процессом

6.5.1 Общие положения

6.5.1.1 Расчет вероятности безотказной работы изделия по отношению к критическим отказам, обеспечиваемой технологическим процессом (далее – расчет), проводится по

результатам анализа технологического процесса изготовления изделия и информации о рекламациях.

6.5.1.2 В расчете учитываются критические отказы, возникновение которых связанно с несовершенством или нарушением установленного технологического процесса (производственные отказы).

При определении безотказности изделия в расчете не рассматриваются:

– отказы, возникшие по причинам, связанным с несовершенством или нарушением установленных правил и/или норм конструирования (конструктивные отказы), с несовершенством технологического процесса (технологические отказы), в случае принятия мер по их устранению, а так же отказы, возникшие по причинам, связанным с нарушением установленных правил и/или условий эксплуатации (эксплуатационные отказы);

– отказы, обусловленные естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости материала изделия при соблюдении всех установленных правил и/или норм проектирования, изготовления и эксплуатации (деградационные отказы), в период заданного ресурса (заданной наработки).

6.5.1.3 Безотказность изделия, обеспечиваемая при изготовлении (производственная безотказность), определяется вероятностью того, что изделие в течение заданного ресурса (заданной наработки) не откажет из-за нарушений, допущенных в процессе его изготовления.

6.5.1.4 Безотказность изделия, обеспечиваемая технологическим процессом изготовления ($P_И$) определяется безотказностью каждой детали изделия, обеспечиваемой при изготовлении, и рассчитывается по формуле:

$$P_И = \prod_{i=1}^{n} P_{Дi}, \qquad (1)$$

где: $P_{Дi}$ – безотказность каждой i–ой детали (узла, материала), обеспечиваемая технологическим процессом ее изготовления;

i – порядковый номер (индекс) детали (узла, материала), изготовление и контроль которых определяют безотказность, обеспечиваемую при исполнении технологического процесса, $i=1...n$;

n – количество деталей (узлов, материалов), изготовление и контроль которых определяют безотказность, обеспечиваемую при исполнении технологического процесса.

В расчете по формуле (1) предполагается, что отказы деталей рассматриваются как независимые события, и что отказ каждой рассматриваемой детали приводит к отказу изделия.

6.5.1.5 Безотказность детали, обеспечиваемая технологическим процессом изготовления, определяется безотказностью при исполнении каждой *j*-ой операции технологического процесса изготовления детали (технологической операции изготовления и контрольной операции после нее) (P_{oj}) и рассчитывается по формуле:

$$P_{Дi} = \prod_{j=1}^{m} P_{oj} \quad , \qquad (2)$$

где: *j* –порядковый номер (индекс) операции технологического процесса, $j = 1 \ldots m$;

m – количество операций технологического процесса.

В расчете по формуле (2) предполагается, что ошибки при выполнении операций технологического процесса изготовления деталей рассматриваются как независимые события, и что ошибка при выполнении каждой рассматриваемой операции может приводить к критическому дефекту детали.

6.5.1.6 Безотказность, обеспечиваемая при исполнении *j*-ой операции технологического процесса, определяется вероятностью того, что после *j*-ой технологической операции изготовления в изготовленной партии нет бракованных единиц, и вероятностью того, что после контроля *j*-ой операции изготовления бракованная деталь будет обнаружена ОТК, и рассчитывается по формуле:

$$P_{oj} = 1 - (1 - P_{nj})(1 - P_{kj}), \qquad (3)$$

где: P_{nj} - вероятность того, что после *j*-ой технологической операции изготовления, в изготовленной партии нет бракованных единиц (безотказность технологической операции);

P_{kj} - вероятность того, что после контроля *j*-ой операции изготовления, бракованная деталь будет обнаружена ОТК (безотказность контрольной операции)

6.5.1.7 Методика расчета вероятности безотказной работы изделия по отношению к критическим отказам, обеспечиваемой технологическим процессом, приведена в приложении Г.

6.5.2 Расчет безотказности, обеспечиваемой технологической операцией

6.5.2.1 Расчет безотказности, обеспечиваемой в результате выполнения технологической операции (P_{nj}), представляет собой расчет вероятности не возникновения несоответствий (дефектов) детали, узла или сборки (далее – детали) в изготовленной партии, приводящих к критическому отказу изделия (далее – критический дефект).

6.5.2.2 Расчет безотказности производится на основе анализа критических дефектов, приводящих к критическому отказу, обусловленных выполнением конкретно рассматриваемой технологической операции, по формуле:

$$P_{nj} = 1 - (N_{kj} + N_{pj}) / N_{izgj}, \qquad (4)$$

где: $N_{изгj}$ – общее количество деталей, обработанных исполнителем j-ой операции;

N_{kj} – количество деталей с критическим дефектом, обусловленным выполнением j-ой технологической операции и обнаруженным операцией контроля (техническим контролем) – брак по критическим дефектам;

N_{pj} – количество деталей с критическим дефектом, обусловленным выполнением j-ой технологической операции, не обнаруженным операцией контроля (техническим контролем) и обнаруженным при эксплуатации (количество деталей с критическим дефектом, возникшим в результате j-ой операции, указанным в рекламациях);

j – порядковый номер (индекс) технологической операции изготовления, $j = 1 \ldots m$;

m – количество технологических операций.

6.5.2.3 В случае отсутствия рекламаций и сведений об отбраковке изготавливавшихся на данной операции деталей по причине критических дефектов, обусловленных выполнением данной конкретно рассматриваемой технологической операции, оценка этой операции должна производиться с учетом доверительной вероятности и минимально необходимого количества деталей, в соответствие с РД 50-690-89, по формуле:

$$P_{nj} = e^{-ln(1-q)/Nизгj}, \qquad (5)$$

где: q – доверительная вероятность (для деталей арматуры, влияющих на возможность возникновения критического отказа q=0,95).

Необходимое количество изготовленных данной операцией деталей, при отсутствии рекламаций и сведений об отбраковке, для обеспечения вероятности P_{nj}, при q=0,95, приведено в Приложение Г.

6.5.3 Расчет безотказности, обеспечиваемой контрольной операцией

6.5.3.1 Безотказность, обеспечиваемая контрольной операцией, определяется как вероятность обнаружения в результате выполнении данной контрольной операции критических дефектов детали, узла или сборки, которые могут возникнуть при выполнении контролируемой технологической операции.

6.5.3.2 Расчет безотказности, обеспечиваемой контрольной операцией (P_{kj}), производится на основе анализа критических дефектов, обнаруженных в результате выполнения данной контрольной операции, последующих контрольных операций, а также анализа критических дефектов, указанных в поступивших актах рекламаций и обусловленных выполнением конкретно рассматриваемой технологической операции, по формуле:

$$P_{kj} = 1 - N_{pj}/(N_{kj} + N_{pj} + N_{nkj}), \qquad (6)$$

где: N_{kj} – количество деталей с критическим дефектом, обусловленным выполнением j-ой технологической операции и обнаруженным операцией контроля (техническим контролем) – обнаруженный брак по критическим дефектам;

N_{pj} – количество деталей с дефектом, обусловленным выполнением j-ой технологической операции, не обнаруженным операцией контроля (техническим контролем) и обнаруженным при эксплуатации (количество деталей с дефектом в результате j-ой технологической операции, указанным в рекламациях);

N_{nkj} – количество деталей с дефектом, обусловленным выполнением j-ой технологической операции, не обнаруженным данной операцией контроля и обнаруженным последующей операцией контроля;

j – порядковый номер технологической операции, после которой проводится контроль, $j = 1 \div m$;

m – количество технологических операций.

6.5.3.3 При наличии сведений по результатам технического контроля об отбраковке деталей с критическими несоответствиями (дефектами), обусловленными выполнением j-ой операции, при отсутствии рекламаций и сведений об отбраковке деталей при последующих операциях контроля, а также при условии, что имеются положительные результаты приемо-сдаточных испытаний ранее выпущенных изделий, в которых задействована данная деталь, принимается, что оценка безотказности, обеспечиваемая данной контрольной операцией, близка к единице.

6.5.3.4 В случае, когда по результатам технического контроля деталей с критическими несоответствиями (дефектами), обусловленными выполнением j-ой операции, не обнаружено, отсутствуют рекламации и сведения об отбраковке деталей при последующих операциях контроля, или количества деталей, в соответствии с 6.5.2.3 не достаточно, оценка контрольной операции должна производиться по стандартным образцам дефектных деталей, используемых при поверке контролирующего оборудования.

В этом случае формула (6) принимает вид:

$$P_{kj} = N_{kj} / N\text{э}_j, \qquad (7)$$

где: $N\text{э}_j$ – количество стандартных образцов дефектных деталей, использованных при поверке контролирующего оборудования.

6.6 Сравнительный анализ требуемых показателей безотказности изделия и показателей безотказности, обеспечиваемых технологическим процессом изготовления

6.6.1 Для оценки возможности обеспечения технологическим процессом заданных требований к показателям безотказности изделия проводится сравнительный анализ

требуемых показателей безотказности изделия и показателей безотказности, обеспечиваемых технологическим процессом изготовления изделия, полученных в результате расчета.

В случае, когда расчетное значение вероятности безотказной работы изделия (P_u) не менее значения вероятности безотказной работы, указанной в ТУ на изделие, безотказность изделия на этапе изготовления считается обеспеченной.

В случае, когда расчетное значение вероятности безотказной работы изделия (P_u) меньше значения вероятности безотказной работы, указанной в ТУ на изделие, безотказность изделия на этапе изготовления считается не обеспеченной, и изготовителю, в зависимости от результатов анализа причин возникновения несоответствий (дефектов), необходимо принять меры по совершенствованию конструкции изделия, технологических операций изготовления и (или) системы контроля.

6.6.2 Пример оформления результата расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления, приведен в приложении Д.

6.7 Оформление заключения по результатам оценки обеспечения технологическим процессом заданных требований к безотказности изделия

6.7.1 По результатам работ оформляется заключение, которое должно содержать:

– вводную часть, включающую основание для проведения оценки технологического процесса и сведения об организации, проводящей оценку технологического процесса;

– данные о заказчике;

– сведения о рассмотренных документах;

– анализ требований к показателям безотказности изделия, установленных в НД (ТУ);

– анализ операций технологического процесса, с расчетом показателей безотказности изделия, обеспечиваемых технологическим процессом;

– заключительную часть, с обоснованными выводами об обеспечении или не обеспечении технологическим процессом заданной безотказности изделия и, при необходимости, рекомендации по совершенствованию технологического процесса и конструкции изделия.

6.7.2 Рекомендации по совершенствованию технологического процесса, в случае проведения оценки сторонней организацией, должны быть согласованы с изготовителем Рекомендации по совершенствованию конструкции изделия должны быть согласованы с разработчиком изделия и, в случае проведения оценки сторонней организацией, с изготовителем.

Приложение А

(рекомендуемое)

Пример анализа видов, последствий и критичности отказов арматуры (АВПКО)

А.1 АВПКО на примере шиберной задвижки приведен в таблице А.1

Таблица А.1

№ п\п	Наименование отказа	Возможные последствия отказа	Вид отказа по тяжести последствий*
1	Невыполнение функции «Закрытие»	возникновение аварийной ситуации при разрыве трубопровода	**критический**
2	Невыполнение функции «Открытие»	задержка запуска системы	не критический
3	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, связанная с разрушением корпусных деталей	экологическое загрязнение окружающей среды, потери продукта	**критический**
4	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, связанная с течью, потением корпусных деталей	незначительный выход рабочей среды	не критический
5	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, связанная с разрушением неподвижного уплотнения «корпус-крышка»	экологическое загрязнение окружающей среды, потери продукта	**критический**
6	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, не связанная с разрушением неподвижного уплотнения «корпус-крышка»	незначительный выход рабочей среды	**не критический**
7	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, связанная с разрушением подвижного уплотнения по сальнику	экологическое загрязнение окружающей среды, потери продукта	**критический**
8	Потеря герметичности по отношению к внешней среде, не связанная с разрушением подвижного уплотнения по сальнику	незначительный выход рабочей среды	не критический
9	Потеря герметичности в затворе	ухудшение характеристик работы системы	не критический
* Вид отказа по тяжести последствий указывается в ТУ и руководстве по эксплуатации на основании требований заказчика арматуры, установленных в ОТТ, СТТ, техническом задании на проектирование, исходя из конкретных условий эксплуатации объекта на котором используется арматура			

Приложение Б

(рекомендуемое)

Пример анализа возможных критических дефектов деталей и узлов изделия, проявляющихся после выполнения технологических операций

Б.1 Пример анализа возможных дефектов и узлов изделия, приводящим к критическим отказам, приведен в таблице Б.1

Таблица Б.1

№ п\п	Вид критического отказа	Наименование отказавшей детали (узла)	Характер отказа (дефекта)	Технологическая причина отказа (дефекта) *	Операция техпроцесса, на которой может проявиться дефект
1	Невыполнение функции «Закрытие»	шток	разрыв	А	контрольная
				Б	термическая
				В	термическая
				Г	токарная, фрезерная
		шток– втулка резьбовая	срез резьбы	А	контрольная
				Б	термическая
				В	термическая
				Г	токарная
				Д	сборочная
			задир	А	контрольная
				Б	термическая
				В	термическая
				Д	сборочная
....					

* Обозначение технологических причин отказа:

А – перепутывание материала;

Б – несоответствие свойств материала свойствам, оговоренным в технической документации;

В – внутренние и наружные дефекты материала, превышающие допустимые (трещины, поры и др.);

Г – несоответствие размеров детали размерам, указанным в чертежах (сбой в работе оборудования);

Д – ошибки при сборке.

Приложение В
(рекомендуемое)
Пример оформления результатов анализа данных технического контроля о браке, допущенном при изготовлении и данных по результатам эксплуатации изделия

Таблица В.1

Наименование критического отказа	Наименование детали, отказ которой ведет к критическому отказу изделия	Характер отказа детали	Технологическая причина отказа (дефекта)*	Операция техпроцесса, на которой может проявиться дефект	Всего изготовлено	Всего, соответствующих требованиям НД	Забраковано			Возврат	Всего рекламаций	Безотказность детали, обеспечиваемая технологической операцией *Pnj*	Безотказность детали, обеспечиваемая контролем *Pкj*	Безотказность детали, обеспечиваемая техпроцессом *Poj (Pöj)*
							Всего	Контролем	Последующим контролем					
Невыполнение функции "закрытие"	Электропривод	Заедание шестерни эл.двигатель-редуктор		входной контроль	176	173	3	3				0,98	Близка к 1	Близка к 1
		...	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...
		Отказ электродвигателя		входной контроль	185	184	1	1				0,995	Близка к 1	Близка к 1
			Всего при входном контроле		185	173	12	8	1		1	0,94	0,80	0,987
	Шпиндель	Разрушение	А	контрольная			0					Близка к 1	Близка к 1	Близка к 1
			Б	термическая	187	186	0					Близка к 1	Близка к 1	Близка к 1
			В	термическая			0					Близка к 1	Близка к 1	Близка к 1
			Г	токарная	186	185	1	1				0,995	Близка к 1	Близка к 1
			Д	фрезерная	185	184	1				1	Близка к 1		
		...	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...
		Изгиб	В	входной контроль	200	196	3	2	1		1	0,98	0,50	0,99
			Г	токарная	195	193	2	1	1			0,99	0,50	0,995
			Д	сборочная	188	179	9	8			1	0,95	0,89	0,999
			Всего при изготовлении детали		200	179	16	12	2		3	0,80	0,71	0,94

Окончание таблицы В.1

Наименование критического отказа	Наименование детали, отказ которой ведет к критическому отказу изделия	Возможный отказ детали	Технологическая причина отказа (дефекта)*	Технологическая операция, на которой может проявиться дефект	Всего изготов-лено	Всего, соответствующих требованиям НД	Забраковано			Возврат	Всего рекламаций	Безотказность детали, обеспечиваемая технол. операц. *Pnj*	Безотказность детали, обеспечиваемая контролем *Pkj*	Безотказность детали, обеспечиваемая техпроцессом *Poj (Pòj)*
							Всего	Контролем	Последующим контролем					
	...	...	...		...	...	...	...	...		...	...	...	...
	Втулка резьбовая	Срез резьбы	А	контрольная	206	205	0					Близка к 1	Близка к 1	Близка к 1
			Б	термическая	210	208	2	1			1	0,990	0,50	0,995
			В	термическая	208	205	2	1			1	0,990	0,50	0,995
			Г	токарная	200	198	1	1				0,990	Близка к 1	Близка к 1
		...	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...
		Задир	А	контрольная	206	206	1	1				0,990	Близка к 1	Близка к 1
			Б	термическая	208	204	2	2				0,990	Близка к 1	Близка к 1
			В	термическая	196	196	0					Близка к 1	Близка к 1	Близка к 1
			Всего при изготовлении детали		210	196	8	6	-		2	0,960	0,750	0,99
	.....	....	....	....	....	....	....	....	....		....	....	....	....

Примечание – А – перепутывание материалов;
Б – несоответствие свойств материалов;
В – скрытые дефекты;
Г – нарушение геометрических размеров (сбой в работе оборудования);
Д – ошибки в сборке.

Приложение Г

(рекомендуемое)

Методика расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления

Г.1 Общие положения

Г.1.1 В общем случае вероятность безотказной работы изделия Р определяется по формуле:

$$P = P_к \cdot P_э \cdot P_т \cdot P_и , \qquad (Г.1)$$

где: $P_к$ – вероятность того, что изделие, изготовленное в строгом соответствии с требованиями чертежа, при $P_э \rightarrow$ (стремящимся к) 1, $P_т \rightarrow 1$, $P_и \rightarrow 1$ выполнит поставленную задачу с учетом допускаемых несоответствий (дефектов);

$P_э$ – вероятность того, что изделие, изготовленное в строгом соответствии с требованиями чертежа, при $P_к \rightarrow 1$, $P_т \rightarrow 1$, $P_и \rightarrow 1$ выполнит поставленную задачу в заданных условиях эксплуатации;

$P_т$ – вероятность того, что изделие, изготовленное в строгом соответствии с установленным технологическим процессом, при $P_к \rightarrow 1$, $P_э \rightarrow 1$, $P_и \rightarrow 1$, не откажет;

$P_и$ - вероятность того, что при $P_к \rightarrow 1$, $P_э \rightarrow 1$, $P_т \rightarrow 1$, изделие в течение заданного ресурса (заданной наработки) не откажет из-за нарушений, допущенных в процессе его изготовления и не обнаруженных контролем (далее – вероятность безотказной работы изделия, обеспечиваемая технологическим процессом).

Г.1.2 В настоящем расчете рассматриваются только производственные критические отказы, имеющие место вследствие критических дефектов, возникших в процессе изготовления изделия.

Г.2 Цель расчета

Г.2.1 Целью расчета является подтверждение возможности обеспечения на этапе изготовления изделия вероятности безотказной работы (безотказности) по отношению к критическим отказам, требуемой ТУ на изделие.

Г.3 Задача расчета

Г.3.1 Задачей расчета является определение ($P_и$) – вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом.

Г.4 Допущения, принимаемые в расчете

Г.4.1 В данном расчете приняты следующие допущения:

1) $P_к \to 1$, т.е. конструкция изделия отработана;

2) $P_т \to 1$, т.е. изделие изготавливается по отработанной, установившейся технологии;

3) $P_э \to 1$, т.е. эксплуатация осуществляется в соответствии с требованиями эксплуатационной технической документации;

4) при $P_к \to 1$, $P_э \to 1$, $P_т \to 1$ безотказность изделия по отношению к критическим отказам есть вероятность исполнения технологического процесса $P = P_и$.

5) $P_и$ отличается от единицы в том случае, если возможны нарушения в технологических операциях и эффективность контроля меньше единицы.

6) нарушения технологического процесса могут быть только случайными;

7) несоответствия (дефекты) изготовления возникают вследствие нарушений технологического процесса;

8) используемые в производстве материалы и комплектующие могут иметь дефекты;

9) рассматриваются только дефекты, приводящие к критическому отказу изделия (критические дефекты);

10) изделие (деталь) выполнено без явно обнаруживаемых производственных дефектов, и работоспособность изделия подтверждена соответствующими испытаниями;

11) ошибки при выполнении операций технологического процесса изготовления деталей рассматриваются как независимые события, и ошибка при выполнении каждой рассматриваемой операции может приводить к критическому дефекту детали;

12) отказы деталей изделия рассматриваются как независимые события, и отказ каждой рассматриваемой детали приводит к отказу изделия;

13) допущенные при изготовлении критические дефекты, не обнаруженные контролером, приводят к критическому отказу изделия в течение заданного ресурса (заданной наработки), для которой в нормативной документации указана вероятность безотказной работы по отношению к критическому отказу. По факту такого отказа эксплуатирующей организацией оформляется и направляется изготовителю акт рекламации.

Г.5 Исходные данные

Г.5.1 Исходными данными для выполнения расчета являются:

1) маршрутно-операционное описание технологического процесса, с указанием выполняемых операций изготовления и операций контроля;

2) результаты входного контроля материалов и комплектующих, данные ОТК о дефектах, допущенных при изготовлении изделия, результаты приемо-сдаточных испытаний;

3) результаты анализа рекламаций, с указанием количества дефектов (брака) допущенного при изготовлении изделия и не обнаруженного ОТК;

4) результаты анализа дефектов, допущенных при выполнении операций технологического процесса, по их влиянию на возможные отказы изделия;

5) количество деталей (узлов) изделия, изготовленных за рассматриваемый период.

Г.6 Условные обозначения

Г.6.1 В расчете используются следующие обозначения:

$N_{изгj}$ – общее количество единиц, изготовленных исполнителем j-ой операции;

N_{kj} – количество единиц с дефектом, допущенным исполнителем j-ой операции, и не пропущенным контролером ОТК;

N_{pj} – количество единиц с дефектом, допущенным исполнителем j-ой технологической операции, пропущенным контролером ОТК и обнаруженным, после выпуска изделий (количество единиц с дефектом в результате j-ой операции, указанным акте возврата, в рекламациях);

$P_{Дi}$ – вероятность, того что после выполнения всех технологических и контрольных операций деталь изделия в течение заданного ресурса (заданной наработки) не откажет из-за нарушений, допущенных в процессе его изготовления и не обнаруженных контролем (безотказность, обеспечиваемая при исполнении технологического процесса изготовления детали изделия);

P_{nj} – вероятность того, что после j-ой операции изготовления, среди изготовленных изделий нет бракованных единиц (безотказность, обеспечиваемая после выполнении j-ой технологической операции);

P_{kj} – вероятность того, что после контроля результатов j-ой технологической операции бракованная (дефектная) деталь будет обнаружена ОТК (безотказность, обеспечиваемая контрольной операцией после j-ой технологической операции);

P_{oj} – безотказность, обеспечиваемая при исполнении *j*-ой операции технологического процесса (вероятность того, что после j-ой технологической операции изготовления и контроля после этой операции, деталь не откажет из-за ошибок, допущенных в ходе технологического процесса);

j –порядковый номер (индекс) операции технологического процесса, $j = 1...m$;

i –порядковый номер (индекс) детали (узла, материала), изготовление и контроль которых определяют безотказность при исполнении технологического процесса, $i=1...n$;

m – количество операций технологического процесса;

n – количество деталей (узлов, материалов), изготовление и контроль которых определяют безотказность при исполнении технологического процесса.

Г.7 Алгоритм расчета безотказности, обеспечиваемой технологическим процессом

Г.7.1 По маршрутно-операционной карте технологического процесса определяется количество операций технологического процесса изготовления (*m*) детали.

Г.7.2 Безотказность, обеспечиваемая при исполнении j-ой операции технологического процесса (*j*-ой технологической операции и контрольной операции после нее) (P_{oj}), определяется по формуле:

$$P_{oj} = 1 - (1 - P_{nj})(1 - P_{kj}), \qquad (Г.2)$$

Г.7.3 Вероятность того, что после j-ой технологической операции изготовления, среди изготовленных деталей нет бракованных единиц (P_{nj}), определяется по формуле:

$$P_{nj} = 1 - (N_{kj} + N_{pj}) / N_{изгj}, \qquad (Г.3)$$

Г.7.4 В случае отсутствия рекламаций (N_{pj}=0) и сведений об отбраковке (N_{kj}=0) изготавливавшихся на данной операции деталей по причине критических дефектов, обусловленных выполнением данной конкретно рассматриваемой технологической операции, ее оценка должна производиться с учетом доверительной вероятности и минимально необходимого для оценки количества деталей, в соответствие с РД 50-690-89, по формуле:

$$P_{nj} = e^{-ln(1-q)/Nизгj}, \qquad (Г.4)$$

где: *q* – доверительная вероятность (для деталей, влияющих на возможность возникновения критического отказа *q*=0,95).

Необходимое количество изготовленных данной операцией деталей, при отсутствии рекламаций и сведений об отбраковке, для обеспечения вероятности $P_{пj}$, при q=0,95, приведено в таблице Г.1.

Таблица Г.1

Количество изготовленных данной операцией деталей, $N_{изгj}$	Значение подтверждаемой вероятности, $P_{пj}$
13	0,80
29	0,90
59	0,95
74	0,96
99	0,97
149	0,98
299	0,99
2999	0,999
29998	0,9999

Г.7.5 Вероятность того, что после контроля j-ой технологической операции, бракованная деталь будет обнаружена ОТК ($P_{кj}$), определяется по формуле:

$$P_{кj} = 1 - N_{рj}/(N_{kj} + N_{рj} + N_{пкj}), \quad (Г.5)$$

Г.7.6 Безотказность, обеспечиваемая при исполнении технологического процесса изготовления детали изделия ($P_{Дi}$), определяется по формуле:

$$P_{Дi} = \prod_{j=1}^{m} P_{oj}, \quad (Г.6)$$

Г.7.7 Безотказность, обеспечиваемая при исполнении технологического процесса изготовления изделия, определяется по формуле:

$$P_{И} = \prod_{i=1}^{n} P_{Дi} \quad (Г.7)$$

Г.7.8 При необходимости определения коэффициента оперативной готовности ($Кг$) для изделий, находящихся в режиме ожидания, он определяется исходя из количества циклов (T), для которых рассчитана вероятность безотказной работы изделия, по формуле:

$$Кг = \sqrt[T]{P_{И}}. \quad (Г.8)$$

Приложение Д

(рекомендуемое)

Пример оформления результатов расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления

Д.1 Пример оформления результатов расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления, приведен в таблице Д.1

Т а б л и ц а Д.1 – Результаты расчета вероятности безотказной работы изделия, обеспечиваемой технологическим процессом изготовления

Наименование детали	Безотказность, обеспечиваемая технологическим процессом изготовления ($P_{дi}$)	Безотказность, обеспечиваемая операциями технологического процесса (P_{oi})				
		токарная	фрезерная	термическая	сборочная	контрольная
Деталь 1 (покупная)	**0,983**	–	–	–	–	–
Деталь 2	**0,985**	0,995	0,995	–	–	0,995
Деталь 3	**0,985**	0,996	0,996	0,998	–	0,995
.....	.....	.....	.....	.....	...	.....
Сборка изделия	**0,9999**	–	–	–	0,9999	–
ИЗДЕЛИЕ:	$P_{и}$ **= 0,954**	0,991	0,991	0,998	0,9999	0,99

Д.2 На основании результатов данного расчета в Экспертном заключении указывается:

«Из результатов расчетов следует, что вероятность безотказной работы изделия по отношению к критическим отказам, обеспечиваемая технологическим процессом изготовления составляет величину **0,954.** Это значение удовлетворяет требованию по величине вероятности безотказной работы по отношению к критическим отказам – не менее **0,928,** заданной в ТУ на изделие.

ВЫВОД

Технологический процесс предприятия обеспечивает изготовление изделий с показателем безотказности - вероятностью безотказной работы, удовлетворяющим требованиям, установленным в ТУ на данное изделие.»

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА» Дыдычкин В.П.

Первый заместитель генерального директора –
директор по научной работе Тарасьев Ю.И.

Заместитель генерального директора –
главный конструктор Ширяев В.В.

Заместитель директора –
начальник технического отдела Дунаевский С.Н.

Исполнители:

Руководитель подразделения
разработчика Доможиров В.Т.

Начальник отдела 152 Токмаков О.А.

Согласовано:
Председатель ТК 259 Власов М.И.

Заместитель начальника 1024 ВП МО РФ Хапин А.А

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подп	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА»
_____ В.П. Дыдычкин
«31» 10. 2012 г.

Изменение №1

СТ ЦКБА 049– 2009 «Арматура трубопроводная. Обеспечение безотказности при изготовлении»

Утверждено и введено в действие Приказом от «31» 10. 2012 г. № 61

Дата введения 01.01.2013 г.

Листы 4, 5 заменить листами 4, 5 с изм. «1».

Приложение: листы 4, 5.

Примечание – Откорректированы ссылки на нормативные документы.

Заместитель генерального директора-
директор по научной работе — Ю. И. Тарасьев

Заместитель директора
по научной работе — С. Н. Дунаевский

Заместитель директора
по научной работе — О.А.Токмаков

Начальник. отдела промышленной безо-
пасности и физико-механич. исследований
арматуры объектов поднадзорных
Ростехнадзору и МР России — П.Г.Генкин

Разработал:
Инженер технического отдела — Е.А.Смирнова

СОГЛАСОВАНО
Председатель ТК 259 — М. И. Власов

gost.e-ecolog.ru