ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71153.2— 2024

СОЕДИНЕНИЯ КЛЕЕВЫЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Часть 2

Руководство по проектированию и проверке клеевых соединений для железнодорожного подвижного состава

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 045 «Железнодорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 января 2024 г. № 28-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Классификация клеевых соединений 4
5 Перечень требований 5
6 Выбор клеевой системы 5
7 Разработка, проектирование деталей, узлов и клеевых соединений 6
8 Проверка 6
9 Проверка соответствия в зависимости от класса 11
Приложение А (обязательное) Определение прочности 14
Приложение Б (справочное) Перечень требований 19
Приложение В (справочное) Критерии выбора клеевых систем 20
Приложение Г (справочное) Конструкторская документация 23
Приложение Д (справочное) Испытания на старение 27
Приложение Е (справочное) Примеры клеевых соединений в зависимости от класса и предъявляемых требований 28
Библиография 31

Введение

Настоящий стандарт входит в серию стандартов на клеевые соединения на железнодорожном транспорте, состоящую из следующих частей:

- часть 2. Требования к квалификации предприятий;
- часть 3. Руководство по проектированию и проверке клеевых соединений для железнодорожного подвижного состава;
- часть 4. Правила выполнения работ и обеспечение качества.

Склеивание — специальный производственный процесс при изготовлении и ремонте деталей и узлов железнодорожного подвижного состава. В серии стандартов содержатся технические требования для процесса склеивания. Основой этих технических требований являются стандарты для технологии склеивания с учетом требований, предъявляемых к проектированию, изготовлению и ремонту железнодорожного подвижного состава.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СОЕДИНЕНИЯ КЛЕЕВЫЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Часть 2

Руководство по проектированию и проверке клеевых соединений для железнодорожного подвижного состава

Adhesive bonding of railway vehicles and parts. Part 2.
Guideline for construction design and verification of bonds on railway vehicles

Дата введения —2024—06—15

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на клеевые соединения и герметизацию соединяемых деталей и узлов при проектировании, изготовлении и ремонте железнодорожного подвижного состава.

Настоящий стандарт описывает порядок проектирования и выполнения проверки (испытаний) клеевых соединений металлических и неметаллических материалов при изготовлении и ремонте деталей и узлов железнодорожного подвижного состава.

Кроме того, настоящий стандарт применяют при производстве:

- стеклопакетов с использованием клеев и герметиков;
- комбинированных материалов с помощью клеев и герметиков (например, склеенных сэндвич-компонентов).

Настоящий стандарт не распространяется:

- на производство многослойного безопасного стекла;
- фиксацию резьбовых соединений с применением клея;
- производство вулканизатов;
- производство фанеры;
- изготовление формованных деталей из волокнистого композитного пластика и ламинирование конструктивных элементов (например, углепластика, стеклопластика);
- производство заливочной герметизации электронных узлов с помощью клея без механических требований к прочности сцепления.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.109 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.313 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений

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

ГОСТ 9.401 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

ГОСТ 9.708 Единая система защиты от коррозии и старения. Пластмассы. Методы испытаний на старение при воздействии естественных и искусственных климатических факторов

Издание официальное

ГОСТ 25.101 Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов

ГОСТ 25.507 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы испытания на усталость при эксплуатационных режимах нагружения. Общие требования

ГОСТ 4650 Пластмассы. Методы определения водопоглощения

ГОСТ 7076 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

ГОСТ 11262 Пластмассы. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 12020 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред

ГОСТ 12423 (ISO 291:2008) Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)

ГОСТ 14236 Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 14759 Клеи. Метод определения прочности при сдвиге

ГОСТ 14760 Клеи. Метод определения прочности при отрыве

ГОСТ 15139 Пластмассы. Метод определения плотности (объемной массы)

ГОСТ 25271 Пластмассы. Смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по Брукфильду

ГОСТ 26883 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения

ГОСТ 28207 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Ка: Соляной туман

ГОСТ 28780 Клеи полимерные. Термины и определения

ГОСТ 28966.2 Клеи полимерные. Метод определения прочности при отслаивании

ГОСТ 30630.2.5 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие соляного тумана

ГОСТ 32618.2 Пластмассы. Термомеханический анализ (ТМА). Часть 2. Определение коэффициента линейного теплового расширения и температуры стеклования

ГОСТ 32794 Композиты полимерные. Термины и определения

ГОСТ 33121 Конструкции деревянные клееные. Методы определения стойкости клеевых соединений к температурно-влажностным воздействиям

ГОСТ 33211 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам

ГОСТ 33362 Пластмассы. Методы испытаний на стойкость к воздействию влажного тепла, водяной пыли и соляного тумана

ГОСТ 34056 Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения

ГОСТ 34093 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам

ГОСТ 34370 Пластмассы. Определение механических свойств при растяжении. Часть 1. Общие принципы

ГОСТ 34388 (ISO 9227:2012) Трубы стальные. Метод испытаний коррозионной стойкости в соляном тумане

ГОСТ 34750 Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при растяжении

ГОСТ 34753 Каучуки изопреновые (IR). Приготовление и испытание резиновых смесей

ГОСТ ISO 16047 Испытание крутящего момента и усилия предварительной затяжки

ГОСТ Р 50499 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения удельного объемного и поверхностного сопротивления

ГОСТ Р 50779.29—2017 Статистические методы. Статистическое представление данных. Часть 6. Определение статистических толерантных интервалов

ГОСТ Р 51369 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие влажности

ГОСТ Р 53076 Рельсовый транспорт. Требования к прочности кузовов железнодорожного подвижного состава

ГОСТ Р 55513 Локомотивы. Требования к прочности и динамическим качествам

ГОСТ Р 56745 (ИСО 6721-2:2008) Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении. Часть 2. Метод крутильного маятника

ГОСТ Р 56803 (ИСО 6721-3:1994) Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении. Часть 3. Колебания изгиба. Метод резонансной кривой

ГОСТ Р 56930 Руководство по применению критериев классификации опасности химической продукции по воздействию на организм. Острая токсичность при вдыхании

ГОСТ Р 56977 Композиты полимерные. Классификация типов разрушения клеевых соединений

ГОСТ Р 57400 Клеи и герметики силиконовые. Классификация

ГОСТ Р 57713 Композиты полимерные. Методы определения плотности и относительной плотности по вытесненному объему жидкости

ГОСТ Р 57832 Композиты полимерные. Определение сопротивления отслаиванию высокопрочных клеевых соединений методом плавающего ролика

ГОСТ Р 57943 (ИСО 22007-4:2008) Пластмассы. Определение теплопроводности и температуропроводности. Часть 4. Метод лазерной вспышки

ГОСТ Р 59523—2021 Материалы строительные герметизирующие отверждающиеся. Общие технические условия

ГОСТ Р 71153.1—2024 Соединения клеевые деталей и узлов железнодорожного подвижного состава. Часть 1. Требования к квалификации предприятий

ГОСТ Р 71153.3—2024 Соединения клеевые деталей и узлов железнодорожного подвижного состава. Часть 3. Правила выполнения работ и обеспечение качества

ГОСТ Р ИСО 7619-1 Резина вулканизованная или термопластичная. Определение твердости при вдавливании. Часть 1. Метод с применением дюрометра (твердость по Шору)

ГОСТ Р ИСО 11003-1 Клеи. Определение свойств конструкционных клеев при сдвиге. Часть 1. Метод испытания на кручение склеенных встык полых цилиндров

ГОСТ Р ИСО 11003-2 Клеи. Определение свойств конструкционных клеев при сдвиге. Часть 2. Метод испытания на растяжение металлических образцов, склеенных внахлестку

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 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 и определения

В настоящем стандарте использованы термины по ГОСТ Р 71153.1, ГОСТ 26883, ГОСТ 3.1109, ГОСТ 34056, ГОСТ 32794, ГОСТ 28780, ГОСТ Р 56977, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ответственный проектировщик:** Технический специалист (руководитель работ или проекта), на котором лежит ответственность за принятие окончательных решений на отдельных этапах и по всей работе в целом.

3.2

релаксация напряжения: Постепенное снижение механического напряжения в деформированном образце во времени.

[ГОСТ 32794—2014, статья 2.1.300]

3.3

ползучесть: Суммарное удлинение, развивающееся во времени под воздействием постоянной нагрузки.

[ГОСТ 18197—2014, пункт 3.1]

3.4 **колебательная нагрузка:** Знакопеременная нагрузка, изменяющаяся во времени от нуля до максимума.

3.5

динамическая нагрузка: Нагрузка, характеризующаяся быстрым изменением величины, направления или точки приложения, вызывающим в элементах конструкций силы инерции.

[ГОСТ 31844—2012, пункт 3.1.4]

3.6 **температура стеклования:** Температура, при которой полимер переходит из высокоэластичного или вязкотекучего состояния в стеклообразное.

3.7 **фотохимические реакции:** Химические реакции, которые инициируются воздействием электромагнитных волн, в частности — светом.

3.8 **воздействие окружающей среды:** Воздействие естественных климатических факторов.

3.9 **термические напряжения:** Напряжения, возникающие из-за различия коэффициентов термического расширения склеиваемых материалов и клея.

3.10 **когезионное разрушение клеевого соединения:** Разрушение клеевого соединения по клеевому шву.

3.11

адгезионное разрушение: Разрушение клеевого соединения на границе клей — склеиваемый материал.

[ГОСТ Р 56977—2016, пункт 3.1]

3.12 **квалификационные испытания:** Контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии, проводимые с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме.

3.13

клеевой подслой: Клеевое покрытие, образованное на поверхности подложек, предшествующее нанесению клеевого слоя перед склеиванием, для повышения адгезии.

[ГОСТ 28780—90, таблица 1, пункт 7]

4 Классификация клеевых соединений

4.1 Общие положения

В зависимости от предъявляемых требований клеевые соединения деталей и узлов железнодорожного подвижного состава относят к классам А1, А2, А3 или Б в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Классификация клеевых соединений в зависимости от предъявляемых требований безопасности

Класс	Требования безопасности клеевого соединения	Описание возможных последствий
А1	Высокие	Разрушение клеевого соединения приведет к нарушению безопасной эксплуатации железнодорожного подвижного состава
А2	Средние	Разрушение клеевого соединения приведет к нарушению функций железнодорожного подвижного состава
А3	Низкие	Разрушение клеевого соединения приведет в наихудшем случае к неудобствам при эксплуатации железнодорожного подвижного состава
Б	Отсутствуют	Разрушение клеевого соединения не приведет к нарушению эксплуатации железнодорожного подвижного состава
Примечание — Примеры клеевых соединений в зависимости от класса и предъявляемых требований приведены в приложении Е.		

Классификация клеевых соединений осуществляется ответственным проектировщиком с учетом возможных последствий самопроизвольного и полного разрушения клеевого соединения. Те же требования предъявляют к ремонту и склеиванию. Все назначенные классы вносят в конструкторскую, технологическую и эксплуатационную документацию. При назначении класса ответственный проектировщик должен привлечь ответственного контролера.

Присвоение классов А1—А3 или Б должно быть обосновано и задокументировано в соответствии с процедурами проверки раздела 9.

Если в документах указан только один класс клеевых соединений, тогда все клеевые соединения относят к этому классу.

4.2 Классификация в соответствии с требованиями безопасности

Требования безопасности к клеевому соединению устанавливают в зависимости от назначения элемента или детали железнодорожного подвижного состава или изолированного клеевого соединения для обеспечения безопасности железнодорожного подвижного состава, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений. За классификацию клеевых соединений отвечают ответственный проектировщик и ответственный контролер.

5 Перечень требований

На этапе разработки технического задания и проектирования определяют требования к технологии склеивания и документируют их в перечне требований.

Каждое клеевое соединение должно соответствовать определенным требованиям. На основе этих требований определяют нагрузки на клеевое соединение. К формированию требований должны быть привлечены все заинтересованные стороны.

Численные значения нагрузок определяют путем расчета. Допускается применение метода конечных элементов. Нагрузки на клеевые соединения допускается определять на основании прочностных требований к железнодорожному подвижному составу в соответствии с ГОСТ 33211, ГОСТ Р 53076, ГОСТ Р 55513 с помощью полученных значений измерений нагрузок, а также из документации изготовителя или эксплуатирующей организации. Требования включают в себя статические, ползучие и релаксационные нагрузки, колебательные и динамические нагрузки, воздействие окружающей среды и микробиологические воздействия, термические напряжения и фотохимические реакции, а также их сочетание. При необходимости требования должны базироваться на статистически достоверной информации об интенсивности, продолжительности и частоте нагрузок исходя из планируемого срока службы клеевого соединения.

Перечень требований может быть составлен в соответствии с основными характеристиками, приведенными в таблице Б.1 с целью получения данных для определения напряжения и описания характеристик клеевого соединения. Объем технических требований должен соответствовать классу клеевого соединения.

6 Выбор клеевой системы

При выборе клеевой системы важно учитывать, что свойства клея не являются изолированными и эти характеристики необходимо рассматривать в составе соответствующего клеевого соединения. Обязательным условием для склеивания является адгезия клея к поверхности. Кроме того, необходимо учитывать технологические ограничения в соответствии с ГОСТ Р 71153.3 (см. документацию по проектированию клеевого соединения и производственные инструкции).

Выбор клеевой системы осуществляется согласно приложению В.

Примечание — Клеи разделяются на низкопрочные (как правило, эластомерные) и высокопрочные (как правило, термореактивные или термопластичные). Низкопрочные клеи характеризуются преимущественно гиперэластичностью при квазистатических нагрузках (например, во время испытаний в соответствии с ГОСТ 34370, ГОСТ 11262, ГОСТ 14236, ГОСТ 34750) и показывают высокие значения относительного удлинения при растяжении. Имеют рабочую температуру выше температуры стеклования. Высокопрочные клеи характеризуются преимущественно упругопластичностью при квазистатических нагрузках (например, при испытаниях в соответствии с ГОСТ 34370, ГОСТ 11262 и ГОСТ 14236). Имеют рабочую температуру, как правило, ниже температуры стеклования, но могут и превышать ее. В обоих случаях главной функцией клея является соединение деталей. Если дополнительной функцией клея является компенсация деформаций, больших предельных отклонений размеров соединяемых деталей, то, как правило, в этом случае используются гиперэластичные, низкопрочные клеи. При сравнительно высоких нагрузках обычно применяют высокопрочные клеи.

7 Разработка, проектирование деталей, узлов и клеевых соединений

В рамках разработки конструкции узлов, деталей и клеевых соединений, с учетом требований к склеиванию, проверяют и утверждают клеевую систему, а также требования к качеству и состоянию поверхностей склеиваемых деталей.

После чего разрабатывают окончательную конструкторскую и технологическую документацию, которая должна включать в себя, как минимум, следующие сведения:

- материал(ы), из которого(ых) изготовлены соединяемые детали;
- требования к поверхностям соединяемых деталей;
- клей со вспомогательными материалами, например грунтовками;
- указание или определение размеров клеевого соединения с допустимыми предельными отклонениями;
- обозначение класса клеевого соединения и информацию о допусках для класса;
- порядок подготовки поверхности соединяемых деталей.

Требования к конструкторской документации приведены в приложении Г.

8 Проверка

8.1 Общие положения

Объем работ по проверке зависит от класса клеевого соединения и процедур, перечисленных в разделе 9.

Существует четыре способа проверки:

1) для каждого клеевого соединения рассчитывают напряжения и деформации и сравнивают их с допустимыми напряжениями и деформациями.

2) клеевые соединения проверяют с помощью испытания элементов (например, вырезанного сегмента узла) в соответствующих условиях для определения прочности части конструкции.

3) комбинация способов 1 и 2.

4) документально подтвержденный практический опыт.

Схема процедуры проверки представлена на рисунке 1.

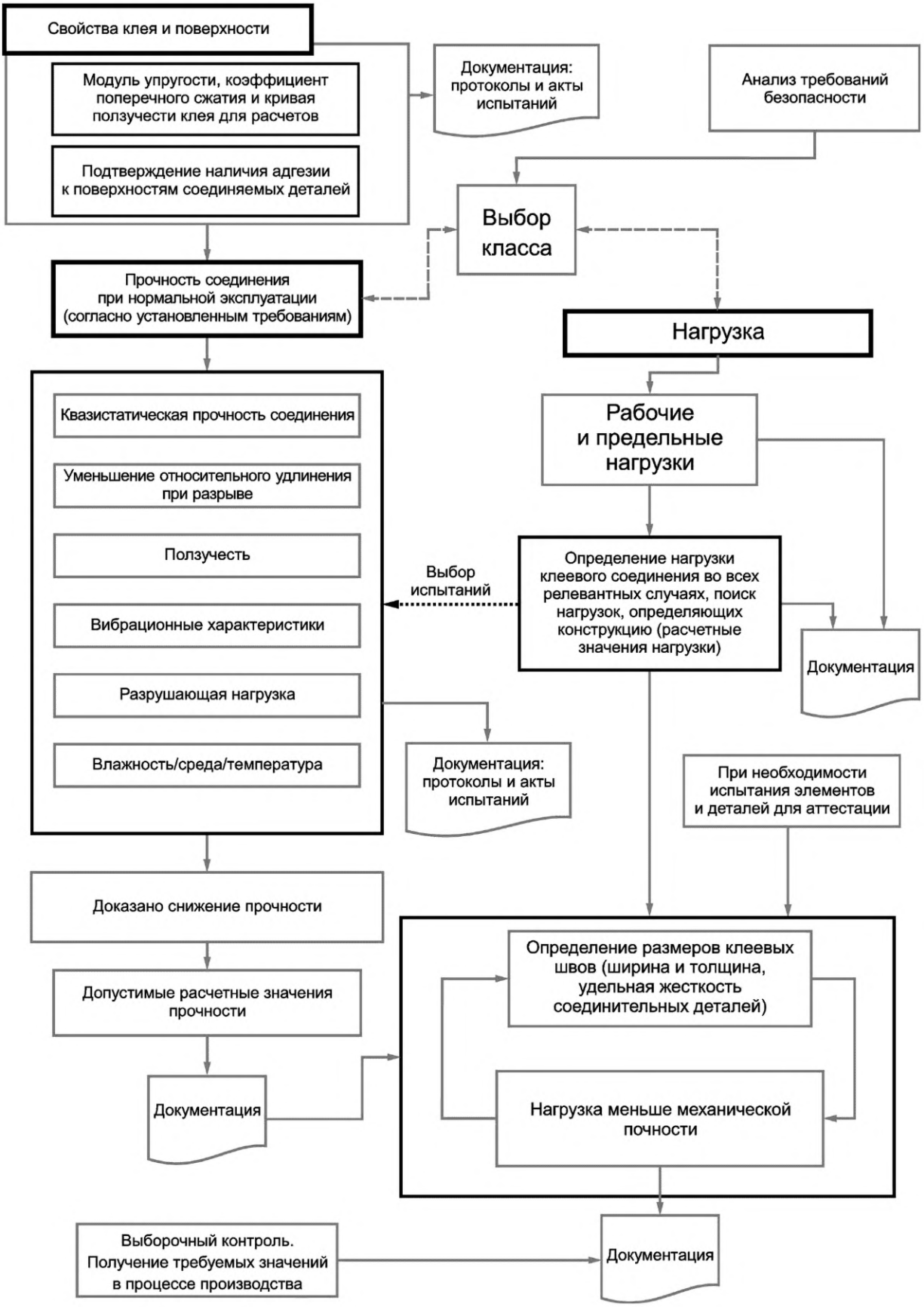


Рисунок 1 — Схема процедуры проверки

После проверки ответственный контролер дает разрешение на подготовку процесса склеивания в соответствии с квалификацией согласно ГОСТ Р 71153.1—2024, таблица 3. При необходимости проводят корректировку в документации по технологии склеивания согласно ГОСТ Р 71153.1.

8.2 Документы для проверки

В зависимости от присвоенного класса клеевого соединения проверка предусматривает проведение анализа следующих документов:

а) перечня требований в соответствии с приложением Б;

б) отчета об испытаниях материалов и параметров соединения для квалификации поверхностей, клеевых систем и соединений;

в) проверенных и утвержденных чертежей, перечней деталей и аналогичных конструкторских документов, технологической документации на аттестованную технологию склеивания;

г) расчетов и/или протоколов испытаний, подтверждающих, что напряжения и деформации, соответствующие перечню требований в клеевом соединении, не превышают допустимые;

д) отчета о расчетах по современному уровню техники или испытаниях элементов конструкции, доказательств отсутствия повреждений путем сравнения с опытными данными (сравнительной проверки).

8.3 Определение напряжения

8.3.1 Общие положения

Конструкции рассчитывают с помощью аналитических подходов или метода конечных элементов по 8.3.3. Следует использовать тот метод, который подходит для конкретного применения. Методы и результаты расчетов должны быть проверены понятным способом. Для этой цели можно применять сравнительные расчеты для подходящих испытаний на простых испытательных образцах со схожими элементами или сравнительные расчеты из имеющихся испытаний элементов. Подходящими образцами для испытаний являются образцы с такими же направлениями нагрузок и такой же геометрией, как и в соединении, для которого устанавливаются размеры. Также можно использовать сопоставимый опыт и знания.

Значения нагружающих воздействий получают на основе данных, содержащихся в перечне требований (см. раздел 5). В зависимости от упругих свойств клеев и типа нагружения клеевые соединения анализируют либо с точки зрения напряжений и прочности, либо с точки зрения деформации и удлинения.

Характеристики склеиваемых элементов, в т. ч. их поверхностей, и концентрация напряжений в пределах склеиваемого соединения определяют несущую способность (или механическую прочность) соединения. Как правило, для клеевого соединения из возможных вариантов нагрузки выбирают несколько случаев нагрузки с заданными параметрами или комбинацию нагрузок.

8.3.2 Аналитические методы

Расчет номинального напряжения или номинальной деформации является одним из способов определения напряжения. При этом действующие силы зависят от поверхностей склеивания, а возникающие в результате смещения — от толщины клеевого слоя.

При увеличении жесткости клея (увеличении модуля упругости) возрастает роль превышений напряжения и деформации на краях соединения внахлест, что определяет размеры клеевого соединения. Для соединений внахлест существует множество возможных решений, см. [1].

8.3.3 Метод конечных элементов

Метод конечных элементов позволяет определить местное напряжение на клеевых соединениях. При этом используют либо упругие, либо аналогичные заменяющие элементы, либо рассчитывают напряжение в клеевом шве через твердотельные элементы и соответствующие законы моделирования материалов с большой точностью.

При использовании упругих элементов, часто применяемых в случае гиперэластичных толстопленочных клеев, вследствие сопротивления поперечному растяжению под действием растягивающей и сжимающей нагрузки рассматриваемая упругая константа зависит от толщины и ширины клеевого слоя, а также от направления нагрузки. При использовании аналогичных элементов необходимо учитывать влияние внесенных упрощений.

Для точного расчета локального напряжения рассматривают образующуюся достаточно тонкую сетку полимеров, которая, как правило, может быть получена только с помощью техники субмоделирования.

Корректность применяемого моделирования материалов и сетки конечных элементов подтверждается соответствующими контрольными и сравнительными расчетами (например, одноэлементные вычисления, расчеты характеристик образцов и простых испытательных тел), а также с помощью подходящих для этого испытаний. Метод конвергентного анализа должен быть валидирован.

8.4 Определение прочности

8.4.1 Общие положения

Прочность определяется поведением клеевого соединения при механическом, термическом воздействии и воздействии окружающей среды. Долговечность материалов и клеевых соединений зависят от воздействующих на них условий. Для подтверждения соответствия прочности решающее значение имеют наиболее неблагоприятные условия эксплуатации и длительность нагрузки. Выбор испытаний и их сочетаний для определения прочности зависит от области применения.

Основными причинами разрушения клеевых соединений являются:

- разрушение вследствие однократной перегрузки;
- разрушение вследствие деформации ползучести при длительной постоянной статической нагрузке;
- разрушение вследствие релаксационной деформации после относительно быстрого приложения нагрузки, а затем статической деформации;
- усталостное разрушение вследствие вибрационной нагрузки.

На особенности разрушения влияют внешняя среда и условия эксплуатации. Не допускается рассматривать пластическую деформацию высокопрочных клеев как дополнительный запас прочности при выполнении конструкторских расчетов.

8.4.2 Адгезия

В случае низкопрочных эластомерных клеев проводят испытания на адгезию в соответствии с требованиями [2] (при необходимости — после воздействия внешней среды) посредством испытания на отслаивание клеевого валика. Однако испытание на отслаивание клеевого валика позволяет сделать только базовые выводы об адгезии. Его можно использовать для предварительного отбора клеев и поверхностей или для быстрого сравнительного анализа и контроля адгезии. Оно не позволяет получить показатели прочности клеевого соединения, которые можно было бы использовать для определения параметров клеевого соединения. Их определяют другими методами (см. А.3.3).

В случае более прочных клеев требуется подтвердить соответствие адгезии с помощью испытания на прочность сцепления (см. 8.4.3.2). При этом необходимо учитывать 8.4.3.

8.4.3 Характеристики соединения

8.4.3.1 Общие положения

Параметры склеивания должны быть определены для соответствующих условий нагрузки (например, влажности, температуры, влияния внешней среды, механической нагрузки) или их сочетаний, специфичных для клея и поверхности. Образцы, используемые для определения прочности клеевых соединений, рекомендуется подготавливать одновременно с требуемыми материалами подложки и поверхностями в соответствии с процедурами, описанными в ГОСТ Р 71153.3. В случае когезионного разрушения условия разрушения определяются клеем. В этом случае используют данные и характеристики, полученные в результате испытаний с другими соединяемыми элементами, если условия, требования и коэффициенты напряжений или деформации сопоставимы и разрушение является когезионным.

Определить параметры для классификации клеев (эпоксидный, полиуретановый и т. д.) невозможно, так как из-за структурного разнообразия внутри класса отсутствуют единообразные механизмы разрушения. Если не указано иное, разрушение клеевого соединения несостаренных и состаренных образцов должно происходить с долей когезионного разрушения не менее 95 % (см. ГОСТ Р 56977) внутри клея, т. е. максимально допустимая доля адгезионного разрушения между клеем и поверхностью составляет 5 %. Если процент когезионного разрушения составляет менее 95 %, необходимо провести дополнительные испытания (например, в отношении старения, характера разрушения, рассеяния).

При склеивании с помощью высокопрочных клеев поверхностей с покрытием, таким как грунтовки и лаки, разрушение должно происходить когезионно относительно покрытия или клея. В этом случае когезионная прочность покрытия поверхности, клея или присоединяемой детали определяет прочность клеевого соединения. Тогда требуется проверка адгезии покрытия к подложке.

Клеевые соединения с волокнистыми композитными материалами рассчитывают так, чтобы разрушение было когезионным внутри клеевого слоя или внутри присоединяемой детали, см. [1].

Характеристики сцепления отремонтированных клеевых соединений могут отличаться от исходных. Это необходимо учитывать при определении размеров клеевых соединений или при выполнении проверки.

Выбор испытаний на ускоренное старение зависит от профиля требований, см. приложение Д.

8.4.3.2 Квазистатическая прочность соединения

Испытание на прочность сцепления выполняют для низкопрочных эластомерных клеев согласно А.3.3, а для более прочных клеев — согласно А.4.2. Особые случаи, такие как сэндвич-материалы, склеенные сотовые плиты и пенопласты, испытывают согласно соответствующим нормативным документам. В каждом случае должны быть указаны характерная величина прочности сцепления (см. А.2) и описание характера разрушения (см. ГОСТ Р 56977). Если этого требуют условия эксплуатации и класс, прочность сцепления определяют в зависимости от температуры и после воздействий окружающей среды. Для низкопрочных эластомерных клеев можно использовать процедуру согласно 8.4.2.

8.4.3.3 Ползучесть, предел ползучести, релаксация и разрушающая деформация при непрерывной статической нагрузке

Характеристики ползучести клеевого соединения определяют для двух разных режимов эксплуатации:

а) ползучесть — клеевое соединение подвергается непрерывной статической нагрузке (например, собственный вес элемента), т. е. при низком пределе ползучести клея растяжение непрерывно увеличивается. Удлинение при ползучести, допустимое по истечении заданного времени, определяется проектировщиком и используется для выбора параметров клеевого соединения так, чтобы напряжение, вызываемое статической нагрузкой, было меньше напряжения, приводящего к допустимому удлинению при ползучести. Допустимое удлинение при ползучести должна быть меньше значений при разрушении от ползучего удлинения или меньше релаксационной разрушающей деформации, определяемой по б). Инструкции по измерению характеристик ползучести приведены в А.3.6 и А.4.3;

б) релаксация — клеевое соединение должно компенсировать относительное смещение между двумя элементами в течение длительного периода времени (например, дооснащение после изготовления клеевого соединения, деформации, вызванные отклонениями от технологических допусков или предварительным натяжением при сборке или возможными изменениями температуры в крупных элементах, таких как сегменты крыши из стеклопластика). Максимальной считается деформация, при которой еще не происходит разрушения соединения. Значение допустимой деформации должно быть меньше максимальной. Значение допустимой деформации необходимо определять экспериментально. Комментарии к измерению релаксационной деформации при разрушении приведены в А.3.5.

Вариант б) характерен для низкопрочных эластомерных клеев. Релаксационное удлинение при разрушении оказывается значительно меньше, чем обычное удлинение при разрушении, которое измеряют при квазистатическом испытании для определения предела прочности на растяжение и сдвиг (см. А.3.3) или после возникновения ползучести при постоянной нагрузке а).

Разрушающее удлинение при ползучести или релаксации зависит от температуры, внешней среды и особенностей поверхности соединяемых деталей (см. 8.4.1).

8.4.3.4 Колебательная нагрузка

Допустимая колебательная нагрузка на клеевое соединение зависит от материалов соединяемых деталей, покрытия поверхностей, клея и условий эксплуатации. В частности, следует учитывать влияние среднего напряжения (склонность к ползучести). Комментарии к измерению характеристик колебаний приведены в А.3.7 и А.4.4.

8.4.3.5 Поведение при столкновениях и ударах

Механические свойства клеев и материалов, из которых изготовлены соединяемые детали, зависят не только от температуры, но и от скорости нагружения. Таким образом, характеристика поведения клеевых соединений при высоких скоростях нагружения требует измерения адгезионных свойств клея и качества соединения при соответствующих скоростях деформации.

Анализ поведения клеевого соединения необходим, когда склеиваемые участки играют решающую роль в поведении конструкции при столкновениях и ударных нагрузках (см. ГОСТ 34093).

8.4.4 Испытание элементов конструкции

Испытания склеенных элементов с целью подтверждения прочности клеевого соединения проводят:

- если при испытании образцов невозможно определить требуемые характеристики (см. 8.4.3.2—8.4.3.5);
- если неизвестна точность расчетов (проверка методов расчета);
- из экономических соображений.

В этих случаях проводят испытания элементов конструкции с соответствующими нагрузками как минимум вплоть до расчетных значений. Альтернативно могут быть использованы испытательные образцы со сходными элементами. В случае использования таких образцов необходимо удостовериться в том, что нагрузка на клеевое соединение соответствует нагрузке элемента.

8.4.5 Допустимые напряжение и деформация

Значения допустимых напряжений и деформаций получают в результате испытаний клеевого соединения. Для целей проверки значений характеристик, в соответствии с А.2 для класса А1, должны быть определены значения при заданном уровне доверия $1 - \alpha = 95$ %. Вероятность прогнозирования должна быть не менее 95 %. Для класса А2 должны быть определены характерные значения при заданном уровне доверия $1 - \alpha = 95$ % и вероятностью прогнозирования не менее 90 %.

Допустимые напряжение или деформацию определяют как характеристическое значение прочности (см. А.2) в соответствующих условиях эксплуатации (см. 8.4.3).

Допустимые напряжение и деформация могут быть описаны в рамках соответствующих концепций эквивалентного напряжения или деформации. При расчете местного напряжения и деформации для получения достоверных выводов в каждом случае должна быть применена одна и та же концепция.

Допустимые напряжения и деформации могут быть получены из существующих сопоставимых исследований или опыта эксплуатации.

8.5 Определение размеров клеевого соединения

При определении размеров клеевого соединения устанавливают площадь склеивания и толщину клеевого слоя. Уровень напряжений и деформаций, возникающих в клеевом слое, определяются размерами поверхности склеивания и толщиной клеевого слоя. Свойства клея, толщина и жесткость соединяемых деталей (удельная жесткость соединяемых деталей), а также прикладываемая нагрузка и геометрия клеевого соединения влияют на концентрации напряжений, возникающие главным образом на краях области перекрывания, например см. [1].

Для определения размеров клеевого соединения можно использовать концепции эквивалентной деформации или напряжения, которые также должны отвечать концепциям, приведенным в 8.4.5.

Должны быть определены и учтены предельные отклонения.

8.6 Влияние технологического процесса на допустимые значения характеристик клеевого соединения

Для определения влияния технологического процесса на допустимые значения характеристик испытательные образцы для конкретного применения однократно изготавливают в условиях, типичных для производства, и испытывают. В качестве образцов для определения прочности клеевого соединения (например, в несостаренном состоянии) могут применяться образцы для испытаний на прочность при сдвиге. Характерная величина прочности клеевого соединения этих образцов (см. позицию 16 в таблице 2) не должна быть ниже установленного допустимого сравнительного значения (например, в несостаренном состоянии) (см. позицию 14 в таблице 2). Кроме того, может быть установлена форма образца с учетом конфигурации элементов.

Если при изготовлении деталей или сборке узла не удается обеспечить стабильные значения заданных размеров клеевого соединения, то необходимо принять соответствующие меры (например, улучшить условия производства, скорректировать расчет конструкции).

При ремонтных работах эти требования касаются замены клея. Если ремонт выполняют в соответствии с чертежами и заданными характеристиками изготовителя, то будет достаточно подтверждения соответствия адгезии.

9 Проверка соответствия в зависимости от класса

В таблице 2 приведен перечень процедур, которые выполняют для проверки соответствия клеевых соединений классов А1—А3. Для клеевых соединений класса Б проверку соответствия проводят по представленным документам без предъявления дополнительных требований.

Степень детализации выполняемых процедур определяют требованиями конкретной области применения клеевого соединения на усмотрение изготовителя.

Таблица 2 — Процедуры для проверки соответствия и требуемая документация в зависимости от класса клеевого соединения

Процедура	Класс		
	A1	A2	A3
Конструктивное исполнение клеевого соединения			
1 Определение класса (см. раздел 4) и разработка перечня требований (см. раздел 5)	+	+	+
2 Выбор клеевой системы (см. раздел 6)	+	+	+
3 Разработка с учетом технологии склеивания — проектирование узлов, элементов и клеевых соединений (см. раздел 7)	+	+	—
Документация			
4 Классификация с обоснованием	Д	Д	Д
5 Перечень требований (например, таблица Б.1)	Д	Д	—
6 Протоколы испытаний характеристик материала и соединения (см. 8.4)	Д	—	—
7 Технические паспорта	Д	Д	Д
8 Расчеты размеров клеевых соединений (см. 8.3):			
- расчеты в соответствии с заданными параметрами или испытание элементов конструкции или подтверждение отсутствия повреждений посредством сравнения с результатами, полученными при эксплуатации (подтверждение соответствия);	Д	—	—
- примерные размеры, сравнение с опытными данными	—	Д	—
9 Определение того, что напряжение клеевого соединения не превышает прочность (для расчетного варианта нагружения, если необходимо с учетом коэффициента запаса прочности) (см. 8.4.5, 8.5)	Д	Д	—
10 Проверка конструкторской документации и технологии склеивания	Д	Д	Д
Определение нагрузки (см. 8.3)			
11 Подробный анализ всех случаев нагружений, описанных в перечне требований, определение их сочетаний, выделение случаев нагружений, являющихся определяющими для размеров	Д	—	—
12 Грубая оценка для заданных параметров нагружения	—	Д	—
Определение прочности (см. перечень требований и 8.4)			
13 Адгезия (8.4.2):			
- испытание соответствующей комбинаций материалов при воздействии температуры и влажности (приложение Д) с оценкой характера разрушения;	ДД	ДД	—
- данные изготовителя	—	—	Д
14 Прочность соединения (без состаривания, испытание при стандартных климатических условиях) (см. 8.4.3)	ДД	ДД	—
15 Определение параметров (согласно полученным в пунктах 11 или 12 вариантам нагружения, которые являются определяющими для размеров):			
- адгезионные свойства и прочность соединения при заданных воздействиях окружающей среды и термических воздействиях (8.4.3.2, приложение Д);	ДД	ДД	—

Окончание таблицы 2

Процедура	Класс		
	А1	А2	А3
- ползучесть, предел ползучести при статическом нагружении [см. 8.4.3.3, перечисление а)];	ДД	ДД	—
- деформация при статическом нагружении [см. 8.4.3.3, перечисление б)];	ДД	ДД	—
- вибрационное воздействие (см. 8.4.3.4);	ДД	ДД	—
- поведение при ударах и столкновениях (см. 8.4.3.5);	ДД	ДД	—
- испытание элементов (см. 8.4.4)	ДД	ДД	—
16 Проверка показателей в условиях производства (см. 8.6)	ДД	—	—

Примечание — Для класса А1 допустимые значения меньше значений для класса А2, поэтому для класса А1 допускается более высокая вероятность отказа, чем для класса А2 (см. 8.4.5 и таблицу А.1).

\+ — Проведение процедуры;

Д — Документация;

ДД — Документация, дополненная отчетом об испытаниях или протоколом испытаний.

Приложение А
(обязательное)

Определение прочности

А.1 Общие положения

С помощью испытаний должна быть определена прочность клеевого соединения для всех типовых нагрузок и воздействий. При оценке результатов испытаний применяют обычные статистические методы, которые должны быть описаны в документации для проверки. При планировании испытаний с целью проверки необходимо разработать сценарии разрушения и адаптировать их к проводимым испытаниям. Испытания должны отражать ожидаемые нагрузки, а также их продолжительность.

Воздействия окружающей среды и механические воздействия рассматривают как сочетания нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации. В возникающем сочетании нагрузок проверяют прочность.

Если нет достаточного опыта эксплуатации, то сначала по случайной выборке экспериментально определяют те нагрузки или их сочетания, которые описывают наиболее неблагоприятные условия эксплуатации.

В производстве железнодорожного подвижного состава решающими для геометрии и размеров клеевого соединения, как правило, являются сочетания колебательных нагрузок, вызванных ветром, ускорением и воздействием рельсового пути, а также большими постоянными или медленно изменяющимися деформациями под воздействием влажности, температуры и регулярного применения чистящих средств. Для определения (механических) спектров суммарных нагрузок в перечне требований достоверно описывают сценарий эксплуатации.

Механические испытания проводят таким образом, чтобы частоты или скорости воздействий отражали характеристики приложения нагрузок при эксплуатации. При использовании параметров, полученных в ходе различных испытаний, необходимо проверить их соответствие эксплуатационным значениям.

А.2 Характерные величины и допустимая прочность

Характеристики прочности описываются характерными величинами. Характерные величины учитывают погрешность измерений. На основании характерных величин возможно предсказать поведение (вероятность разрушения или безотказной эксплуатации) клеевого соединения в эксплуатации. Характерные величины R_C рассчитывают по формуле (А.1) согласно ГОСТ Р 50779.29 с помощью среднего значения $\overline{R}$ и стандартного отклонения ΔR

$$R_C = \overline{R} - k_m\,(P,\ 1 - \alpha, n) \cdot \Delta R, \qquad (А.1)$$

где R — расчетное значение прочности (например прочности, предела текучести, удлинения при разрыве).

Коэффициент $k_m\,(P,\ 1 - \alpha, n)$ является функцией статистического распределения, вида толерантного интервала (двустороннего или одностороннего), доли совокупности P, заданного уровня доверия $1 - \alpha$ и количества базовых измеренных значений n (степеней свободы) (см. ГОСТ Р 50779.29—2017, таблица D.4). В таблице А.1 приведены некоторые значения коэффициента k_m и они отнесены к классу для одностороннего разграниченного диапазона статистических пропорций, который обычно здесь имеет значение при нормальном распределении.

Таблица А.1 — Односторонне ограниченный диапазон толерантного интервала (дисперсия генеральной совокупности неизвестна) с нормальным распределением (по ГОСТ Р 50779.29—2017, таблица D.4)

n	Класс А1	Класс А2
	$1 - \alpha = 0{,}95$; $P = 0{,}95$	$1 - \alpha = 0{,}95$; $P = 0{,}90$
	$k_m\,(0{,}95,\ 0{,}95,\ n)$	$k_m\,(0{,}90,\ 0{,}95,\ n)$
2	26,26	20,58
3	7,66	6,16
4	5,14	4,16
5	4,21	3,41
6	3,71	3,01
7	3,40	2,76
8	3,19	2,58
9	3,03	2,45

Окончание таблицы А.1

n	Класс А1	Класс А2
	$1 - \alpha = 0,95$; $P = 0,95$	$1 - \alpha = 0,95$; $P = 0,90$
	k_m (0,95, 0,95, n)	k_m (0,90, 0,95, n)
10	2,91	2,36
11	2,82	2,28
12	2,74	2,21
13	2,67	2,16
14	2,61	2,11
15	2,57	2,07
16	2,52	2,03
17	2,49	2,00
18	2,45	1,97
19	2,42	1,95
20	2,40	1,93
30	2,22	1,78
40	2,13	1,70
50	2,07	1,65
100	1,93	1,53
∞	1,64	1,28
Примечание — Для значений n, отсутствующих в таблице, значение коэффициента k_m определяют аппроксимацией ближайших значений.		

А.3 Испытания для низкопрочных клеев

А.3.1 Общие положения

Низкопрочные клеи применяют в рабочем диапазоне температур выше температуры стеклования. Они обладают гиперэластичными свойствами при квазистатической нагрузке и могут демонстрировать большое удлинение при разрыве. Под воздействием длительных нагрузок клеи релаксируют. В зависимости от типа нагрузок и состояния напряжения разрушение может происходить при значительно меньшей деформации, чем при квазистатическом испытании. Поэтому требуется определить деформацию релаксационного разрушения.

При постоянном статическом напряжении за счет постоянной нагрузки возникает деформация ползучести, которая нередко приводит к большему растяжению при разрыве, чем в случае нагружения при относительно быстром перемещении. При разрушении ползучести при постоянной нагрузке определяют характеристики ползучести и указывают допустимую максимальную деформацию ползучести в течение срока эксплуатации. При необходимости предпринимают конструктивные меры для предотвращения дальнейшей деформации ползучести (например, ограничители).

А.3.2 Определение модуля упругости, коэффициента поперечного сжатия и кривой прочности при испытании на растяжение образца клеящего вещества

Для определения базовых параметров (модуля упругости, коэффициента поперечного сжатия, кривой прочности) используют образцы клеящего вещества. Пример геометрии показан на рисунке А.1. Коэффициент скорости $\dot{\varepsilon}$ при испытании должен составлять 0,05 $с^{-1}$. Скорость движения v вычисляют по формуле

$$v = \dot{\varepsilon} - l_C. \qquad (А.2)$$

В случае формы образца, показанной на рисунке А.1, при длине утонченного участка l_C = 25 мм управляемая скорость испытания составляет 75 мм/мин. Для образцов другой формы скорость испытания рассчитывается по приведенной выше формуле. Скорость испытания должна быть постоянной. При более высоких скоростях испы-

таний их влияние на параметры оказывается столь велико, что они перестают соответствовать квазистатической нагрузке.

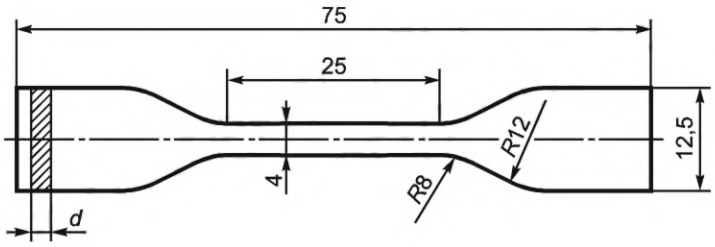


Рисунок А.1 — Образец для испытаний по ГОСТ 34750 (толщина образца *d*: 2 ± 0,5 мм)

А.3.3 Испытание на квазистатическую прочность соединений на низкопрочных клеях

Испытание на растяжение и срез выполняется на образцах, соединенных внахлест. Длина нахлеста составляет 12—20 мм. Отношение длины нахлеста и толщины клеевого слоя составляет 4:1, такие образом, при длине нахлеста 12 мм толщина клеевого слоя равна 3 мм, а в случае нахлеста длиной 20 мм — 5 мм. Толщина соединяемых элементов выбирается таким образом, чтобы не произошло их разрушения или значительного сгиба. Ширина образца должна составлять 20—35 мм. Пример геометрии представлен на рисунке А.2. Испытание выполняется с коэффициентом скорости сдвига $\dot{\gamma}$, равной 0,1 $с^{-1}$.

Скорость сдвига вычисляют по формуле

$$v = \dot{\gamma} - d_0. \qquad (А.3)$$

При начальной толщине клеевого слоя d_0 = 3 мм получают скорость испытания 18 мм/мин, при начальной толщине клеевого слоя d_0 = 5 мм — 30 мм/мин. Скорость испытания постоянна.

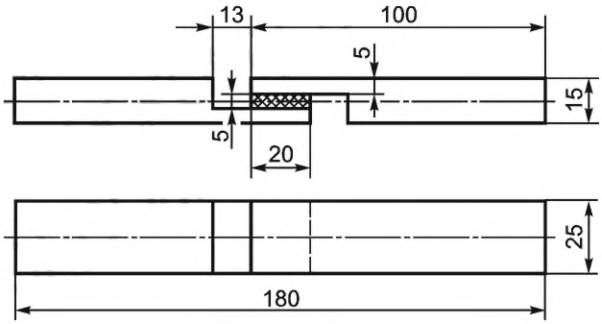


Рисунок А.2 — Пример образца для испытаний на прочность соединений низкопрочными клеями

А.3.4 Испытание на релаксационную деформацию соединений на низкопрочных клеях при продольном нагружении

Испытание давлением выполняют на цилиндрических образцах с геометрией, изображенной на рисунке А.3. Образец проверяют с коэффициентом скорости деформации $\dot{\varepsilon}$, равной 0,05 $с^{-1}$. Скорость испытания v, мм·$с^{-1}$, вычисляют по формуле

$$v = \dot{\varepsilon} - h_0, \qquad (А.4)$$

$$\dot{\varepsilon} = 0{,}05\ s^{-1} \text{ соответствует } \dot{\varepsilon} = \frac{\Delta \dot{h}}{h_0},$$

$$v = 0{,}05\ \frac{1}{s} \cdot 10\ \text{мм} = 0{,}5\ \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 30\ \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

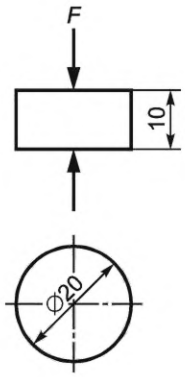


Рисунок А.3 — Образец для испытания давлением

А.3.5 Испытание на релаксационную деформацию соединений на низкопрочных клеях методом сдвига

Допустимое адгезионно-зависимое растяжение из-за постоянно действующей деформации клея определяют путем испытаний на сдвиг соединения внахлест при статической нагрузке с постоянным смещением соединяемых частей и последующим воздействием на них заданного сдвига в течение более длительного периода времени (1000 ч).

Значение релаксационной деформации ниже минимального значения сдвига, при которой происходит когезионное разрушение. Необходимо удостовериться в том, что в обычных температурных и влажностных условиях, а также для обычных поверхностей и материалов не происходит адгезионного разрушения. Возможна геометрия образца в соответствии с А.3.3.

А.3.6 Испытание на ползучесть соединений на низкопрочных клеях

Испытания на сдвиг при растяжении могут быть проведены для определения напряжения при постоянной статической нагрузке. Геометрия образца должна соответствовать А.3.3. Время сдвига определяют в ходе испытаний, которые отражают наиболее неблагоприятные условия эксплуатации, указанные в перечне требований (обычно высокие температуры и влажность) с различными нагрузками.

Испытания проводят следующим образом: образцы подвергают постоянной нагрузке в течение 3 мес, при этом измеряют смещение соединяемых частей относительно друг друга. Законы ползучести включают параметры J_0, A_0, m, n, которые используют в формулах (А.5)—(А.8).

Податливость ползучести вычисляют по формуле

$$j(\tau,t) = j_0 + j(\tau) \cdot t^m, \quad (А.5)$$

где

$$j(\tau) = A_0 \cdot \tau^n, \quad (А.6)$$

$$J = J_0 + A_0 \cdot \tau^n \cdot t^m. \quad (А.7)$$

Сползание вычисляют по формуле

$$\gamma = J \cdot \tau. \quad (А.8)$$

С помощью формул (А.5)—(А.8) рассчитывают зависимость среза от времени для типовых испытательных нагрузок. Для определения нагрузок ползучести можно провести предварительные испытания.

А.3.7 Испытание колебательных характеристик соединений на низкопрочных клеях

Для гиперэластичных или резиново-эластичных клеев измеряют кривые Веллера (кривые усталости) с контролем хода, так как подобный тип нагрузки наиболее близок к области применения. При оценке кривых Веллера указывают 95 %-ный доверительный предел и интервал прогнозирования. Если статистическая оценка кривых Веллера с контролем хода приводит к слишком большой погрешности, так как невозможно с требуемой точностью определить время разрушения, то используют кривую Веллера с контролем по нагрузке с указанием амплитуды начального пути после фазы начальных колебаний. Проверяют, что во время испытания сохраняется среднее состояние (среднее напряжение, средняя деформация). Частота испытания выбирается таким образом, чтобы во время

испытания клей в соединении не нагревался более чем на 10 °С. Планирование и оценка испытаний Веллера проводится согласно ГОСТ 25.101 и ГОСТ 25.507. Геометрия образца соответствует А.3.3. Перекрывание вследствие деформации ползучести проверяют с помощью средней нагрузки, отличной от нуля.

А.3.8 Испытание коэффициентов трения фиксаторов резьбовых соединений

Для описания характеристик коэффициентов трения под головкой болта и в резьбовой части фиксаторов резьбовых соединений проводят испытание. Испытания необходимо проводить согласно ГОСТ ISO 16047. Перед завинчиванием сменной гайки на проверяемый болт необходимо нанести резьбовой фиксатор на резьбовую часть сменного болта.

Примечание — Испытания проводят как для низкопрочных, так и для высокопрочных резьбовых фиксаторов.

А.4 Испытания высокопрочных клеев

А.4.1 Определение модуля упругости, коэффициента поперечного сжатия и кривой прочности с помощью испытания на растяжение клея

Для определения базовых параметров клея (модуля упругости, коэффициента поперечного сжатия, кривой прочности) применяют испытания клея. Пример геометрии приведен на рисунке А.1. Испытания выполняют со скоростью деформации $\dot{\varepsilon}$, равной 0,005 $с^{-1}$. Скорость испытания рассчитывают по формуле (А.2). Геометрию образца выбирают согласно ГОСТ 11262 или другим способом.

А.4.2 Испытание прочности при сдвиге

Прочность клеевого соединения при сдвиге испытывают для металлов и (гомогенных) полимерных материалов при приложении растягивающей нагрузки по ГОСТ 14759 и ГОСТ Р ИСО 11003-2 (см. также [3] и [4]) с испытательной скоростью, соответствующей начальной скорости сдвига 0,01 $с^{-1}$. Скорость испытания устанавливают согласно ГОСТ Р ИСО 11003-1 (см. также [5]). Она составляет 0,12 мм/мин при толщине клеевого слоя, равной 0,2 мм. В случае отклонения толщины клеевого слоя от рекомендуемой скорость испытания выбирают так, чтобы скорость сдвига составляла 0,01 $с^{-1}$. Для расчета скорости испытания применяют те же соотношения, что и в А.3.3.

Для испытания прочности клеевого соединения композитов и волокнистых композитов с металлами см. [6].

А.4.3 Испытание поведения ползучести для высокопрочных клеевых соединений

Поступают аналогично А.3.6. Геометрия образца соответствует А.4.2.

А.4.4 Испытание вибрационного поведения для высокопрочных клеевых соединений

Измеряют кривые Веллера с контролем по нагрузке, так как этот тип нагрузок наиболее близок к области применения. При оценке кривых Веллера указывают 95 %-ный доверительный предел и интервал прогнозирования. Частота испытания выбирается таким образом, чтобы во время испытания клей в соединении не нагревался более чем на 10 °С. Планирование и оценку испытаний Веллера выполняют согласно ГОСТ 25.101, ГОСТ 25.507. Геометрия образца соответствует А.4.2. Перекрывание вследствие деформации ползучести проверяют с помощью средней нагрузки, отличной от нуля.

А.5 Дополнительные испытания, измерение значений pH для отвержденных клеев в условиях повышенной влажности

Под воздействием влаги из клея могут высвобождаться вещества, которые могут привести к коррозии поверхности соединяемых деталей. Дальнейшая щелевая коррозия часто приводит к постепенной потере адгезии и к разрушению клеевого соединения. В качестве примера можно привести алюминиевые поверхности, которые стабильны только в определенном диапазоне pH, это значение зависит от сплава. Следует избегать клеев, которые под воздействием влаги образуют водную среду, pH которой выходит за пределы диапазона стабильности для соответствующих поверхностей.

Для контроля значений pH небольшие кусочки отвержденного клея (размером 10 х 10 мм и толщиной 0,5 мм) выдерживают в деионизированной воде (объемом 100 мл) при температуре 40 °С в течение 30 дней. Затем измеряют значение pH с помощью индикаторной бумаги, оно должно быть между pH 6 и pH 8. Одновременно испытывают два образца.

Приложение Б
(справочное)

Перечень требований

Таблица Б.1 — Основные характеристики перечня требований

Основные характеристики	Описание (примеры)
1 Геометрия	Конструктивные размеры клеевых соединений и смежных элементов, предельные отклонения для соединяемых частей
2 Кинематика и силы	Скорость, ускорение и частота, аэродинамические нагрузки (например, туннели, встречные поезда, боковой ветер), статические нагрузки (например, грузоподъемность, собственный вес, экстремальные нагрузки), удары и столкновения. Нагрузки оценивают с учетом направления, величины и частоты
3 Материалы	Физические и химические свойства соединяемых частей и клеев, вспомогательных и обязательных материалов с их характеристиками и параметрами (например, коэффициент теплового расширения, электропроводность клеев, демпфирование) и поверхностей
4 Безопасность	Безопасность изготовления, эксплуатационная надежность транспортного средства (например, прочность, пожаробезопасность), безопасность эксплуатации и безопасность для окружающей среды (например, наличие летучих органических веществ, побочных продуктов реакций, токсических веществ), классификация клеевых соединений согласно разделу 4
5 Эргономика	Взаимодействие «человек—машина»: обслуживание, режимы, обзорность, освещение, разработка форм
6 Изготовление и монтаж	Негативные факторы производственной площадки (например, пыль, аэрозоли, влажность, температура, условия хранения), максимальные технологические размеры, наилучший способ изготовления, средства изготовления, качество и предельные отклонения, негативные факторы материалов (например, максимальный срок хранения, время образования пленки, время отверждения, температурные и массовые эффекты энергии реакции в процессе склейки), сборка, установка, монтаж на площадке
7 Контроль	Расчеты, испытания элементов конструкции, отчеты, протоколы испытаний и документы, подтверждающие безопасность клея и компонентов клеевой системы, результаты испытаний
8 Транспортировка и хранение	Способ и условия отгрузки, обращение при транспортировке и хранении
9 Эксплуатация	Область применения, место установки (например, климат, рабочая среда), старение (например, ультрафиолетовое излучение, влажность), воздействие сред (например, моющих средств), рабочая температура, перепады температур, шумоподавление
10 Обслуживание	Ремонтопригодность, работа без обслуживания или количество и время случаев обслуживания, инспекционный контроль, замена и ремонт, покраска, чистка
11 Переработка	Повторное использование, переработка, демонтаж, разделение материалов, утилизация
12 Затраты	Затраты на изготовление, затраты на оборудование
13 Сроки	Сроки проектирования, сроки изготовления, сроки поставки комплектующих (например, материалы, оборудование)

Приложение В
(справочное)

Критерии выбора клеевых систем

Таблица В.1 — Критерии выбора клеевых систем

Критерий	Компонент/свойство клея	Пример	Примечание
1 Химические свойства клеевых систем			
С1	Химическая основа	Эпоксидная смола, полиуретан, акрилат и прочие	Сопоставимость различных клеев и информация о свойствах и поведении клеевого соединения при старении
С2	Тип отверждения/ схватывания	Однокомпонентные термоотверждаемые или влагоотверждаемые системы, двухкомпонентные системы, контактные клеи, сцепляющиеся клеи	Информация о технологических свойствах клея, а также о химических продуктах, которые могут выделяться при отверждении/ схватывании
С3	Летучие органические соединения/летучие субстанции	Спирты, уксусная кислота, изоцианаты, оксимы, растворители, реактивные разбавители, амины, смягчители.	Информация о химических веществах, в т. ч. опасных, которые могут выделяться из клея при эксплуатации
С4	Токсикологические свойства	ГОСТ Р 56930	Требования безопасности при эксплуатации и защита окружающей среды
С5	Характеристики pH	Экстракция отвержденного клея в дистиллированной воде (см. А.5)	Оценка старения клеевого соединения
2 Механические и физические свойства клея			
М1	Плотность при поставке	В соответствии с ГОСТ 15139	Используется для преобразования весовых значений в объемные
М2	Плотность в состоянии отверждения	В соответствии с ГОСТ Р 57713	Используется для оценки веса конструкции и поведения при неразрушающем контроле
М3	Окраска и возможность повторного покрытия		Окраска позволяет избежать путаницы и получить представление о качестве смешивания двухкомпонентных клеев
М5	Определение изменение объема из-за усадки	В соответствии с ГОСТ Р 59523—2021, 9.9	Используется для оценки внутренних напряжений и как информация для разработки процесса отверждения/связки
М6	Коэффициент теплового расширения	Синтетические материалы (в том числе клеи): термомеханический анализ (ТМА) по ГОСТ 32618.2. Другие материалы (металлы, стекло и т. д.) с дилатометром по [7]	Служит для оценки внутренних напряжений и влияет на выбор размеров клеевого соединения
М7	Зависимые от температуры механические свойства и диапазон стеклования	Динамо-механический анализ (ДМА) методом крутильного маятника по ГОСТ Р 56745, испытание на колебания изгиба по ГОСТ Р 56803, а также ГОСТ 34753 для сравнения с рабочей температурой элемента, диаграмма	Используется для оценки диапазона рабочих температур и влияет на выбор размеров клеевого соединения

Продолжение таблицы В.1

Критерий	Компонент/свойство клея	Пример	Примечание
М8	Твердость по Шору	В соответствии с ГОСТ Р ИСО 7619-1	Используется для сравнительной оценки реакции на механическое давление
М9	Прочность на разрыв, модуль упругости, коэффициент поперечного сжатия, диаграмма «сила—расстояние» с измерением продольного и поперечного растяжения с указанием геометрии образца	Испытание на растяжение по ГОСТ 34370, ГОСТ 11262, ГОСТ 14236, см. А.3.2, А.4.1. Температура испытаний: (23 ± 2) °С (при относительной влажности 50 %) и 70 °С (при относительной влажности 85 %), при необходимости дополнительные испытания в соответствии с перечнем требований, кондиционирование образцов	Предоставляет основные механические параметры и характеристики для моделирования материала клея. Эти данные требуются для расчета, получения размеров и позволяют использовать метод конечных элементов
М10	Испытание образца клея на давление	Испытание на давление (см. А.3.4)	См. пояснение к критерию М9
М11	Прочность на растяжение и сдвиг, характеристики напряжения сдвига и скольжения, характеристики под воздействием расслаивающей нагрузки	Испытания на растяжение (см. А.3.3 и А.4.2) и испытание на отслаивание по ГОСТ 28966.2, ГОСТ Р 57832	Предоставляет базовые механические параметры и прочность клеевого соединения под воздействием напряжения сдвига и используется для испытания под расслаивающей нагрузкой
М12	Испытания на ползучесть	(см. А.3.6 и А.4.3)	Обеспечивает основу для измерений при ползучей нагрузке (с постоянными нагрузками)
М13	Испытания на релаксацию	(см. А.3.5)	Обеспечивает основу для измерений при релаксационной локальной многоосевой нагрузке (с постоянными сдвигами)
М14	Колебательные испытания	(см. А.3.7 и А.4.4)	Обеспечивает основу для измерений при колебательной нагрузке
М15	Механические свойства при более высоких скоростях (удар, столкновение)	Сравнительный анализ по ГОСТ 14760, измерение характеристик при высокой скорости растяжения по М9	Испытания описывают свойства при высокой скорости нагружения
Р1	Удельное электрическое сопротивление	В соответствии с ГОСТ Р 50499	Используется для оценки коррозионных характеристик при соединении различных электропроводящих материалов (например, сталь/алюминий, алюминий/композит из углеродного волокна)
Р2	Теплопроводность	Синтетические материалы (в том числе клеи) согласно ГОСТ 7076 (метод с пластиной); металлы и хорошо проводящие материалы в соответствии с ГОСТ Р 57943	Используется для оценки теплоизолирующей способности (теплопередачи)
Р3	Устойчивость к воздействиям внешней среды	Влажность, влагопоглощение, устойчивость к влаге, чистящим средствам и эксплуатационным материалам, см. ГОСТ 9.708, ГОСТ 33121, таблицу Д.1	Используется для оценки устойчивости к воздействиям среды эксплуатации
Р4	Фотохимическая устойчивость	УФ-излучение, видимое излучение, см. [8], также см. таблицу Д.1	Используется для оценки устойчивости к солнечному излучению

Окончание таблицы В.1

Критерий	Компонент/свойство клея	Пример	Примечание
Р5	Микробиологическая метаболизируемость		Используется, например, для оценки риска поражения плесенью и грибком (например, у силиконов)
Р6	Износостойкость	Сопротивление истиранию	Используется для оценки внешнего вида после длительной эксплуатации
Р7	Стойкость к горению	Согласно перечню требований соединяемых деталей	Служит для оценки поведения при пожаре в клеевом соединении и оценки риска для целостности конструкции в случае пожара
3 Технологические параметры процесса			
Т1	Кривая вязкости до отверждения как функция скорости сдвига и температуры	ГОСТ 25271, ГОСТ Р 57400	
Т2	Необходимые аппликаторы, тара	Абразивные свойства наполнителей, защита от влаги, света и окисления, температурный режим, затраты на очистку аппликаторов, количество отходов	
Т3	Параметры обработки, например, давление, температура, условия окружающей среды	Включить подготовку к выполнению работ	
Т4	Время обработки в зависимости от температуры и влажности	Жизнеспособность, время образования пленки, открытое время, время выдержки	
Т5	Характер затвердевания, вязкости, прочности, необходимость фиксации	Включить время подготовки к выполнению работ	
Т6	Стабильность процесса	Чувствительность к отклонениям параметров процесса и окружающей среды	
Т7	Ремонтопригодность	Разборность клеевого соединения, адгезия, прочность на сцепление и устойчивость после ремонта с помощью отвержденного клея аналогичной или другой системы	
Т8	Поверхность соединяемых деталей	Качественное описание, например, лакокрасочное покрытие, предварительная обработка, совместимость клеевой системы и поверхности	
Т9	Стабильность формы деталей	Качество	
Т10	Срок годности	Включить логистику	
Т11	Индивидуальные средства защиты	Вытяжка, персональные средства защиты	

Приложение Г
(справочное)

Конструкторская документация

В конструкторской документации присоединяемого элемента указывают ссылку на настоящий стандарт. Кроме того, необходима ссылка на требуемое состояние поверхности.

Г.1 Обозначение и изображение клеевых соединений по ГОСТ 2.313

1) Клеевое соединение, не требующее указания толщины в соответствии с ГОСТ 2.313, представлено на рисунке Г.1.

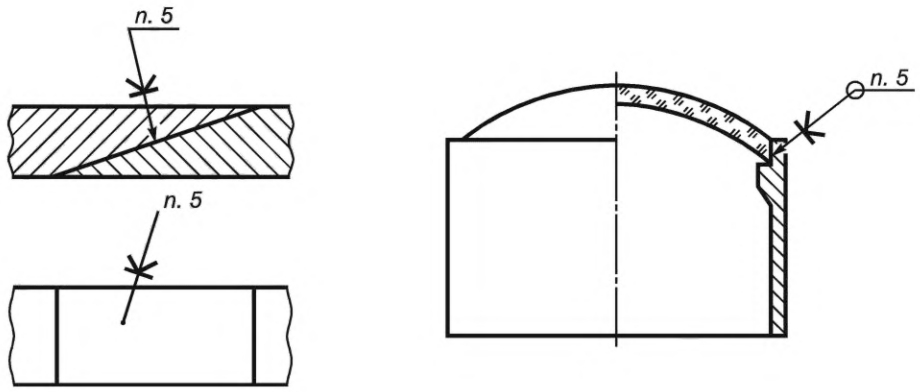


Рисунок Г.1

В технических требованиях указывают данные на клеевое соединение:

Пример — 5 Клей XXXX

Класс клеевого соединения А3 по ГОСТ Р 71153.3

Подготовку поверхностей и нанесение клея выполнить по инструкции …

2) Клеевые соединения, требующие указания толщины в соответствии с ГОСТ 2.109, представлены на рисунках Г.2 и Г.3.

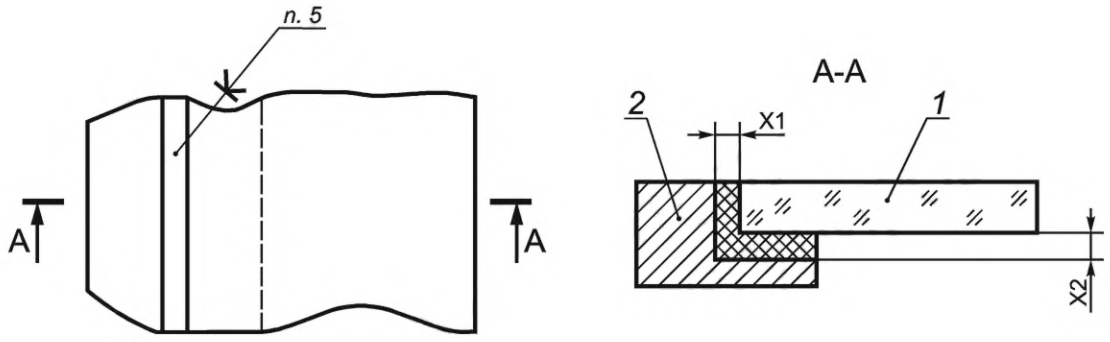


Рисунок Г.2

В технических требованиях указывают данные на клеевое соединение:

Пример — 5 Клей XXXX

Класс клеевого соединения А3 по ГОСТ Р 71153.3

Подготовку поверхностей и нанесение клея выполнить по инструкции …

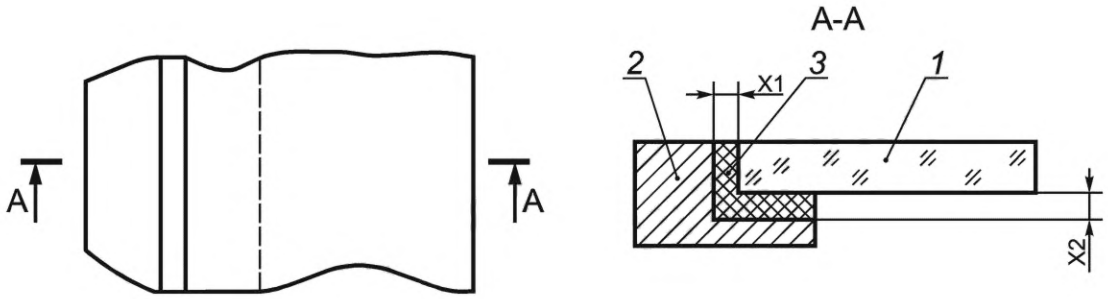


Рисунок Г.3

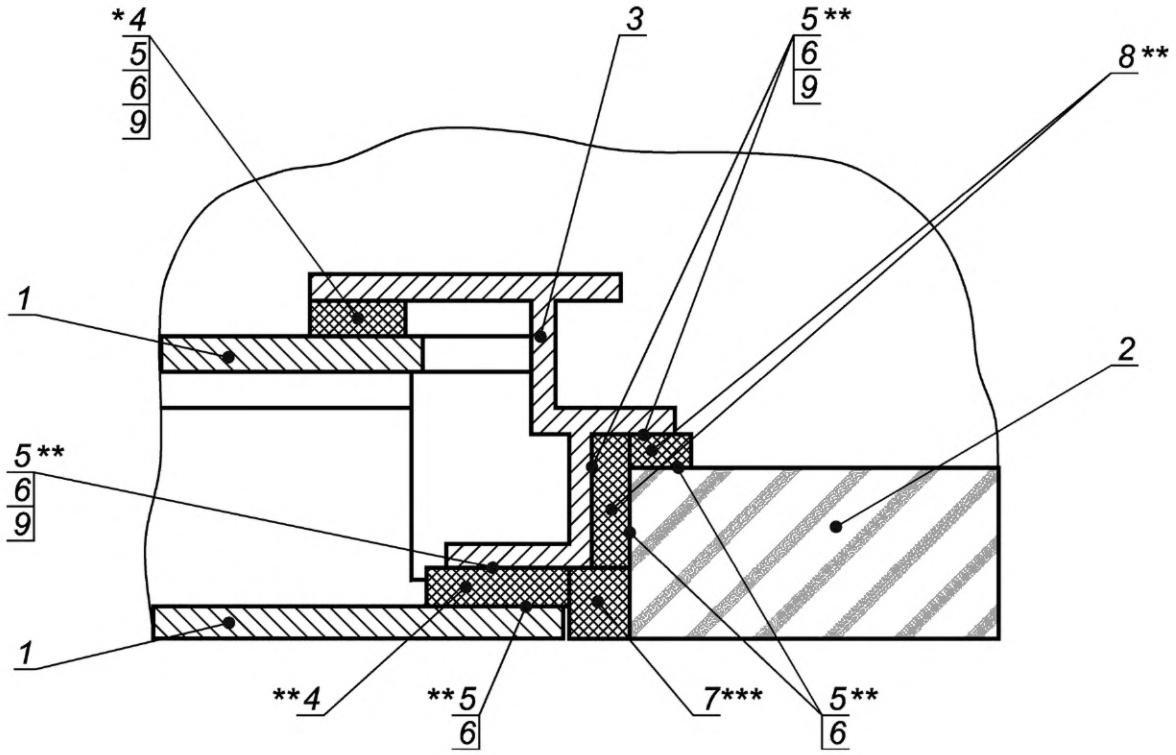
В технических требованиях указывают данные на клеевое соединение:

Пример — 5 Класс клеевого соединения А3 по ГОСТ Р 71153.3

Подготовку поверхностей и нанесение клея поз. 3 выполнить по инструкции …

Г.2 Альтернативные варианты изображения и обозначения клеевых соединений

По требованию заказчика допускаются альтернативные варианты изображения и обозначения клеевых соединений. На рисунках Г.4—Г.6 изображены фрагменты альтернативных вариантов чертежей клеевых соединений, которые можно комбинировать друг с другом.



1 — каркас; *2* — рама; *3* — каркас; *4* — клей рама-каркас; *5* — клеевой подслой 1; *6* — клеевой подслой 2; *7* — клей уплотнительная шайба — кузов вагона; *8* — клеевое соединение и уплотнительная прокладка рамы; *9* — клеевой подслой 3

Рисунок Г.4 — Пример обозначения клеев и клеевых подслоев

На рисунке Г.4 представлены три варианта, обозначенные *, **, ***:

* Вариант 1. Все клеи и добавки для всех соединяемых поверхностей указывают на одной выносной линии. В конструкторской и технологической документации должно быть подробно описано, в каком порядке и на какие поверхности наносят клеевые наполнители.

** Вариант 2. Рекомендуемый вариант. Явно показано однозначное распределение клея по поверхности. В конструкторской и технологической документации также должен быть описан подробный процесс предварительной обработки.

*** Вариант 3. Здесь, помимо прочего, дополнительно используются символы для обозначения классов компонентов. Клеи, добавки и их применение описываются в отдельном документе. Необходима ссылка на настоящий стандарт.

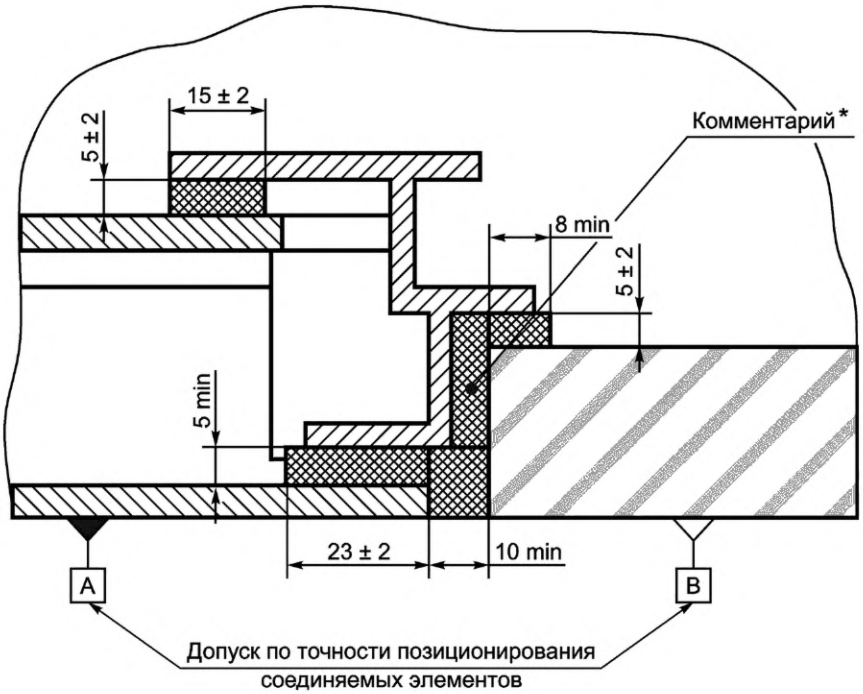


Рисунок Г.5 — Пример указания размеров клеевых соединений

На чертежах всегда указывают номинальные размеры без учета возможной усадки, в том числе на чертежах отдельных конструктивных элементов. При использовании приспособлений, которые обеспечивают дистанцию между склеиваемыми деталями и т. п., требуют точного положения или остаются в клеевом соединении, их расположение должно быть показано на чертеже.

Предельные отклонения или минимальная толщина и ширина клеевого слоя могут быть указаны в другой конструкторской и технологической документации.

Если размеры или допуски клеевого слоя не указаны, предполагается, что размеры не важны для выполнения функций или производства. При необходимости можно указать комментарий (*) (например, «обратите внимание на заливку без полостей»).

* Присвоение класса клеевому соединению возможно на основании другого конструкторского и технологического документа.

** Распределение частей клеевого шва должно однозначно вытекать из чертежа или другого конструкторского и технологического документа (например, из комментариев или соответствующих видов и сечений).

*** Класс клеевого соединения деталей можно обозначать с помощью символов, например для А1 — закрашенный круг, для А2 — наполовину закрашенный круг и для А3 — незакрашенный круг.

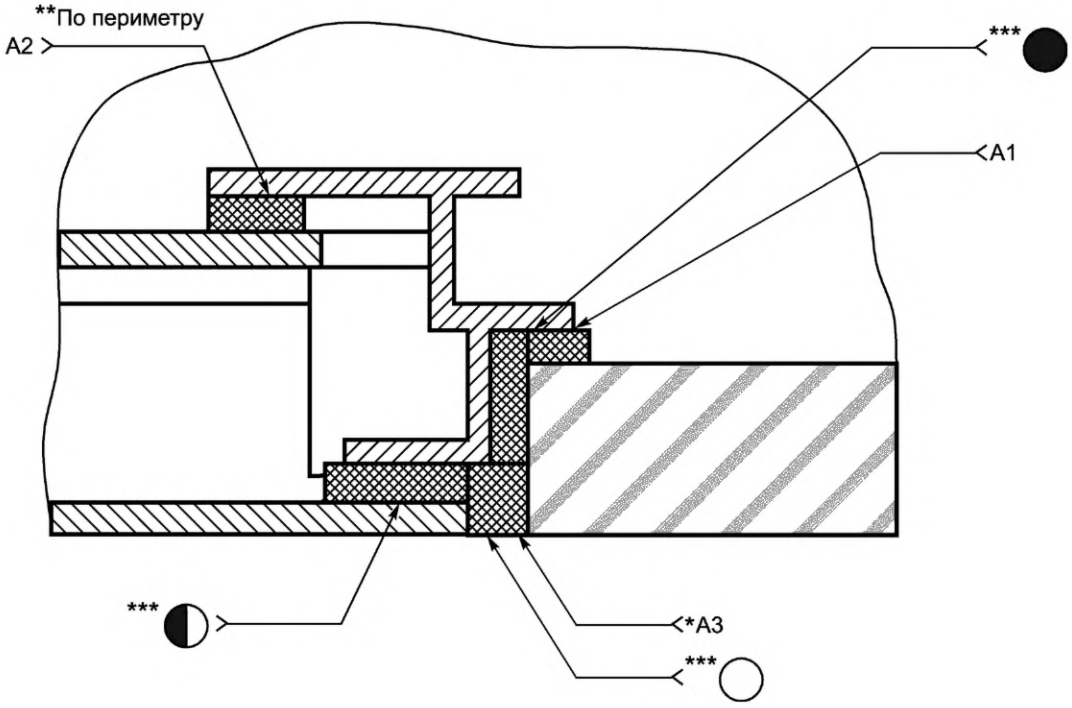


Рисунок Г.6 — Пример дополнительных обозначений

Приложение Д
(справочное)

Испытания на старение

Таблица Д.1 — Выбор часто применяемых испытаний на старение

Область применения	Нормативные документы	Примечания
Руководства по выбору условий	См. [9], в частности, приложение Е, горячий влажный компресс	Температуру, влажность, время, циклы, процедуру, состав циклов старения, количество циклов выбирают в зависимости от приложения
Водопоглащение	ГОСТ 4650	
Атмосферостойкость, нормальные климатические условия	ГОСТ Р 51369	Климатические условия испытаний по ГОСТ Р 51369 (40 °С, относительная влажность 92 %) без конденсации воды на образцах
Устойчивость к изменениям климата	ГОСТ 9.401	Один цикл включает: - 4 ч при температуре 80 °С и относительной влажности 80 %; - охлаждение в течение 2 ч до –40 °С; - 4 ч при –40 °С; - нагрев в течение 2 ч до 80 °С при относительной влажности 80 %. Продолжительность испытания — 60 циклов или 120 циклов
Устойчивость к конденсату, температуре, влаге	ГОСТ 28966.2	Испытание на расслоение валика шва с климатическим кондиционированием
Устойчивость к свету и погодным условиям	См. [8], [10], [11]	Испытания с помощью фильтрованного ксенонового дугового излучения (раздел 2) и люминесцентного ультрафиолетового излучения (раздел 3)
Устойчивость к теплу, влаге, морской воде	См. [12]	Циклическая нагрузка под воздействием температуры, влаги (также морской воды)
Устойчивость к соляному туману и водному конденсату	ГОСТ 33362	Воздействие влажности и нейтрального солевого тумана на образцы из синтетического материала (или клея)
Устойчивость к морской воде	ГОСТ 34388, ГОСТ 30630.2.5	Предназначено для определения антикоррозионных свойств покрытий (в т. ч. клеевого слоя). Включает испытание в нейтральном соляном тумане, в уксуснокислом соляном тумане и медно-уксуснокислом соляном тумане
Соляной туман и водяной конденсат	ГОСТ 28207, [13]	Коррозия и конденсированная влага (из автомобилестроения). Один цикл включает: - 24 ч испытание соляным туманом по ГОСТ 34388, ГОСТ 30630.2.5; - 96 ч конденсированной водой по ГОСТ Р 51369; - 48 ч при комнатной температуре по ГОСТ 12423. Продолжительность испытания — 10 циклов
Устойчивость к воздействиям среды	ГОСТ 12020	Воздействие жидких химикатов на пластмассы

Приложение Е
(справочное)

Примеры клеевых соединений в зависимости от класса и предъявляемых требований

В таблицах Е.1—Е.4 приведены примеры клеевых соединений деталей и узлов железнодорожного подвижного состава в зависимости от класса и предъявляемых требований.

Таблица Е.1 — Клеевые соединения класса А1 с высокими требованиями

Клеевое соединение	Примечание
1 Пластиковые детали локомотива (например, лобовая часть, боковина, торцевая стенка, крыша)	—
2 Лобовое окно с кузовом	—
3 Лобовой прожектор, наружное стекло, например защитное стекло для сигнального освещения кузова или рамы	—
4 Буферная фара, наружное стекло, например защитное стекло для сигнального освещения кузова или рамы	—
5 Решетка звукового сигнала на кузове	—
6 Окно, наружное стекло, например боковые окна с кузовом или рамой	—
7 Наружные боковые окна в раме	—
8 Входная дверь, наружное стекло, например дверное стекло снаружи на дверном полотне	—
9 Входная дверь, приклеенное дверное полотно	Если не закреплено фиксаторами или с помощью резьбовых соединений
10 Внешняя оконная рама с кузовом	—
11 Информационное табло для пассажиров, наружное стекло (например, защитное стекло информационного табло)	—
12 Детали внешнего оборудования с кузовом	—
13 Коробки для оборудования с кузовом или рамой транспортного средства, включая их облицовку	—
14 Кровельные конструкции на сэндвич-крыше	—
15 Полозы токоприемника	Если не закреплены фиксаторами
16 Водосточный желоб с кузовом	—
17 Стеклопакеты	—
18 Термоклееные колесные пары	—

Таблица Е.2 — Клеевые соединения класса А2 со средними требованиями

Клеевое соединение	Примечание
1 Элементы внутреннего оборудования, такие как подвесные шкафы, потолочные элементы с приклеенными крепежными элементами	—
2 Облицовка перегородок	—
3 Окно, внутреннее стекло, например боковое окно изнутри в раме	—
4 Входная дверь, внутренне стекло	Для небольших дверных стекол
5 Оконная рама изнутри с кузовом	—
6 Конструкция пола на основании	—
7 Напольные покрытия в зоне лестниц	При отсутствии закрепления к кромкам ступеней или к кромочным профилям
8 Зеркало внутри	В зависимости от места установки и размера (также возможна классификация в А3)

Таблица Е.3 — Клеевые соединения класса А3 с низкими требованиями

Клеевое соединение	Примечание
1 Соединение информационных знаков с поверхностью внутренней отделки	—
2 Соединение зеркала с поверхностью внутренней отделки	В зависимости от места установки и размера (также возможна классификация в А2)
3 Соединение напольного покрытия с полом	В зоне лестниц с использованием резьбовых креплений к кромкам ступеней или к кромочным профилям
4 Соединение корпуса дверной ручки с дверным полотном	—
5 Крепление вентиляционной решетки внутри кузова	—
6 Герметизация компонентов, например блок кондиционирования воздуха, дефлектор вентиляции, антенны	Герметизация швов
7 Соединение декоративных элементов отделки с поверхностью внутренней отделки	—
8 Пол, лестничные ступени, ступени вспомогательного средства для посадки с приклеенным противоскользящим покрытием (например, противоскользящая лента Safety Walk)	В зависимости от места установки
9 Лобовой прожектор, стекло полностью герметичное, например защитное стекло для сигнального освещения кузова или рамы	—
10 Буферная фара, стекло полностью герметичное, например защитное стекло для сигнального освещения кузова или рамы	—
11 Окно, стекло полностью герметичное	Стекло защищено рамой

Таблица Е.4 — Клеевые соединения класса Б без требований

Клеевое соединение	Примечание
1 Войлочные полосы (для шумоизоляции) с компонентами	—
2 Пиктограммы, пленки для надписей, пленка для защиты от осколков, пленка для защиты от царапин, термозащитная пленка для стеклянных/компонентных поверхностей	—
3 Изделия из дерева или столярные изделия, не относящиеся к вышеуказанным группам (например, облицовка деревом)	—
4 Клеевые соединения для облегчения сборки	Когда в смонтированном состоянии клеевое соединение не выполняет функцию соединения
5 Гибридное соединение (резьбы или заклепки в сочетании со склеиванием)	Без поддерживающей функции клея; не применяется для фиксации винтов

Библиография

[1] Малышева Г.В. Склеивание в машиностроении. Справочник. В 2-х т. Издательство: Наука и технологии, 2005 г.

[2] ИСО 21194:2019 Клеи эластичные. Испытание клеевых соединений. Испытание на отслаивание клеевого валика (Elastic adhesives — Testing of adhesively bonded joints — Bead peel test)

[3] ДИН ЕН 1465:2009 Клей. Определение предела прочности при сдвиге высокопрочных адгезионных соединений (Adhesives — Determination of tensile lap-shear strength of bonded assemblies)

[4] ИСО 4587:2003 Клеи. Определение прочности на сдвиг для растягивающего усилия при соединении внахлестку клеевых соединений жестких материалов (Adhesives — Determination of tensile lap-shear strength of rigid-to-rigid bonded assemblies)

[5] ДИН ЕН 14869-1:2004 Клеи строительные. Определение швов при сдвиге. Часть 1. Метод испытания на кручение клееных встык полых цилиндров (Structural adhesives — Determination of shear behaviour of structural bonds — Part 1: Torsion test method using butt-bonded hollow cylinders)

[6] ASTM D3528-96 (2016) Standard Test Method for Strength Properties of Double Lap Shear Adhesive Joints by Tension Loading

[7] ДИН 51045-1:2005 Определение термического расширения твердых тел. Часть 1. Основные правила. (Determination of the thermal expansion of solids — Part 1: Basic rules)

[8] ИСО 4892-1:2016 Пластмассы. Методы экспонирования под лабораторными источниками света. Часть 1. Общие руководящие положения (Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 1: General guidance)

[9] ИСО 9142:2003 Клеи. Руководство по выбору стандартных лабораторных условий старения для испытания клеевых соединений (Adhesives — Guide to the selection of standard laboratory ageing conditions for testing bonded joints)

[10] СТ РК ISO 4892-2—2020 Пластмассы. Методы испытаний на воздействие лабораторных источников света. Часть 2. Лампы с ксеноновой дугой

[11] ИСО 4892-3:2016 Пластмассы. Методы экспонирования под лабораторными источниками света. Часть 3. Люминесцентные лампы ультрафиолетового излучения (Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 3: Fluorescent UV lamps)

[12] ASTM D1183-96 Standard Test Methods for Resistance of Adhesives to Cyclic Laboratory Aging Conditions

[13] СТБ ISO 11997-1—2018 Материалы лакокрасочные. Определение стойкости к циклическому воздействию коррозионных условий. Часть 1. Увлажнение (соляной туман)/сушка/влажность

УДК 624.078.43; 621.792

ОКС 45.040;
83.180

Ключевые слова: клеевое соединение, железнодорожный транспорт, требование, разработка, проектирование, технология, нагрузка, испытание, подтверждение соответствия, конструкторская документация

Редактор *З.А. Лиманская*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 22.01.2024. Подписано в печать 07.02.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,55.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru