ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57445— 2017

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Общие требования к методам определения ресурса

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Институт машиноведения Российской академии наук» (ИМАШ РАН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 45 «Железнодорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 апреля 2017 г. № 282-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Стандартинформ, 2017

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения . . . 2
3.1 Ресурс . . . 2
3.2 Определение состояния объектов . . . 2
3.3 Обозначения и сокращения . . . 3
4 Основные положения . . . 5
5 Требования к реализации методов определения ресурса . . . 6
6 Порядок определения ресурса . . . 7
7 Определение ресурса на стадиях жизненного цикла . . . 8
8 Категорирование железнодорожных технических средств при определении ресурса . . . 10
9 Требования к методам определения ресурса . . . 11
10 Характеристики конструкционных материалов при определении ресурса . . . 15
11 Показатели ресурса по критериям прочности . . . 15
12 Показатели ресурса по критериям живучести . . . 16
13 Показатели ресурса по критериям хладостойкости и термостойкости . . . 16
14 Принятие решений по результатам определения ресурса и сроков службы . . . 17
Приложение А (рекомендуемое) Общий алгоритм и методы определения ресурса . . . 19

Введение

Целью настоящего стандарта является формирование общих требований, предъявляемых к методам определения ресурса железнодорожных технических средств, для обеспечения возможности оценки и прогнозирования технического состояния объектов оборудования подвижного состава и объектов производственно-технологического комплекса железнодорожного транспорта.

В настоящем стандарте представлены новые подходы к расчетному, экспериментальному и расчетно-экспериментальному определению показателей ресурса железнодорожных технических средств на всех стадиях жизненного цикла с применением актуального опыта их использования в различных отраслях промышленности, в частности атомной, по назначению показателей ресурса.

Положения настоящего стандарта базируются на опыте проведения расчетов и экспериментов, а также статистических данных по назначению показателей ресурса подвижного состава железных дорог.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Общие требования к методам определения ресурса

Railway technical means. General requirements for methods of life time estimation

Дата введения — 2017—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на железнодорожные технические средства, включающие подвижной состав и его составные части, а также объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта, ее составные части и элементы, устанавливает общие требования к методам определения их ресурса на всех этапах жизненного цикла.

Настоящий стандарт не распространяется на микропроцессорные системы управления и их программное обеспечение, применяемые на железнодорожном транспорте или являющиеся составной частью железнодорожных технических средств.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 16504 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 23207 Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения

ГОСТ 28198 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство

ГОСТ 31539 Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения

ГОСТ 32192 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р 22.0.05 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения

ГОСТ Р 22.2.08 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность движения поездов. Термины и определения

ГОСТ Р 54461 Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Термины и определения

ГОСТ Р 55056 Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом

Издание официальное

утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, ГОСТ 16504, ГОСТ 23207, ГОСТ 31539, ГОСТ 32192, ГОСТ Р 22.0.05, ГОСТ Р 22.2.08, ГОСТ Р 54461, ГОСТ Р 55056, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Ресурс

3.1.1 **допускаемый ресурс:** Ресурс, устанавливаемый по предельному состоянию объекта с введением системы обоснованных запасов (прочности, долговечности, наработки).

Примечание — Под системой обоснованных запасов подразумеваются запасы, установленные в действующих нормативных документах, а также определяемые при расчетах ресурса на стадиях жизненного цикла объектов.

3.1.2 **допускаемый продленный ресурс:** Ресурс, устанавливаемый расчетом в момент определения технического состояния объекта с учетом установленных запасов при осуществлении мероприятий по изменению режимов эксплуатации, упрочнению или при проведении ремонтно-восстановительных работ.

3.1.3 **исходный ресурс:** Прогнозируемая наработка объекта до достижения предельного состояния, рассчитанная на стадии проектирования.

3.1.4 **исчерпанный ресурс:** Доля исходного ресурса, выработанного от начала изготовления до момента определения технического состояния объекта.

3.1.5 **индивидуальный ресурс:** Ресурс узлов и элементов, установленный расчетно-экспериментальным путем с учетом их фактического технического состояния и условий эксплуатации.

3.1.6 **парковый ресурс:** Средний ресурс элементов или объектов одной или нескольких серий, или однотипных по конструкции, исполнительным размерам, материалам, условиям эксплуатации и другим параметрам элементов или объектов, входящих в один парк.

3.1.7 **расчетный ресурс:** Наработка объекта, которую организация (разработчик и изготовитель) посредством расчетных и расчетно-экспериментальных методов оценивает для любой стадии жизненного цикла.

Примечание — Для разных объектов ресурс может быть выражен в различных единицах, например в часах или годах (для ПС и ОИ), километрах пробега (для ПС), а также в количестве тонно-километров транспортирования (для ПС и ОИ), включений и пусков (для энергетических систем и релейных устройств ПС и ОИ), циклов нагружения (для ПС и ОИ). Изготовитель может принять расчетный ресурс за назначенный, который при этом может отличаться от исходного.

3.1.8 **серийный ресурс:** Средний ресурс объектов данной серии (модели).

3.1.9 **эксплуатационный исчерпанный ресурс:** Ресурс, исчерпанный в процессе жизненного цикла с момента ввода объекта в эксплуатацию до момента определения технического состояния оборудования.

3.1.10 **эксплуатационный исчерпанный срок службы:** Срок службы, истекший в процессе жизненного цикла с момента ввода объекта в эксплуатацию до момента определения его технического состояния.

3.2 Определение состояния объектов

3.2.1 **базовый (критический) элемент:** Элемент сложной технической системы, отвечающий одному (или нескольким одновременно) из следующих критериев:

- выполняет несущую функцию в конструкции или основную требуемую потребителю функцию;
- является несменяемым;
- имеет наибольшее количество связей с другими элементами;
- имеет наибольшую стоимость замены элемента по отношению к стоимости сложной технической системы в целом.

3.2.2 **критическая зона элементов объектов:** Часть несущего элемента объекта, в которой в процессе изготовления и эксплуатации происходит наиболее интенсивное накопление повреждений, ведущих к отказам или нарушению безопасности объекта.

3.2.3 **критические размеры дефектов:** Размеры дефектов, приводящие к возникновению разрушений при эксплуатационных допускаемых воздействиях.

3.2.4 **некритический элемент:** Вспомогательный или несущий элемент объекта, повреждения, отказы и разрушения которого не приводят к нарушению безопасности объекта.

Примечание — В процессе эксплуатации некритические элементы объекта при выработке их ресурса или срока службы могут быть заменены новыми.

3.2.5 **натурный критический элемент:** Элемент (деталь, узел, компонент) объекта, на котором проводят натурные или стендовые испытания с целью определения исходного или остаточного ресурса.

3.2.6 **критический коэффициент интенсивности упругих напряжений:** Коэффициент, устанавливаемый экспериментально на образцах с трещинами или расчетом с учетом исходных механических свойств материала.

3.2.7 **проектная аварийная ситуация:** Обстановка при эксплуатации, предусмотренная в проекте и обусловленная сочетанием условий эксплуатации и состояния объекта при переходе допускаемых повреждений в аварию.

3.2.8 **запроектная аварийная ситуация:** Ситуация, вызываемая не учитываемыми для проектных аварийных ситуаций исходными событиями и приводящая к тяжелым последствиям.

3.2.9 **гипотетическая аварийная ситуация:** Аварийная ситуация, которая может возникать при непредсказанных заранее вариантах и сценариях развития с максимально возможными размером ущерба и количеством жертв.

Примечание — Гипотетические аварийные ситуации относят к числу запроектных аварийных ситуаций; они характеризуются весьма малой вероятностью такого события и значительными последствиями. При гипотетической аварийной ситуации объекты прямому восстановлению не подлежат; возможности аварийной диагностики и мониторинга сводятся к определению предвестников этих ситуаций и срабатыванию систем аварийного оповещения.

3.2.10 **усталостное разрушение:** Разрушение при циклическом нагружении с образованием и развитием трещины.

3.2.11 **квазистатическое разрушение:** Разрушение при циклическом нагружении с односторонним накоплением пластических деформаций.

3.2.12 **хрупкое разрушение**: Вид разрушения, при котором номинальные разрушающие напряжения меньше предела текучести и вязкая составляющая в изломе отсутствует.

3.2.13 **расчетная температура:** Температура объекта при заданных параметрах нагружения.

3.2.14 **критическая температура хрупкости:** Температура, при которой происходит резкое изменение характеристик разрушения (доли вязкой составляющей в изломе, ударной вязкости, разрушающих напряжений, скорости роста трещины, общих и локальных пластических деформаций в зоне разрушения).

3.2.15 **исходное состояние:** Техническое состояние объекта на стадии ввода в эксплуатацию.

3.2.16

техническое состояние объекта: Состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

[ГОСТ 20911—89, статья 2]

3.2.17 **живучесть:** Способность технического устройства, сооружения, средства или системы выполнять свои основные функции (в ограниченном объеме), несмотря на полученные повреждения или адаптируясь к новым условиям.

3.3 Обозначения и сокращения

τ — время (длительность, срок — ч);

$\tau_р$ — ресурс объекта (циклы, млн т брутто, в том числе ч);

$\tau^э$ — время эксплуатационных воздействий;

$\tau_{с.с}$ — срок службы объекта;

$\tau_{ж.ц}$ — время жизненного цикла;

$\tau_р^р$, $\tau_{с.с}^р$ — расчетные ресурс и срок службы;

$\tau_р^н$, $\tau_{с.с}^н$ — назначенные ресурс и срок службы;

τ_I— τ_{VI} — временные этапы жизненного цикла;

$\tau_{о.п}$ — время обоснования проекта;
$\tau_{п}$ — время проектирования;
$\tau_{с}$ — время строительства;
$\tau_{и}$ — время испытаний;
$\tau_{х}$ — время хранения;
$\tau_{в}$ — время ввода в эксплуатацию;
$\tau_{э}$ — время эксплуатации;
$\tau_{о}$ — время остановки (вывода из эксплуатации) эксплуатации;
$\tau_{у}$ — время утилизации;
$\tau_{р.с}$ — ресурс, исчерпанный в процессе строительства объекта;
$\tau_{р.и}$ — ресурс, исчерпанный при испытании объекта;
$\tau_{р.в}$ — ресурс, исчерпанный в процессе ввода в эксплуатацию;
$\tau_{р.э}$ — ресурс, исчерпанный в процессе эксплуатации;
$\tau_{р.о}$ — ресурс, исчерпанный при остановке (выводе из эксплуатации) объекта;
$\tau_{р.у}$ — ресурс, необходимый для утилизации объекта;
$\tau_{р}^{о}$, $\tau_{с.с}^{о}$ — остаточные ресурс и срок службы;
$\tau_{р}^{и}$, $\tau_{с.с}^{и}$ — исходные ресурс и срок службы;
$\tau_{р}^{э}$, $\tau_{с.с}^{э}$ — эксплуатационные исчерпанные ресурс и срок службы;
$\tau_{р}^{п}$, $\tau_{с.с}^{п}$ — продленные ресурс и срок службы;
$[\tau_{р}]$ — допускаемый ресурс;
$[\tau_{р}^{п}]$ — допускаемый продленный ресурс;
$n_{т.р}$ — запас по ресурсу;
$\tau_{р.инд}$ — индивидуальный ресурс (для данного рассматриваемого объекта);
$\tau_{р.сер}$ — серийный ресурс (для серии объектов);
$\tau_{р.пар}$ — парковый ресурс (для всего парка однотипных объектов);
$\tau_{рi}^{р}$ — расчетный ресурс для *i*-детали объекта;
$\tau_{рj}^{р}$ — расчетный ресурс для *j*-узла объекта;
$\tau_{рk}^{р}$ — расчетный ресурс для *k*-элемента объекта;
$\tau_{р}^{рк}$ — расчетный ресурс для критического элемента (детали, узлы, компоненты) объекта;
$\tau_{р\tau}^{р}$ — составляющая общего расчетного ресурса от длительных временных воздействий с учетом структурных изменений материала;
$\tau_{рt}^{р}$ — составляющая общего расчетного ресурса от температурных воздействий;
$\tau_{рN}^{р}$ — составляющая общего расчетного ресурса от циклических воздействий;
$\tau_{рtN}^{р}$ — составляющая общего расчетного ресурса от термовременных циклических воздействий;
$\tau_{\tau}^{э}$ — составляющая времени эксплуатационных воздействий от временных интервалов воздействий;
$\tau_{t}^{э}$ — составляющая времени эксплуатационных воздействий от температурных интервалов воздействий;
$\tau_{N}^{э}$ — составляющая времени эксплуатационных воздействий от циклических интервалов воздействий;
$\tau_{tN}^{э}$ — составляющая времени эксплуатационных воздействий от термовременных интервалов воздействий.
ПС — подвижной состав;
ОИ — объекты инфраструктуры;
ТЗ — техническое задание;
ТЭО — технико-экономическое обоснование;
ТУ — технические условия.

4 Основные положения

4.1 Методы определения ресурса включают:

- расчетные и экспериментальные методы с использованием подходов, основанных на применении специализированных методик, программных и технических средств, использованного оборудования, а также на обобщении опыта предшествующего нормирования и назначения ресурса;
- расчетно-экспериментальные методы в соответствии с нормами и правилами, основанные на сочетании (одновременном использовании) расчетных и экспериментальных методов;
- расчетно-экспериментальные методы с математическим и физическим моделированием.

Примечание — При применении математического моделирования объектов используемое программное техническое обеспечение должно быть аттестовано в установленном порядке;

- расчетно-экспериментальные методы в соответствии с нормами и правилами при возникновении запроектных аварийных ситуаций [4.6, перечисление б)];
- расчетные и расчетно-экспериментальные методы в соответствии с нормами и правилами при возникновении нарушений штатных условий [4.6, перечисление г)];
- расчетные методы с использованием подходов, основанных на обобщении опыта предшествующего нормирования и назначения ресурса при возникновении повреждений [4.6, перечисление д)].

4.2 Выбор методов определения ресурса ПС и ОИ (далее — объекты) обосновывают исходя из следующих факторов и принципов:

- критичности объектов и элементов для безопасности железнодорожного транспорта;
- экономических, трудовых и материальных затрат, направленных на обеспечение заданного ресурса.

4.3 При выборе методов определения ресурса предельное состояние устанавливают по параметрам и признакам, которые определяют техническое состояние объекта и его безопасную эксплуатацию.

4.4 При определении ресурса используют методы, базирующиеся на гипотезах линейного суммирования повреждений, с учетом полученных за время эксплуатации объекта повреждающих воздействий (механические, температурные, коррозионные и др.).

Для оценки доли повреждений от каждого повреждающего воздействия выбирают соответствующие методы расчета.

4.5 Выбор методов определения ресурса увязывают со стадиями жизненного цикла с учетом истории объекта. Для разрабатываемых и функционирующих объектов рассматривают следующие ситуации:

а) показатели ресурса (сроков службы) ранее не назначались и в технической документации отсутствуют;

б) ранее были назначены только сроки службы, и они не превышены к моменту принятия решений;

в) ранее были назначены сроки службы, и они превышены;

г) ранее были назначены расчетные сроки службы, и они превышены;

д) ранее расчетом или экспериментально был установлен допускаемый ресурс, и он не превышен;

е) ранее расчетом или экспериментально был установлен допускаемый ресурс, и он превышен.

4.6 При выборе методов определения ресурса необходимо классифицировать объекты по уровню опасности.

При этом разделяют:

а) гипотетические аварийные ситуации с особо крупным размером ущерба (в том числе национального масштаба) для человека, природы и техносферы;

б) запроектные аварийные и катастрофические ситуации с предельно высоким размером ущерба (регионального и отраслевого масштаба) для человека (операторов, пассажиров, населения), природы и техносферы;

в) проектные аварийные ситуации с повышенным размером ущерба (местного масштаба и регионального уровня железных дорог) для операторов и пассажиров, природной среды в зоне железных дорог и прилегающих объектов;

г) нарушения штатных условий функционирования с возникновением отказов на объектах;

д) устраняемые повреждения и отказы на ремонтируемых и заменяемых элементах объектов с ущербом, сопоставимым с их стоимостью;

е) повреждения и дефекты, возникающие за пределами нормативных величин, правил контроля и технической диагностики.

Примечание — Размер возможного ущерба определяет заказчик (или разработчик).

4.7 На основе предварительного анализа ресурса и сроков службы первоочередным является категорирование объектов по следующей структуре:

- объекты, отвечающие требованиям 4.5 [перечисления а), в), г)], подлежат остановке в эксплуатации до принятия соответствующих решений по их использованию;
- объекты, отвечающие требованиям 4.5 [перечисления б), д), е)], подлежат оценке их состояния для принятия решений о продлении срока эксплуатации или остановке с последующим его уточнением.

4.8 При выборе методов определения ресурса следует основываться на сочетании детерминированных и вероятностных подходов. Роль вероятностных подходов возрастает по мере отнесения:

- от оценок индивидуального ресурса к оценкам серийного ресурса;
- штатных ситуаций к проектным, запроектным и гипотетическим.

4.9 Ресурс технической системы определяют ресурсом ее базовых частей:

- по ресурсу — для объектов типа несущих конструкций подвижного состава, его силового и вспомогательного оборудования и объектов инфраструктуры;
- показателям безотказности — для составных частей и элементов объектов инфраструктуры и его подсистем (железнодорожная автоматика и телемеханика, железнодорожная электросвязь, железнодорожное энергоснабжение).

Примечание — Для подвижного состава – по ресурсным показателям (наработка, пробег).

4.10 При выборе методов определения ресурса сложной технической системы рекомендуется использовать алгоритм его определения, приведенный в приложении А.

4.11 Для определения показателей ресурса объекта с учетом положений 4.1—4.10 следует использовать сочетания:

- расчетной оценки исходного или остаточного ресурса с его экспериментальным подтверждением в процессе испытаний полномасштабных моделей или натурных критических элементов, узлов и деталей, близких к используемым в эксплуатации;
- данных натурных исследований эксплуатационной нагруженности и численного анализа состояний (напряженно-деформированных, предельных, предотказных, неработоспособных);
- результатов анализа эксплуатационных повреждений на серийных объектах.

5 Требования к реализации методов определения ресурса

5.1 Определение ресурса на всех стадиях жизненного цикла объекта по всему парку, сериям, партиям и конкретным объектам проводят расчетными и экспериментальными методами с использованием показателей ресурса базовых элементов объекта.

5.2 Определение ресурса проводят на базе анализа состояния функционирующих объектов с использованием и разработкой комплекса экспериментальных и расчетных процедур по определению на данной стадии жизненного цикла характеристик условий эксплуатации, основных механических свойств конструкционных материалов, напряженно-деформированных состояний, поврежденности и дефектности в критических зонах несущих элементов объектов с учетом проектирования на ранних стадиях разработки (до стадии рабочего проекта), изготовления и эксплуатации на основе действующей нормативной и технической документации, а также с применением новых методов и средств исследований, дающих более полную или более точную информацию о состоянии элементов объектов и показателях их ресурса.

5.3 Требования к реализации методов определения ресурса объекта входят в систему определяющих показателей для анализа, обоснования, нормирования и управления ресурсом (сроком службы) на всех стадиях жизненного цикла. Схема определения видов ресурса приведена на рисунке 1.

5.4 При реализации методов определения ресурса используют следующую исходную информацию:

а) внешние и внутренние эксплуатационные воздействия: весовые, механические, динамические, статические, климатические (ветровые, снеговые, сейсмические, температурные), коррозионные, электромагнитные, кавитационные и др.;

б) параметры конструктивных форм несущих элементов (размеры сечений, объемы, зоны концентрации, напряжений и деформаций);

в) технологические факторы (выбор конструкционных материалов, технологии изготовления, состояние технологической дефектности и остаточной напряженности);

г) напряженно-деформированное состояние и его изменение во времени;

д) характеристики деградации материалов в критических зонах;

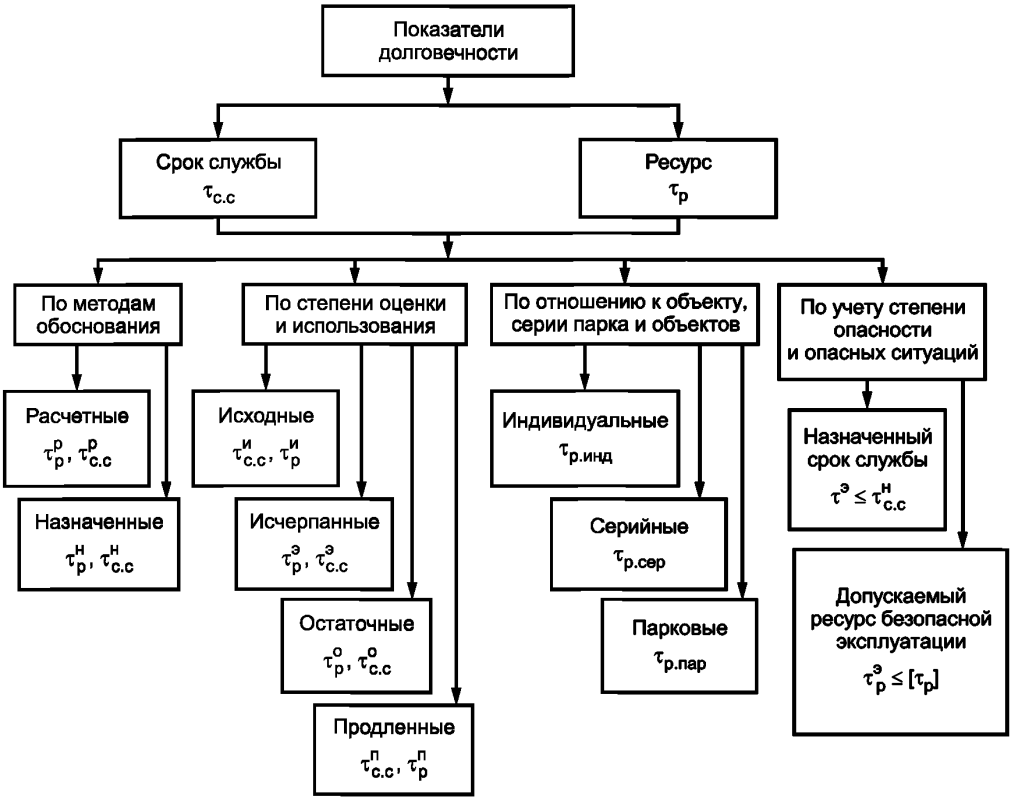


Рисунок 1 — Схема определения видов ресурса

е) характеристики развития дефектов и роста трещин;

ж) назначенные или обоснованные запасы по прочности, долговечности и трещиностойкости.

6 Порядок определения ресурса

6.1 При реализации схемы определения видов ресурса (срока службы) (см. рисунок 1) выполняют соответствующие этапы блок-схемы (см. рисунок 2).

6.2 В расчет ресурса вводят расчетные параметры, характеризующие:

- внешние и внутренние воздействия — по 5.4, перечисление а);
- конструктивные формы — по 5.4, перечисление б);
- технологические факторы — по 5.4, перечисление в);
- реакции несущих элементов на воздействия (в виде значений локальных напряжений, деформаций и других параметров, влияющих на ресурс).

6.3 По данным о расчетных параметрах согласно 6.2 строят временную историю эксплуатационного нагружения с выделением максимальных, минимальных и амплитудных значений локальных напряжений и деформаций и показателей, влияющих на ресурс, по 5.4, перечисление г).

6.4 Для полученной по 6.3 временной истории эксплуатационного нагружения оценивают деградацию конструкционных материалов и элементов (с оценкой уменьшения прочности и пластичности, размеров сечений несущих элементов конструкции за счет развития трещин, коррозии, эрозии, износа).

6.5 Данные по истории эксплуатационного нагружения и деградации конструкционных материалов и элементов вводят в расчетные уравнения для оценки накопления эксплуатационных повреждений и развития дефектов (типа трещин) с определением допускаемого ресурса при заданных коэффициентах запаса прочности.

6.6 Запасы по прочности, долговечности и живучести назначают или обосновывают расчетами, лабораторными и стендовыми испытаниями на основе нормативной и технической документации и опыта эксплуатации.



Рисунок 2 — Блок-схема определения ресурса

6.7 В результате расчета определяют допускаемый ресурс для рассматриваемой стадии жизненного цикла критических элементов (деталей, узлов и оборудования) объектов.

7 Определение ресурса на стадиях жизненного цикла

7.1 Ресурс определяют на всех этапах жизненного цикла объектов. На основе анализа полученных результатов осуществляют меры по обеспечению ресурса и его управлению.

Продолжительность жизненного цикла по всем этапам (n = I—VI, см. рисунок 3) рассчитывают по формуле

$$\tau_{ж.ц} = \sum_{n} \tau_n . \qquad (1)$$

I этап — постановка задач проекта и назначение исходного ресурса, технико-экономическое обоснование, разработка технического задания (с составляющей времени $\tau_{о.п}$);

II этап — рабочее проектирование (с составляющей времени $\tau_п$);

III этап — изготовление и строительство объектов (с составляющей времени $\tau_с$);

IV этап — испытания и опытная эксплуатация (с составляющей времени $\tau_и$, $\tau_в$);

V этап — эксплуатация (с составляющей времени $\tau_х$, $\tau_э$);

VI этап — вывод из эксплуатации и утилизация (с составляющей времени $\tau_о$, $\tau_у$).

7.2 Общая структура временных затрат приведена на рисунке 3.

Временные затраты устанавливают в зависимости от типа объектов и этапов I—VI жизненного цикла $\tau_{ж.ц}$.

Составляющие времени ориентировочно принимают:

- для этапов I—II

$$\tau_I + \tau_{II} \approx (0{,}10 \div 0{,}12)\, \tau_{ж.ц};$$

- для этапов III—IV

$$\tau_{III} + \tau_{IV} \approx (0{,}05 \div 0{,}10)\,\tau_{ж.\,ц};$$

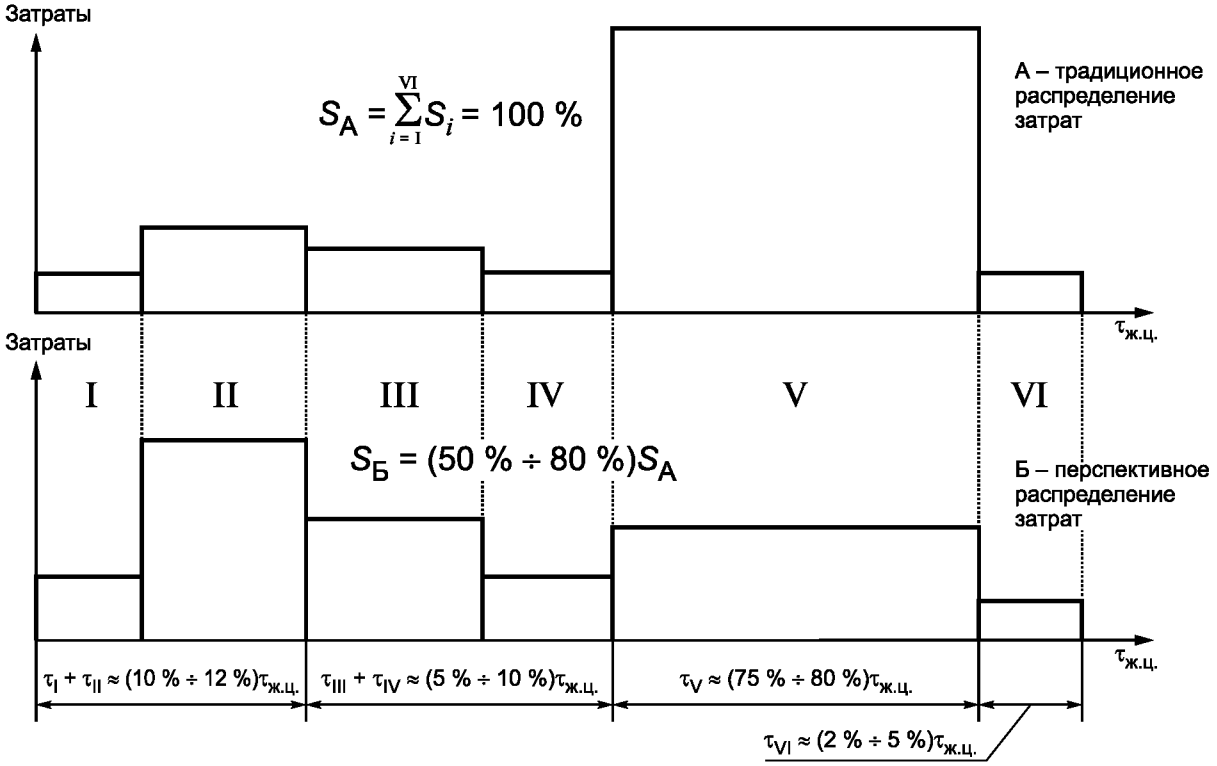
- для этапа V

$$\tau_{V} \approx (0{,}75 \div 0{,}80)\,\tau_{ж.\,ц};$$

- для этапа VI

$$\tau_{VI} \approx (0{,}02 \div 0{,}05)\,\tau_{ж.\,ц}.$$

Примечание — Затраты на анализ и обеспечение ресурса для варианта по рисунку 3 Б принимают на уровне от 0,05 до 0,08 от затрат на проектирование и создание объектов.



S_A — затраты при традиционном обеспечении ресурса по этапам жизненного цикла; $S_Б$ — затраты при перспективном обеспечении ресурса по этапам жизненного цикла; $\tau_{ж.ц}$ — протяженность жизненного цикла

Рисунок 3 — Относительное распределение затрат на анализ и обеспечение ресурса по этапам жизненного цикла

7.3 В соответствии с положениями настоящего стандарта и с учетом формулы (1), данных, приведенных на рисунках 1—3, для разрабатываемых и эксплуатируемых объектов в качестве исходных рассчитывают согласно:

$$\tau_{ж.ц} = \tau_{о.п} + \tau_{п} + \tau_{с} + \tau_{и} + \tau_{в} + \tau_{х} + \tau_{э} + \tau_{о} + \tau_{у}, \quad (2)$$

$$\tau_{с.с} = \tau_{в} + \tau_{х} + \tau_{э} + \tau_{о} + \tau_{у}, \quad (3)$$

$$\tau_{р} = \tau_{р.с} + \tau_{р.и} + \tau_{р.в} + \tau_{р.э} + \tau_{р.р} + \tau_{р.у}, \quad (4)$$

$$\tau_{р} \geq \tau_{р}^{р} \geq [\tau_{р}] \geq \tau_{р}, \quad (5)$$

$$\tau_{с.с}^{р} \geq \tau_{с.с}^{н}. \quad (6)$$

7.4 Для эксплуатируемых объектов на заданной стадии эксплуатации в качестве основных принимают согласно:

$$\tau^{р}_{с.с} = \tau^{э}_{с.с} + \tau^{о}_{с.с}, \quad (7)$$

$$\tau^{р}_{р} = \tau^{э}_{р} + \tau^{о}_{р} \geq [\tau_{р}] \geq \tau^{н}_{р}, \quad (8)$$

$$[\tau_{р}] \leq \tau^{р}_{р}/n_{\tau р}. \quad (9)$$

7.5 Величину продленного ресурса $\tau^{п}_{р}$ и срок службы $\tau^{п}_{с.с}$ определяют следующим образом:

$$\tau^{п}_{р} - \tau^{н}_{р} = \Delta\tau^{н}_{р} \leq \tau^{о}_{р}; \quad (10)$$

$$\tau^{п}_{с.с} - \tau^{н}_{с.с} = \Delta\tau^{п}_{с.с} \leq \tau^{о}_{с.с}. \quad (11)$$

7.6 Показатели ресурса для объекта и его элементов устанавливают по минимальному ресурсу критического элемента согласно

$$\tau^{р}_{р} \leq \tau^{рк}_{р} = \min \{ \tau^{р}_{рk}, \tau^{р}_{рj}, \tau^{р}_{рi} \}. \quad (12)$$

7.7 Для объекта, входящего в серию и в весь парк, при определении ресурса на каждой стадии жизненного цикла используют

$$\tau_{р.инд} \geq \tau_{р.сер} \geq \tau_{р.пар}. \quad (13)$$

8 Категорирование железнодорожных технических средств при определении ресурса

8.1 Из номенклатуры элементов железнодорожных технических средств объектов выделяют:

- критические и базовые элементы (детали), разрушения которых приводят к отказам, авариям и катастрофам с большим размером ущерба;
- потенциально опасные элементы (детали), повреждение которых приводит к конструкционным и эксплуатационным отказам в элементах, вызывающих переход объектов из работоспособного в неработоспособное состояние;
- повреждаемые элементы (детали), изменение состояния которых вследствие деградации и накопления дефектности и повреждаемости приводит к их переходу из исправного в неисправное состояние с постепенными отказами;
- необслуживаемые элементы, которые не являются источниками отказов и для которых не предусмотрены определение и назначение ресурса.

8.2 По ресурсу объекты и их элементы подразделяют на следующие группы:

- не восстанавливаемые после выработки расчетного и назначенного ресурса или после возникновения отказа;
- восстанавливаемые и обслуживаемые после выработки расчетного и назначенного ресурса или после возникновения отказа;
- ремонтируемые и обслуживаемые в процессе накопления повреждений и развития постепенных обнаруживаемых и регистрируемых отказов на заданных стадиях выработки расчетного и назначенного ресурса с целью поддержания работоспособного состояния;
- резервируемые, для которых рассчитан или назначен ресурс, составляющий заданную долю от расчетного или назначенного ресурса для объекта более высокого уровня по номенклатуре (элементы — объект в целом);
- неремонтируемые и необслуживаемые, для которых невозможно установить периодичность технического обслуживания.

9 Требования к методам определения ресурса

9.1 Для определения ресурса объектов используют:

а) расчетные подходы к формированию расчетных моделей, расчетных случаев, оценке напряженно-деформированных и предельных состояний;

б) экспериментальные подходы к определению параметров эксплуатационных воздействий локальных и общих напряженно-деформированных состояний, физико-механических свойств конструкционных материалов, состояния дефектов в металлах и изделиях;

в) комбинированные расчетно-экспериментальные подходы к обоснованию расчетных схем, напряженно-деформированных и предельных состояний с учетом информации, приведенной в перечислениях а) и б).

9.2 Расчетно-экспериментальное определение ресурса проводят для критических элементов объектов, испытывающих при эксплуатации действие статических, циклических, динамических, длительных механических, электрических, тепловых и других нагрузок.

Ресурс по сопротивлению усталости определяют для диапазона числа циклов от 10^0 (статическое нагружение) до 10^{10} (гигацикловое нагружение); ресурс по долговечности — для длительностей цикла от 10^{-5} до 10^6 ч.

9.3 Оценку состояния оборудования объектов для последующего определения ресурса несущих элементов оборудования объектов проводят экспериментальными и расчетными методами.

9.4 Для оценки состояния оборудования объектов разрушающими и неразрушающими методами должна быть использована следующая информация:

- характеристики механических свойств конструкционных материалов (предел текучести, условный предел текучести, предел прочности, предел выносливости, предел длительной прочности, относительное сужение в шейке при разрыве, сопротивление разрыву в шейке и др.) по результатам испытаний или по ТУ на материал;
- характеристики напряженно-деформированных состояний (теоретические коэффициенты концентрации напряжений, зоны и величины максимальных и минимальных напряжений и деформаций, зоны и величины максимальных и минимальных температур, количество и длительности циклов нагружения);
- характеристики дефектов (их размеры, форма, места расположения и ориентация).

9.5 Для определения характеристик механических свойств конструкционных материалов проводят испытания:

- на растяжение образцов и микрообразцов, вырезанных из характерных зон элементов оборудования (зоны концентрации напряжений, места изменения формы сечений), имеющих наибольшие накопленные повреждения;
- ударную вязкость образцов, вырезанных из характерных зон элементов оборудования;
- твердость и микротвердость характерных зон элементов оборудования;
- усталость образцов, вырезанных из характерных зон элементов оборудования и натурных деталей.

9.6 Для определения напряженно-деформированных состояний используют следующие методы:

а) аналитические (сопротивления материалов, теории упругости, пластичности, ползучести);

б) численные (методы конечных элементов, разностей, граничных интегральных уравнений);

в) экспериментальные:

1) толщинометрии (механические, оптические, ультразвуковые),
2) тензометрии (тензорезисторы, тензочувствительные покрытия, голография, интерферометрия),
3) термометрии (термопары, термосопротивления, термовидение, пирометры, термокраски),
4) виброметрии (акселерометры механические, оптические, электромеханические, лазерные, ультразвуковые виброметры);

г) комбинированные (с применением компьютерного моделирования элементов и результатов экспериментальных исследований).

9.7 Для выявления дефектов используют следующие методы дефектоскопии и дефектометрии:

- визуальные и оптические;
- ультразвуковые;
- рентгеновские и беттатронные;
- магнитные и магнитопорошковые;
- люминесцентные и жидкостные;

- акустические;
- акустоэмиссионные;
- термовизионные;
- голографические;
- электрофизические.

9.8 При определении ресурса общий расчетный ресурс $\tau_р^р$ представляют следующим образом:

$$\tau_р^р - (\tau_{р\tau}^р + \tau_{рt}^р + \tau_{рN}^р + \tau_{рtN}^р) \geq 0. \quad (14)$$

Для каждой из составляющих $\tau_р^р$ из общего времени повреждающих воздействий $\tau^э$ на этапах III—VI выделяют долю временных $\tau_\tau^э$, температурных $\tau_t^э$, циклических $\tau_N^э$ и термоциклических $\tau_{tN}^э$ интервалов воздействия.

Примечание — Повреждения от указанных воздействий могут существенно различаться, и при линейном суммировании времени в общем случае получается нелинейное суммирование повреждений (нелинейно зависящих от времени).

В этом случае используют два метода оценки ресурса:
- приближенный (по одному из ведущих механизмов повреждения, например по циклическому);
- уточненный (с учетом всех основных видов повреждения по разделам 4—9).

9.9 Для расчетной оценки ресурса $\tau_р^р$ общее время воздействий $\tau^э$ разбивают на следующие этапы:

- изготовление, монтаж, хранение, транспортирование, испытания и эксплуатация при нормальных условиях по ГОСТ 28198 (расчетный случай со временем $\tau_\tau^э$);
- испытания и эксплуатация при температурах в условиях, близких к изотермическим и квазистатическим (расчетный случай со временем $\tau_t^э$);
- испытания и эксплуатация при температурах в условиях, близких к изотермическим, но с циклическими воздействиями (расчетный случай со временем $\tau_N^э$);
- испытания и эксплуатация при переменных температурах и циклических нагрузках (расчетный случай со временем $\tau_{tN}^э$).

9.10 На основе этапов анализа жизненного цикла и стадий изготовления, монтажа, хранения, транспортирования, испытаний и эксплуатации объекта строят временну́ю историю нагружения с отражением базовых параметров основных видов нагрузок, температур, циклов. По этим данным устанавливают:

- интервалы воздействия $\tau_\tau^э$, $\tau_t^э$, $\tau_N^э$, $\tau_{tN}^э$ с учетом последовательности технологических и эксплуатационных воздействий;
- доли ресурса $\tau_{р\tau}^р$, $\tau_{рt}^р$, $\tau_{рN}^р$, $\tau_{рtN}^р$, отвечающие интервалам воздействий $\tau_\tau^э$, $\tau_t^э$, $\tau_N^э$, $\tau_{tN}^э$, которые являются базой для установления $\tau_р^р$.

Далее общий исходный ресурс $\tau_р^и$ устанавливают в соответствии с:

$$\tau_р^и = \tau_р^р. \quad (15)$$

9.11 Для стадии эксплуатации $\tau = \tau^э$ устанавливают следующие показатели расчетного ресурса:
- оценка общего исходного ресурса $\tau_р^и$ (по 9.10);
- исчерпанный расчетный эксплуатационный ресурс $\tau_р^э$ с учетом составляющих $\tau_{р.с}$, $\tau_{р.и}$, $\tau_{р.х}$, $\tau_{р.в}$, $\tau_{р.э}$ от начала изготовления до момента определения состояния элемента объекта;
- остаточный ресурс

$$\tau_р^о = \tau_р^и - \tau_р^э. \quad (16)$$

9.12 Определение ресурса проводят по данным расчетно-экспериментального анализа напряженно-деформированных и предельных состояний.

9.13 При отсутствии экспериментальных или расчетных данных о величинах местных напряжений и деформаций в зонах концентрации для данной расчетной схемы и расчетного случая вводят эффективные коэффициенты концентрации условных упругих напряжений, определяемые через приведенные теоретические коэффициенты концентрации напряжений, величины номинальных условных упругих напряжений с учетом показателя упрочнения материала в упругой и неупругой области.

9.14 При расчете ресурса для случаев упругих деформаций используют коэффициент чувствительности материала к концентрации напряжений, который не зависит от асимметрии цикла напряжений, равен его значению для симметричного цикла и зависит от отношения предела текучести к пределу прочности материала.

Если амплитудные или максимальные приведенные напряжения превышают предел текучести, то они должны быть определены по упругопластическому расчету.

9.15 Для определения номинальных и местных максимальных приведенных напряжений используют диаграмму статического (для однократного статического нагружения или исходного нулевого полуцикла) или циклического (для последующих полуциклов) деформирования. Значения амплитуд приведенных напряжений определяют по размахам напряжений циклов нагружения, составляющих последовательность режимов работы объекта при эксплуатации с использованием диаграмм циклического деформирования.

9.16 При численном или аналитическом расчете ресурса по характеристикам сопротивления циклическому нагружению, когда максимальные напряжения превышают предел текучести, определение величин приведенных напряжений по 9.12 проводят по компонентам деформаций, устанавливаемым экспериментально или упругопластическим расчетом. В этом случае определение амплитуд приведенных напряжений проводят экспериментально или расчетом по величинам деформаций, устанавливаемым по диаграмме циклического деформирования. При отсутствии диаграмм циклического упругопластического деформирования используют условную диаграмму циклического деформирования, получаемую расчетом по кривой статического растяжения при расчетной температуре и времени цикла.

9.17 Если приведенные местные условные упругие максимальные и амплитудные напряжения определены по данным расчетов аналитическими или численными методами или по данным испытаний модельной или натурной конструкции при эксплуатационных режимах нагружения, то концентрацию деформаций и напряжений в расчетах не учитывают, и расчет ресурса проводят по местным напряжениям.

9.18 Характеристики сопротивления статическому и циклическому нагружению устанавливают экспериментально или расчетом с учетом температурных зависимостей модуля упругости, пределов текучести, прочности, относительного сужения и предела выносливости.

9.19 Определение расчетного ресурса по величинам местных напряжений и деформаций, местных условных упругих приведенных напряжений в элементах оборудования объектов проводят по данным расчета истории эксплуатационного нагружения (в упругой или упругопластической постановке) для исходного и наиболее опасных сочетаний циклов и времени эксплуатации или по данным прямого измерения деформаций на моделях и на натурных конструкциях для заданных эксплуатационных нагрузок и температур. Для сложных историй эксплуатационного нагружения формируют блоки нагрузок и последовательность блоков, дающих наибольшие повреждения.

9.20 При определении ресурса учитывают:

- максимальные и амплитудные механические, электромагнитные, аэрогидродинамические нагрузки;
- температурные воздействия;
- вибрационные воздействия;
- радиационные воздействия;
- ударные (динамические) нагрузки;
- интенсивность воздействия нагрузок;
- сейсмические нагрузки.

9.21 При оценке ресурса учитывают количество циклов нагружения, температуры, асимметрии циклов деформаций (напряжений), нестационарность нагружения, остаточные напряжения, снижение пластичности при технологических и монтажных операциях, снижение пластичности за счет предварительного циклического нагружения и деформационного старения в процессе изготовления, хранения, транспортирования и эксплуатации, наличие сварных швов и наплавок, остаточные напряжения от сварки однородных и неоднородных материалов.

9.22 При определении величины компонентов напряжений и эквивалентных напряжений для оценки ресурса учитывают:

- напряжения от весовых и инерционных нагрузок;
- номинальные напряжения от действующих силовых факторов с учетом концентраций в зонах нерегулярностей и сосредоточенных нагрузок;
- дополнительные номинальные и местные напряжения от механических, ударных, вибрационных, сейсмических и электромагнитных нагрузок;
- температурные напряжения (номинальные, местные, изгибные), возникшие в результате неравномерного распределения температур или ввиду различия коэффициентов термического расширения.

9.23 Если на основные напряжения от механических, тепловых, электромагнитных и других нагрузок накладываются высокочастотные вибрационные напряжения (от механических, гидродинамических и аэродинамических вибраций и от местных температурных пульсаций потоков жидкостей и газов), то вибрационные напряжения учитывают:

- через суммарные напряжения и коэффициенты асимметрии цикла напряжений;
- расчетные поправочные коэффициенты снижения ресурса, зависящие от отношения частот и амплитуд от основных и вибрационных напряжений.

9.24 Остаточные пластические деформации (независимо от их направления) от технологических операций определяют на основании значений расчетных или экспериментально измеренных деформаций.

9.25 Накопленные за периоды изготовления, испытаний, хранения, транспортирования и эксплуатации повреждения учитывают через суммы отношений количества циклов нагружения к разрушающему количеству циклов с учетом изменения базовых расчетных характеристик механических свойств, устанавливаемые в процессе испытаний образцов или расчетным методом.

9.26 Учет накопления повреждений при нестационарных силовых, температурных, электромагнитных и других нагрузках для различных режимов проводят по правилу линейного суммирования повреждений в соответствии с 9.25.

9.27 В условиях, вызывающих старение, коррозионные, эрозионные и другие повреждения, значения характеристик механических свойств принимают с учетом влияния вышеперечисленных факторов (среда, время, температура), по экспериментальным данным для принятых в расчете эксплуатационных условий. При этом возможное, идущее в запас изменение пределов текучести, прочности и выносливости в приближенных расчетах не учитывают.

9.28 В уточненном расчете исходного, исчерпанного, остаточного и продленного ресурса базовых и критических элементов объекта учитывают следующие факторы и параметры:

- диапазон количества циклов эксплуатационного нагружения (от 10^0 до 10^{10});
- температура окружающей среды, температура рабочих процессов;
- время статических и циклических нагружений;
- статические, длительные и циклические свойства материалов;
- возможность образования технологических и эксплуатационных пластических деформаций;
- максимальные и амплитудные напряжения и деформации;
- концентрация напряжений и деформаций;
- асимметрия цикла напряжений и деформаций;
- диаграммы статического, длительного и циклического деформирования;
- накопленные повреждения от действия напряжений и деформаций;
- коррозионные воздействия;
- остаточные технологические и эксплуатационные напряжения и деформации;
- наложенные высокочастотные вибрационные пульсационные напряжения;
- наличие сварных соединений и термообработок;
- рассеяние характеристик механических свойств и условий нагружения;
- уточнение коэффициентов запаса прочности в зависимости от полноты исходной информации.

9.29 При уточненном расчете ресурса по 9.28 используют температурные, скоростные и временные зависимости для расчетных характеристик, а также влияние на них накапливаемых повреждений.

9.30 Исходными данными для оценки остаточного ресурса являются параметры и характеристики объекта, установленные в 9.12—9.29.

9.31 При уточненном расчете ресурса учитывают сочетания силовых и температурно-временных воздействий, отказов, повреждений от окружающей среды.

9.32 При уточненном расчете ресурса оборудования объекта по параметрам вероятности разрушения в расчетные уравнения вводят нормативные характеристики механических свойств. Если базо-

вые характеристики механических свойств определены экспериментально как средние на ограниченном числе образцов при оценке состояния данного оборудования объекта, то в расчетах ресурса используют характеристики этих свойств, зависящие от типа конструкционного материала и коэффициентов вариации свойств в соответствии со статистическими экспериментальными или справочными данными.

9.33 Для обеспечения работоспособности железнодорожных технических средств и обоснованного назначения показателей ресурса несущих элементов оборудования объекта в процессе эксплуатации осуществляют техническую диагностику и мониторинг состояния наиболее опасных дефектов (в виде трещин в зонах максимальной нагруженности этих несущих элементов).

10 Характеристики конструкционных материалов при определении ресурса

10.1 Конструкционными материалами несущих элементов объектов, на которые распространяется настоящий стандарт, являются:

- конструкционные стали и чугуны;
- цветные металлы и сплавы;
- полимерные, композиционные и керамические материалы;
- бетон, железобетон и деревянные материалы.

Для элементов оборудования объектов из полимерных, композиционных и керамических материалов используют положения настоящего стандарта в части методических подходов, но с учетом особенностей их поведения при деформировании, повреждении и разрушении.

10.2 В расчет ресурса вводят следующие характеристики конструкционных материалов:

а) стандартные:

1) характеристики прочности (модули упругости, коэффициенты Пуассона, пределы упругости, текучести, прочности, выносливости, длительной прочности, сопротивление разрыву), стандартные характеристики пластичности (относительное удлинение и сужение при разрушении),

2) характеристики ударной вязкости и твердости,

3) характеристики трещиностойкости (критические коэффициенты интенсивности напряжений);

б) нестандартные:

1) показатели и модули упрочнения в неупругой области,

2) деформации при разрушении,

3) критические температуры хрупкости,

4) показатели развития трещин при статическом, длительном и циклическом нагружении,

5) диаграммы деформирования (связь между напряжениями и деформациями).

11 Показатели ресурса по критериям прочности

11.1 Расчетные показатели ресурса по критериям прочности относят к двум расчетным случаям:

- ресурсные показатели критических элементов оборудования объектов, в которых при оценке состояния оборудования не заложены и не обнаружены дефекты, недопустимые при циклическом нагружении;
- расчетные характеристики критических элементов оборудования объектов, в которых на данной стадии жизненного цикла обнаружены недопустимые дефекты.

11.2 Для расчетных случаев согласно 11.1 расчетные показатели ресурса устанавливают:

- по предельным местным деформациям (напряжениям), соответствующим образованию трещин, для чисел циклов или времен, равных эксплуатационным;
- предельным числам циклов или временам, соответствующим образованию трещин, для деформаций (напряжений) от эксплуатационных воздействий.

11.3 Показатели ресурса устанавливают расчетным путем или по результатам испытаний моделей, натурных элементов или натурных конструкций при статическом, циклическом или длительном нагружении (с учетом конструктивных форм, материалов и технологии изготовления, числа циклов, температуры и времени нагружения в эксплуатации).

11.4 Уточненные характеристики ресурса элементов оборудования объектов устанавливают расчетом для заданных условий эксплуатации (количество циклов, асимметрия цикла, максимальная и минимальная температура) по критериям квазистатического и усталостного разрушения с учетом кинетики повреждений вследствие внешней и внутренней нестационарности процессов деформирования.

11.5 В качестве базовых характеристик расчетного ресурса для всех расчетных схем и расчетных случаев принимают:

- коэффициенты запаса прочности по деформациям (приведенным упругим напряжениям) и по долговечности (количеству циклов, времени);
- долговечность (количество циклов, времени) при выбранных запасах прочности.

12 Показатели ресурса по критериям живучести

12.1 Расчетные характеристики по критериям живучести для критических элементов оборудования объектов, в которых при оценке их состояния обнаружены или не обнаружены дефекты, относят к двум расчетным случаям:

а) в несущих элементах в их исходном состоянии допускаются дефекты, не выходящие за пределы значений допускаемых параметров;

б) в несущих элементах на стадии жизненного цикла (изготовление, испытания, транспортирование, эксплуатация) обнаружены дефекты за пределами значений допускаемых параметров.

12.2 Оценку ресурса с учетом исходных технологических и эксплуатационных дефектов проводят по следующим характеристикам:

- по критическим коэффициентам интенсивности напряжений (условных упругих напряжений или деформаций);
- критическим размерам дефектов.

12.3 В качестве исходных расчетных характеристик дефектов принимают дефекты (их размеры, расположение, ориентацию и форму), установленные в 12.1, перечисления а) и б).

12.4 За расчетные характеристики ресурса по параметрам живучести конструкции принимают:

а) коэффициенты интенсивности напряжений:

1) коэффициенты интенсивности упругих (или условных упругих) напряжений, устанавливаемые расчетом по уравнениям линейной и нелинейной механики разрушения,

2) критические коэффициенты интенсивности упругих (или условно упругих) напряжений, устанавливаемые экспериментально на образцах с трещинами или расчетом с учетом исходных механических свойств;

б) размеры трещин:

1) фактические размеры трещин, устанавливаемые дефектоскопическим контролем;

2) расчетные размеры трещин, назначенные с учетом допустимых по нормам и правилам контроля.

12.5 Расчетные характеристики живучести для оценки ресурса устанавливают с учетом роста трещин на стадиях изготовления, испытаний, хранения, транспортирования и эксплуатации под воздействием основных факторов статического, циклического и длительного нагружения.

Примечание — Под факторами длительного нагружения следует понимать: воздействие от внешних механических нагрузок, повышенной или пониженной температуры окружающей среды, воздействие агрессивных сред (влага, нефтепродукты, кислотные растворы и т. п.) за период жизненного цикла объекта.

12.6 В качестве базовых характеристик живучести принимают:

- коэффициенты запаса по живучести на заданный период (между плановыми техническими обслуживаниями и ремонтами);
- допускаемые размеры дефектов.

12.7 Уточненную оценку ресурса элементов объектов по характеристикам живучести (критическим температурам и коэффициентам интенсивности напряжений или деформаций) проводят расчетным путем в соответствии с 12.2—12.6, а также по результатам испытаний моделей, узлов или натурных элементов конструкций при режимах эксплуатационного нагружения (с учетом конструктивных форм изделий, материалов и технологии изготовления, числа циклов нагружения в эксплуатации, температуры и влияния среды).

13 Показатели ресурса по критериям хладостойкости и термостойкости

13.1 В число расчетных характеристик для несущих элементов объектов включают:

- критические температуры хрупкости для конструкционных материалов с выраженной склонностью перехода к хрупким разрушениям с понижением температур до предельно низких климатических или криогенных (в случаях использования сжиженных газов);
- число термоциклов или время нагружения с экстремальными перепадами высоких температур.

13.2 В качестве расчетных характеристик перехода объекта из вязких состояний в квазихрупкие выбирают первую критическую температуру, а из квазихрупких в хрупкие — вторую критическую температуру.

13.3 Показатели ресурса объекта в вязких, квазихрупких и хрупких состояниях определяют по критериям прочности и живучести.

13.4 В качестве базовых для определения и назначения ресурса по критериям хладостойкости принимают запасы:

- по критическим температурам;
- критериям прочности;
- критериям живучести.

13.5 Для несущих элементов объектов, исключающих перепады температур и термонапряжений, ресурсные характеристики устанавливают по изменению:

- состояний конструкционных материалов в зонах с резким перепадом температур;
- размеров и формы сечений несущих элементов за счет эксплуатационных и технологических воздействий.

14 Принятие решений по результатам определения ресурса и сроков службы

14.1 По результатам расчетного и расчетно-экспериментального определения параметров ресурса $\tau_p^p, [\tau_p], \tau_p^н$ и сроков службы $\tau_{с.с}^p, \tau_{с.с}^н$ для всех этапов и стадий жизненного цикла $\tau_{ж.ц}$ в соответствии с разделами 4—13 принимают решения:

- по приемлемости целей и задач создания объектов, технико-экономическому обоснованию и техническому заданию на этапе I жизненного цикла;
- основным позициям анализа ресурса и сроков службы и по возможности реализации предэскизного и рабочего проекта на этапе II жизненного цикла;
- обоснованию и использованию технологий изготовления несущих элементов объектов с целью обеспечения заданного ресурса, рекомендуемого ресурса и срока службы на этапе III;
- подтвержденности принятых в проекте показателей ресурса и сроков службы при испытаниях на этапе IV;
- поддержанию технического состояния объектов в пределах проектных и технологических решений в процессе эксплуатации на этапе V;
- назначению периодичности $\Delta\tau_p^o$ технической диагностики на остаточном ресурсе, с учетом фактического технического состояния;
- остановке эксплуатации и выводу из эксплуатации с последующей утилизацией на этапе VI.

14.2 В тех случаях, когда на этапах I, II не удается достичь заданных параметров ресурса и срока службы, принимают решение:

- о переработке технической документации до удовлетворения требований к ресурсу и сроку службы;
- об уменьшении допускаемого ресурса $[\tau_p]$ и назначенного срока службы $\tau_{с.с}^н$;
- о снижении технических параметров объекта.

14.3 Если на этапах III, IV не обеспечивают и не подтверждают заданные параметры ресурса и сроков службы, то проводят следующие мероприятия:

- усовершенствуют конструкционные материалы и дорабатывают технологии;
- принимают сниженные показатели ресурса и сроков службы;
- сокращают периоды обследования технического состояния критических элементов объектов;
- корректируют конструкторскую документацию.

14.4 Если в процессе эксплуатации на этапе V жизненного цикла по данным контроля, технической диагностики, мониторинга технического состояния и по расчетно-экспериментальной оценке ресурса (срока службы) заданные параметры по ресурсу для критических элементов не выполняются, то принимают решение о проведении одного или нескольких видов работ, а именно:

- останавливают эксплуатацию объектов, несущие элементы которых в критических зонах накопили предельные повреждения, получили недопустимые дефекты;
- проводят дополнительное уточненное диагностирование и уточненные расчеты ресурса;
- проводят ремонтно-восстановительные работы;
- оценивают остаточный ресурс;
- назначают продленный ресурс;

- снижают технические параметры (корректируют эксплуатационные, механические или динамические нагрузки).

14.5 Если с учетом данных по работам, указанным в 14.4, требования к значениям продленного ресурса не выполняются, то принимают решение о выводе объекта из эксплуатации и его утилизации.

14.6 Для некритических элементов объектов, для которых ресурс не был назначен ранее и в процессе эксплуатации не удается обеспечить показатели ресурса по разделам 10—13, возможно продолжение эксплуатации с оценкой причин отказов и отнесение объектов к обслуживаемым-необслуживаемым, ремонтируемым-неремонтируемым, восстанавливаемым-невосстанавливаемым.

14.7 Если в процессе эксплуатации для некритических элементов объектов указанные мероприятия не выполняются, то принимают следующие решения:

- поврежденные и отказавшие элементы заменяют на резервные;
- сокращают периоды промежуточных обследований;
- предусматривают восстановительные работы.

Приложение А
(рекомендуемое)

Общий алгоритм и методы определения ресурса

Общий алгоритм и методы определения ресурса приведены на рисунках А.1—А.12.

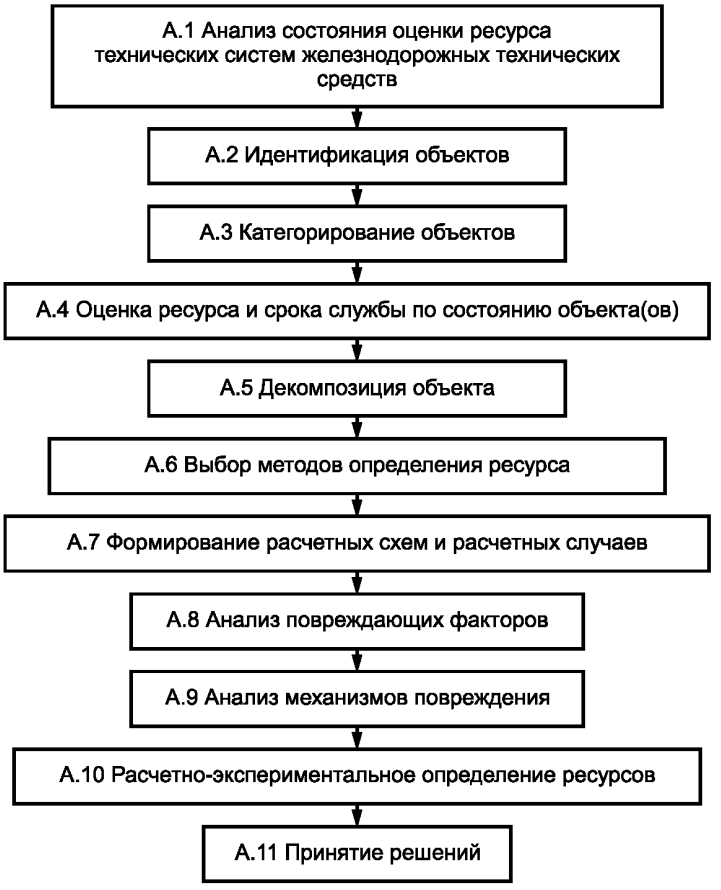


Рисунок А.1

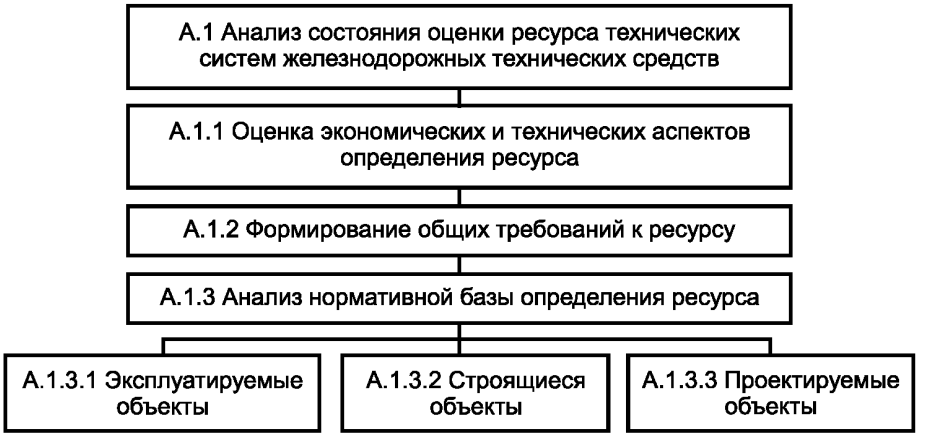


Рисунок А.2



Рисунок А.3

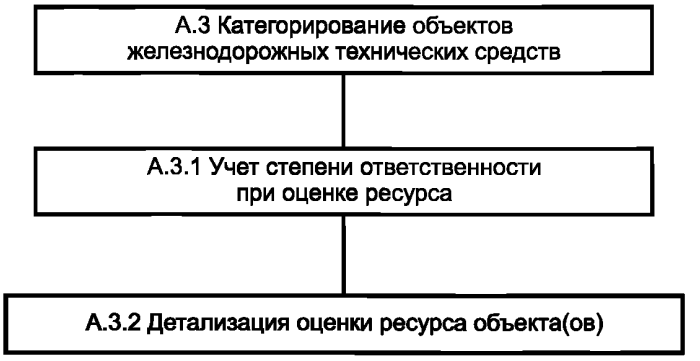


Рисунок А.4

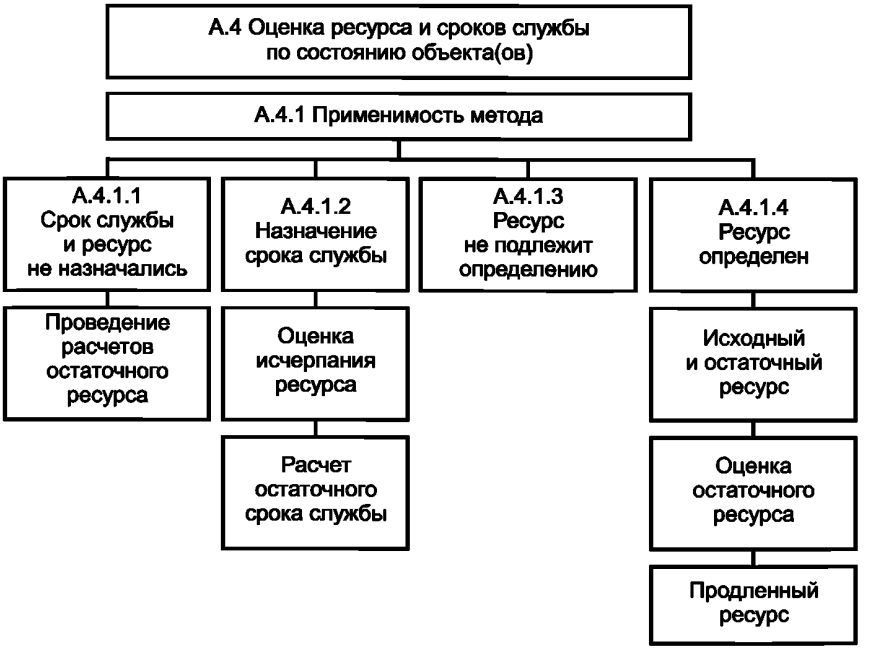


Рисунок А.5

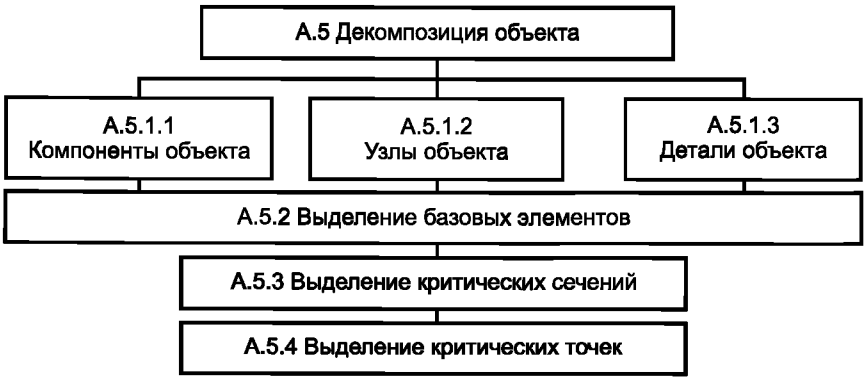


Рисунок А.6

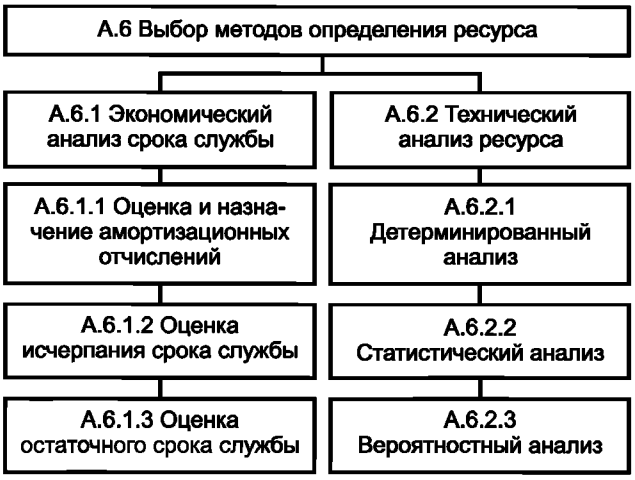


Рисунок А.7



Рисунок А.8

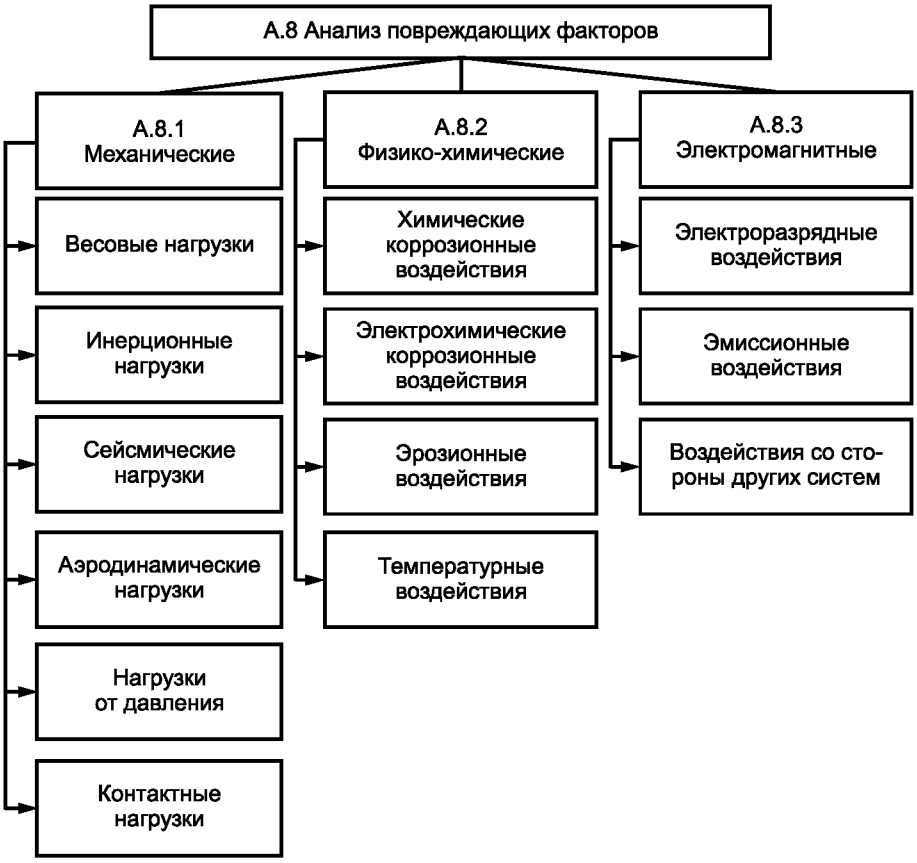


Рисунок А.9



Рисунок А.10

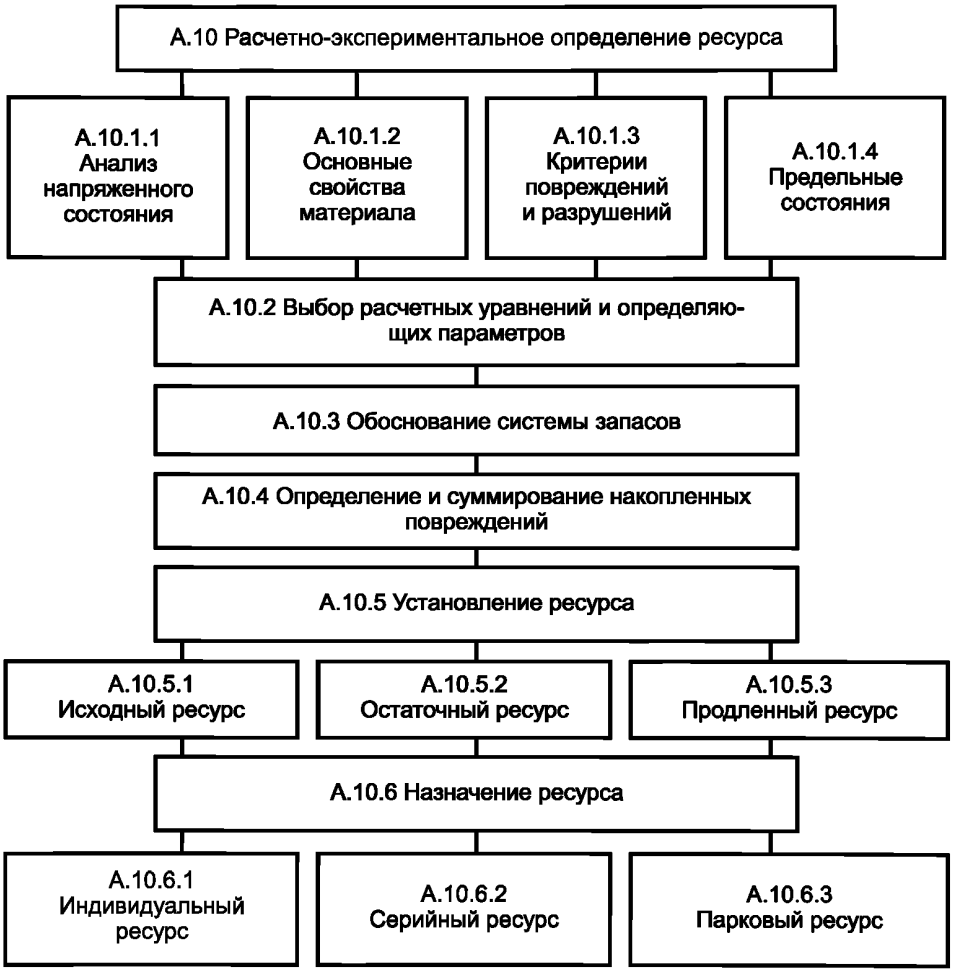

А.10 Расчетно-экспериментальное определение ресурса
А.10.1.1 Анализ напряженного состояния
А.10.1.2 Основные свойства материала
А.10.1.3 Критерии повреждений и разрушений
А.10.1.4 Предельные состояния
А.10.2 Выбор расчетных уравнений и определяющих параметров
А.10.3 Обоснование системы запасов
А.10.4 Определение и суммирование накопленных повреждений
А.10.5 Установление ресурса
А.10.5.1 Исходный ресурс
А.10.5.2 Остаточный ресурс
А.10.5.3 Продленный ресурс
А.10.6 Назначение ресурса
А.10.6.1 Индивидуальный ресурс
А.10.6.2 Серийный ресурс
А.10.6.3 Парковый ресурс

Рисунок А.11

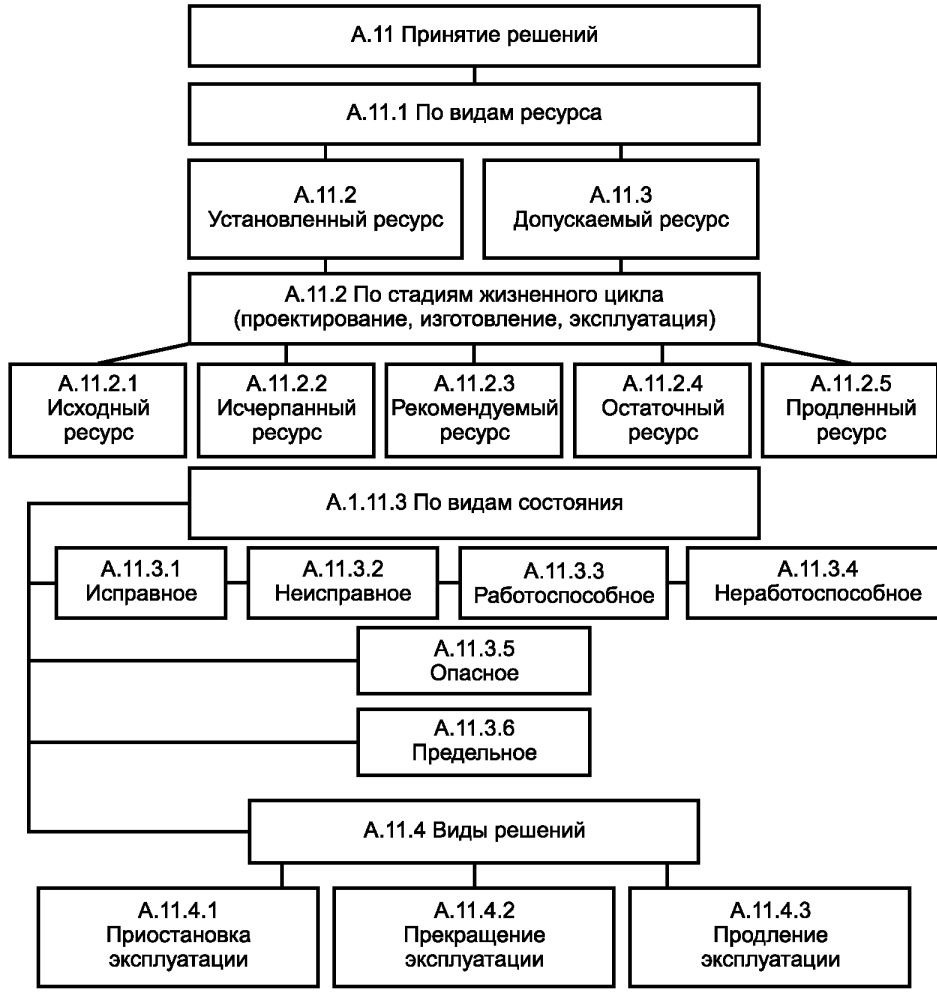

А.11 Принятие решений
А.11.1 По видам ресурса
А.11.2
Установленный ресурс
А.11.3
Допускаемый ресурс
А.11.2 По стадиям жизненного цикла
(проектирование, изготовление, эксплуатация)
А.11.2.1
Исходный
ресурс
А.11.2.2
Исчерпанный
ресурс
А.11.2.3
Рекомендуемый
ресурс
А.11.2.4
Остаточный
ресурс
А.11.2.5
Продленный
ресурс
А.1.11.3 По видам состояния
А.11.3.1
Исправное
А.11.3.2
Неисправное
А.11.3.3
Работоспособное
А.11.3.4
Неработоспособное
А.11.3.5
Опасное
А.11.3.6
Предельное
А.11.4 Виды решений
А.11.4.1
Приостановка
эксплуатации
А.11.4.2
Прекращение
эксплуатации
А.11.4.3
Продление
эксплуатации

Рисунок А.12

УДК 629.4.01.006.354 ОКС 45.020 ОКП 31 8000

Ключевые слова: технические средства, подвижной состав, объект инфраструктуры, методы определения, ресурс, критерии прочности, критерии живучести

БЗ 4—2017/13

Редактор *В.А. Сиволапов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 14.04.2017. Подписано в печать 02.05.2017. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,36. Тираж 30 экз. Зак. 716.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru