

Акционерное общество  
«Научно-исследовательский центр «Строительство»  
(АО «НИЦ «Строительство»)



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ      СТО 36554501-064–2020\*\***

**СИСТЕМЫ МОДУЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ, УСТРОЙСТВА ОПОР ПОД ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ФАЛЬШПОЛОВ**

**Правила проектирования и оценки качества**

**Издание официальное**

**Москва**

**2024**

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН

Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство») – Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций (ЦНИИСК) имени В.А. Кучеренко

2 ВНЕСЕН

Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций (ЦНИИСК) имени В.А. Кучеренко

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН  
В ДЕЙСТВИЕ

Приказом Генерального директора АО «НИЦ «Строительство» от 15 января 2024 г. № 05

4 ВЗАМЕН

СТО 36554501-064–2020\*

5 КОД ПРОДУКЦИИ  
(РАБОТЫ, УСЛУГИ)

25.11.23.119 «Конструкции и детали конструкций из черных металлов прочие, не включенные в другие группировки»

Замечания и предложения следует направлять в АО «НИЦ «Строительство».

Тел.: +7 (495) 602-00-70

© АО «НИЦ «Строительство», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве нормативного документа без разрешения АО «НИЦ «Строительство». Применение настоящего стандарта следует осуществлять на базе договора с АО «НИЦ «Строительство», что определено положениями ГОСТ Р 1.4–2004 (пункт 4.18)

## Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	4
4 Общие положения.....	6
4.1 Классификация стальных модульных монтажных систем по назначению.....	6
4.2 Классификация конструктивных элементов модульных систем.....	7
4.3 Типовые варианты конструкций, состоящих из элементов модульных систем.....	14
4.4 Основные требования к конструкциям.....	19
4.5 Основные расчетные требования.....	20
4.6 Учет назначения и условий работы конструкций.....	21
5 Материалы для конструкций и соединений.....	22
5.1 Сталь.....	22
5.2 Нержавеющая сталь.....	23
5.3 Соединения стальных конструкций.....	24
5.4 Требования к коррозионной стойкости.....	24
5.5 Требования к огнестойкости конструкций.....	25
6 Общие положения к расчету и проектированию модульных систем.....	25
7 Конструктивные требования к креплению элементов сетей и оборудования систем инженерно-технического обеспечения, технологических трубопроводов, опор под инженерно-техническое оборудование, фальшполов.....	32
7.1 Сети инженерно-технического обеспечения.....	32
7.2 Технологические трубопроводы.....	36
Приложение А (справочное) Этапы проектирования модульных конструкций различного назначения и требования нормативных документов.....	37
Приложение Б (справочное) Примеры типовых узлов креплений инженерных систем.....	62
Приложение В (справочное) Пример задания на проектирование.....	68
Приложение Г (справочное) Примеры проектирования опор с применением элементов монтажной системы.....	71
Приложение Д (обязательное) Методы и критерии оценки качества элементов модульных монтажных систем.....	97
Приложение Е (справочное) Процесс проведения оценки качества элемен-	

тов модульных систем в блок-схемах.....	221
Приложение Ж (справочное) Методика оценки результатов испытаний.....	238
Приложение И (справочное) Оценка несущей способности элементов модульных систем с помощью профильных инженерных программных комплексов.....	243
Приложение К (обязательное) Форма технического паспорта на элемент модульной системы.....	277
Приложение Л (справочное) Пример технического паспорта на элемент модульной системы.....	286
Библиография.....	291

## Введение

Настоящий стандарт организации разработан в целях соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и с учетом требований федеральных законов от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Модульные системы (модульные монтажные системы) состоят из типовых изделий (элементов) заводского изготовления, позволяющих создавать сборно-разборные несущие строительные конструкции с возможностью регулировки положения узлов как при монтаже, так и во время эксплуатации. Элементы модульной системы изготавливаются из стали, но могут иметь составные части или полностью состоять из пластика, резины, алюминия и других материалов, выполняющие изоляционные, декоративные (эстетические) и иные функции. Как правило, модульные системы применяются для крепления элементов систем инженерно-технического обеспечения, технологических трубопроводов, устройства опор под инженерно-техническое оборудование, сборки площадок обслуживания и фальшполов.

В приложениях к настоящему стандарту организации приведены:

- этапы проектирования модульных конструкций различного назначения и требования нормативных документов – приложение А;
- примеры типовых узлов креплений, задания на проектирование и проектирование опор с применением элементов монтажной системы – приложения Б–Г;
- методы и примеры оценки качества элементов модульных систем – приложение Д;
- блок-схемы, отражающие процесс проведения оценки качества, – приложение Е;
- методики оценки результатов испытаний – приложение Ж;
- оценка несущей способности элементов стальных модульных монтажных систем с помощью профильных инженерных программных комплексов – приложение И;
- форма и пример технического паспорта на элемент модульной системы – приложения К и Л соответственно.

Настоящий стандарт организации разработан авторским коллективом ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» (руководитель – д-р техн. наук *И.И. Ведяков*, канд. техн. наук *Д.В. Конин*, *А.С. Крылов*, *Л.С. Рожкова*, *А.А. Сосков*).



# СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

## СИСТЕМЫ МОДУЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ, УСТРОЙСТВА ОПОР ПОД ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ФАЛЬШПОЛОВ

### Правила проектирования и оценки качества

Steel modular systems for fastening network elements and equipment of engineering building systems, technological pipelines, service platforms installation, integrated raised floors. Rules for design and quality assessment

Дата введения — 2024—01—15

## 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации распространяется на стальные модульные системы (модульные монтажные системы) для крепления систем инженерно-технического обеспечения (водоснабжения, канализации, вентиляции, теплоснабжения и т. п.), технологических трубопроводов к конструктивным элементам зданий и сооружений, а также на модульные системы для устройства фальшполов, площадок обслуживания, опор под оборудование, эксплуатируемых при систематическом воздействии температур не ниже минус 60 °С и не выше 100 °С<sup>1)</sup>.

1.2 При проектировании конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации (например, конструкций, подвергающихся сейсмическим, динамическим воздействиям, интенсивным воздействиям температуры, радиации, агрессивных сред), конструкций, расположенных в уникальных зданиях и сооружениях, конструкциях мостов и тоннелях, зданиях атомных электростанций, следует соблюдать дополнительные требования, предусмотренные соответствующими нормативными документами, в которых отражены особенности работы этих конструкций.

1.3 Условия эксплуатации стальных модульных монтажных систем определяются требованиями настоящего стандарта организации.

1.4 Настоящий стандарт организации не распространяется на анкеры, прочие крепежные элементы к опорным конструкциям и на строительные конструкции

<sup>1)</sup> Температура эксплуатации изделий из углеродистых сталей без потери прочностных свойств. Температура эксплуатации изделий из нержавеющей сталей приведена в 5.2.

зданий и сооружений, к которым крепятся стальные модульные монтажные системы.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.301 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования

ГОСТ 19.301 Единая система программной документации. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению

ГОСТ 1497–84 (ИСО 6892–84) Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 1759.1 Болты, винты, гайки и шурупы. Допуски, методы контроля размеров и отклонений формы и расположения поверхностей

ГОСТ 3262 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия

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

ГОСТ 5915 Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 10446–80 (ИСО 6892–84) Проволока. Метод испытания на растяжение

ГОСТ 10704 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

ГОСТ 11701 Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент

ГОСТ 14637 (ИСО 4995–78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия

ГОСТ 14918 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия

ГОСТ 22042 Шпильки для деталей с гладкими отверстиями. Класс точности В. Конструкция и размеры

ГОСТ 26877 Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы

ГОСТ 27751 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 27772 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 30247.0 (ИСО 834–75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 32569 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах

ГОСТ 34100.3/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ ISO 898-1 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 898-2 Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 2. Гайки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы

ГОСТ ISO 3269 Изделия крепежные. Приемочный контроль

ГОСТ ISO 3506-1 Механические свойства крепежных изделий из коррозионно-стойкой нержавеющей стали. Часть 1. Болты, винты и шпильки

ГОСТ ISO 4032 Гайки шестигранные нормальные (тип 1). Классы точности А и В

ГОСТ ISO 4759-1 Изделия крепежные. Допуски. Часть 1. Болты, винты, шпильки и гайки. Классы точности А, В и С

ГОСТ ISO 7092 Шайбы плоские. Мелкая серия. Класс точности А

ГОСТ Р 52868–2021 (МЭК 61537:2006) Системы кабельных лотков и системы кабельных лестниц для прокладки кабелей. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ Р 53316 Электропроводки. Сохранение работоспособности в условиях стандартного температурного режима пожара. Методы испытаний

ГОСТ Р 58972 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия

ГОСТ Р ИСО 4014 Болты с шестигранной головкой. Классы точности А и В

ГОСТ Р ИСО 6707-1 Здания и сооружения. Общие термины

СП 2.13130 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты

СП 4.13130 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

СП 7.13130.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия»

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»

СП 43.13330 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий»

СП 73.13330 «СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические системы зданий»

СП 124.13330 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети»

СП 131.13330 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»

СП 260.1325800.2023 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнуто-оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования

СП 296.1325800 Здания и сооружения. Особые воздействия

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

### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте организации применены термины по [1], [2], ГОСТ 27751, ГОСТ Р ИСО 6707-1, СП 2.13130, СП 7.13130, СП 16.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

#### 3.1

**внутренние санитарно-технические системы:** Совокупность размещенных внутри здания систем холодного и горячего водоснабжения, отопления, канализации, водостоков, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло- и холодоснабжения.

[СП 73.13330.2016, пункт 3.4]

**3.2 модульная (монтажная) система:** Система, состоящая из элементов, позволяющих создавать сборно-разборные несущие строительные конструкции с возможностью регулировки положения узлов, как при монтаже, так и во время эксплуатации. При этом не требуется дополнительная механическая обработка составляющих модульной системы, кроме нарезки стержневых элементов необходимой длины.

**3.3 элемент модульной системы:** Типовое изделие заводского изготовления, которое может быть присоединено к другому изделию, входящему в состав модульной системы.

Примечание – Элементы модульной системы изготавливаются из стали, но могут иметь составные части из пластика, резины, алюминия и других материалов,

выполняющие изоляционные, декоративные (эстетические) и иные функции. Вспомогательные элементы (декоративные заглушки, распределительные опоры и т. д.) модульной системы могут полностью быть изготовлены из пластика, резины, алюминия и других материалов.

**3.4 стержневой элемент:** Несущий элемент модульной системы удлиненной формы, два размера которого (высота и ширина) малы по сравнению с третьим размером (длиной), имеющее заранее предусмотренные места (с определенным шагом по всей длине элемента) для соединения с другими элементами модульной системы с помощью соединительных элементов и (или) соединителей, а также для соединения с опорной конструкцией с помощью опорных элементов и (или) соединителей.

**3.5 коннектор (соединительный элемент):** Несущий элемент модульной системы, предназначенный для соединения и передачи нагрузки между стержневыми элементами.

**3.6 опорный элемент:** Несущий элемент модульной системы, предназначенный для крепления стержневых элементов к опорной конструкции и передачи на нее нагрузки.

**3.7 соединитель:** Несущий элемент модульной системы, используемый для крепления соединительных и опорных элементов к стержневому элементу.

3.8

**огнезащита:** Технические мероприятия, направленные на повышение огнестойкости и (или) снижение пожарной опасности зданий, сооружений, строительных конструкций.

[ГОСТ Р 53295–2009, пункт 3.1]

**3.9 опорная конструкция:** Конструкция для опирания модульной системы; может быть конструктивным элементом здания или сооружения, а также частью модульной системы по отношению к другому ее элементу.

**3.10 базовый материал:** Материал опорной конструкции в проекте.

**3.11 узел соединения:** Часть конструкции модульной системы, обладающая совместной несущей способностью, образованная в ходе сборки двух или более элементов модульной системы.

3.12

**сеть инженерно-технического обеспечения:** Совокупность трубопроводов, коммуникаций и других сооружений, предназначенных для инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений.

[2, статья 2, часть 2, пункт 20]

3.13

**система инженерно-технического обеспечения:** Одна из систем здания или сооружения, предназначенная для выполнения функций водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения, электроснабжения, связи, информатизации, диспетчеризации,

мусороудаления, вертикального транспорта (лифты, эскалаторы) или функций обеспечения безопасности.

[2, статья 2, часть 2, пункт 21]

3.14

**сооружение:** Результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов.

[2, статья 2, часть 2, пункт 23]

3.14

**строительная конструкция:** Часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции.

[2, статья 2, часть 2, пункт 24]

**3.16 технический паспорт (на элемент модульной системы):** Документ, содержащий информацию, необходимую для использования элемента модульной системы при проектировании и монтаже конструкций из модульных систем, полученную методами, описанными в настоящем стандарте организации; оформляется по форме приложения К настоящего стандарта организации.

**3.17 технологический трубопровод:** Трубопровод промышленных предприятий, по которому транспортируются газ, пар, жидкость, являющиеся сырьем, полуфабрикатами, готовой продукцией, отходами производства или продуктами, необходимыми для нормального течения технологического процесса, при различных значениях давления и температуры.

**3.18 фальшпол:** Конструкция, состоящая из плит и каркаса, которая служит для создания плоскости чистого пола, выполняющая несущие и ограждающие функции и передающая нагрузки на строительные конструкции здания или сооружения, имеющая пространство между плитами и основным полом.

## 4 Общие положения

### 4.1 Классификация модульных систем по назначению

#### 4.1.1 Крепление воздуховодов

Модульные системы предназначены для крепления воздуховодов систем вентиляции и дымоудаления к вертикальным и горизонтальным опорным конструкциям.

#### 4.1.2 Крепление трубопроводов

Модульные системы предназначены для крепления трубопроводов сетей теплоснабжения, холодоснабжения, водоснабжения, водоотведения, технологических трубопроводов к вертикальным и горизонтальным опорным конструкциям.

#### 4.1.3 Крепление оборудования

Модульные системы предназначены для крепления оборудования к опорным конструкциям.

#### 4.1.4 Фальшполы

Модульные системы предназначены для организации конструкции пола над плитами перекрытий с пространством между покрытием пола и перекрытием, могут иметь горизонтальный, наклонный или переменный (ступенями) уровень. Их применяют для организации пространства под полом, которое может быть использовано для пропуска коммуникаций, их обслуживания, устройства технологических проходов. Также модульные системы применяют для опирания оборудования, которое необходимо установить выше уровня перекрытия.

#### 4.1.5 Площадки обслуживания

Модульные системы предназначены для обеспечения доступа для обслуживания и ремонта трубопроводов и оборудования различного назначения.

### 4.2 Классификация конструктивных элементов модульных систем

4.2.1 Профиль – стержневой элемент открытого или закрытого сечения (рисунок 4.1, таблица 4.1).

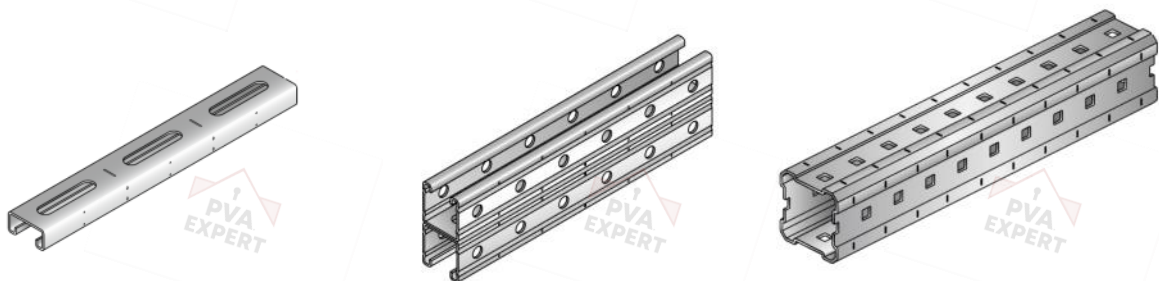
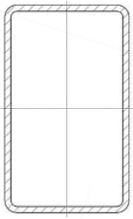
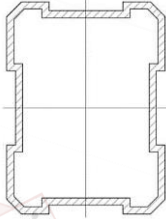
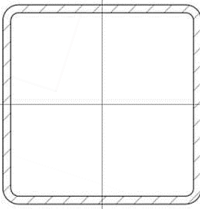
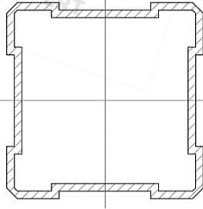
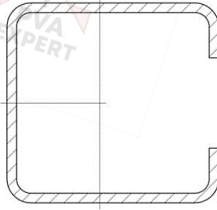
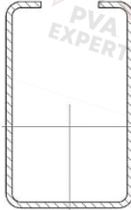

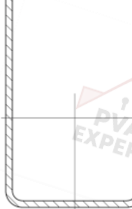
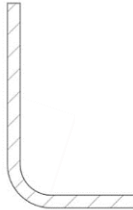
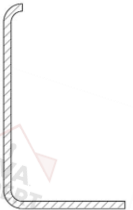


Рисунок 4.1 – Примеры профилей модульных систем

Стальные профили модульных систем не подвержены редуции. Соответствующую проверку следует выполнять в соответствии с СП 260.1325800.2023 (подпункт 7.3.1.7). В случае если коэффициент редуции равен единице ( $\rho = 1$ ), расчет профиля следует выполнять в соответствии с требованиями СП 16.13330.

Таблица 4.1 – Типы профилей монтажных систем

Тип сечения	Эскиз	
Прямоугольный профиль		
Квадратный профиль		
С-образный профиль		
П-образный профиль		
L-образный (углоковый) профиль		

4.2.2 Кронштейн (консоль) – стержневой элемент модульной системы заводского изготовления с приваренной к одному из торцов профиля пластиной, выполняющей функции опорного элемента (рисунок 4.2).

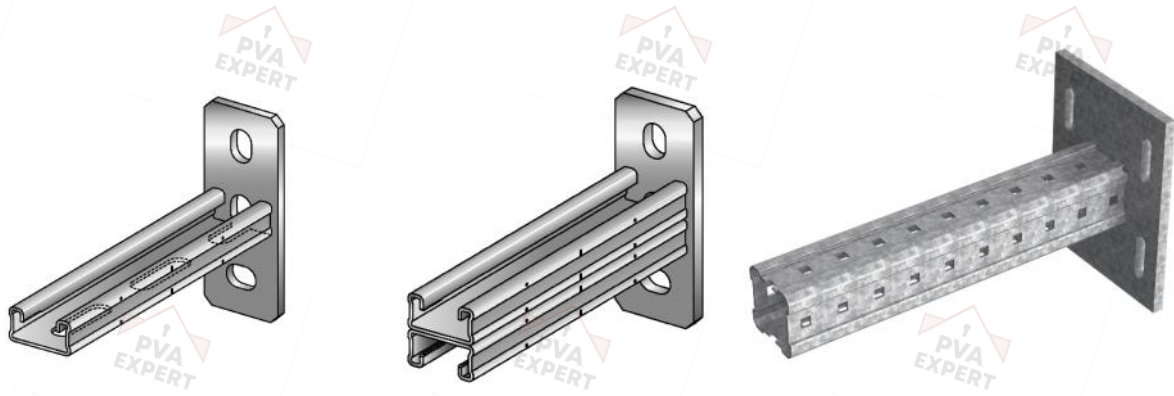


Рисунок 4.2 – Примеры консолей модульных систем

4.2.3 Хомут – элемент, предназначенный для фиксации трубы или воздуховода в заданном положении, с помощью которого полученные нагрузки передаются на профиль, кронштейн, шпильку или конструкцию. Хомут может включать в себя вставку, предназначенную для виброизоляции, шумоизоляции или термоизоляции и (или) для защиты от коррозии (рисунок 4.3).

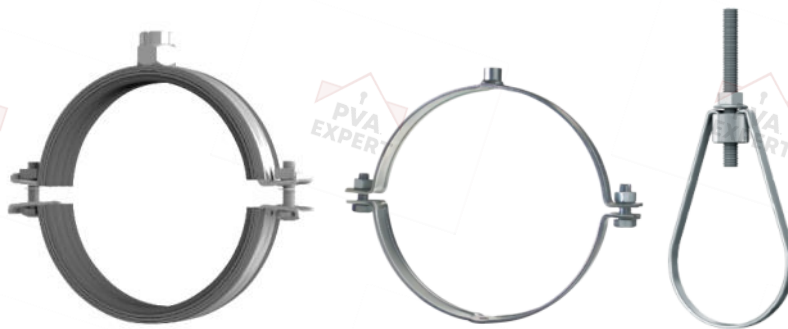


Рисунок 4.3 – Примеры хомутов модульных систем

4.2.4 Монтажная гайка для крепления хомута – элемент для соединения и передачи нагрузки от хомута на профиль или кронштейн (рисунок 4.4). Монтажная гайка и шпилька могут быть предварительно собраны.

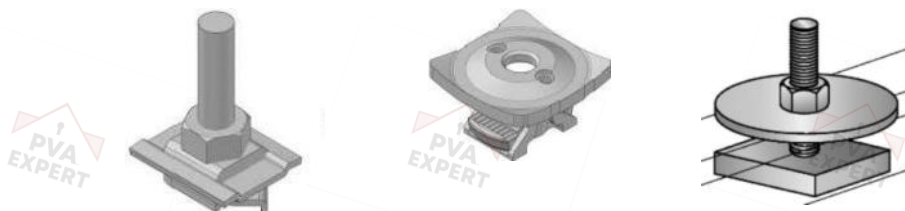


Рисунок 4.4 – Примеры монтажных гаек для крепления хомутов

4.2.5 Соединительный элемент (коннектор) – несущий элемент модульной системы, предназначенный для соединения и передачи нагрузки между стержневыми элементами (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Примеры коннекторов монтажных систем

4.2.6 Опорный элемент – несущий элемент модульной системы, предназначенный для крепления стержневых элементов к опорной конструкции и передачи на нее нагрузки (рисунок 4.6).

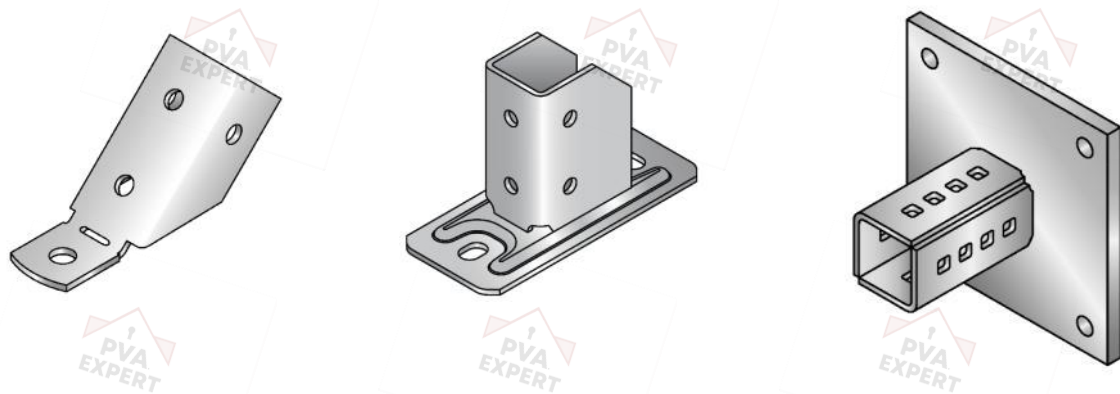


Рисунок 4.6 – Примеры опорных элементов монтажных систем

4.2.7 Монтажная гайка/монтажный болт (соединитель) – несущий элемент модульной системы, используемый для крепления соединительных и опорных элементов к стержневому элементу (рисунок 4.7).

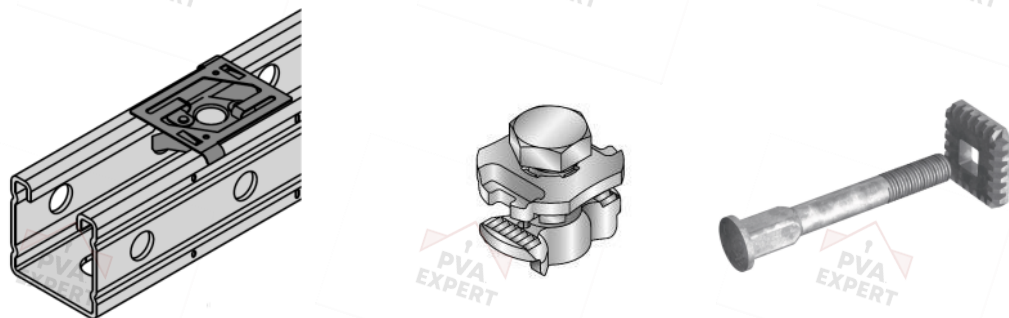


Рисунок 4.7 – Примеры соединителей монтажных систем

4.2.8 Неподвижная опора – опора трубопровода, препятствующая его линейным перемещениям при возникновении внешних усилий (рисунок 4.8).

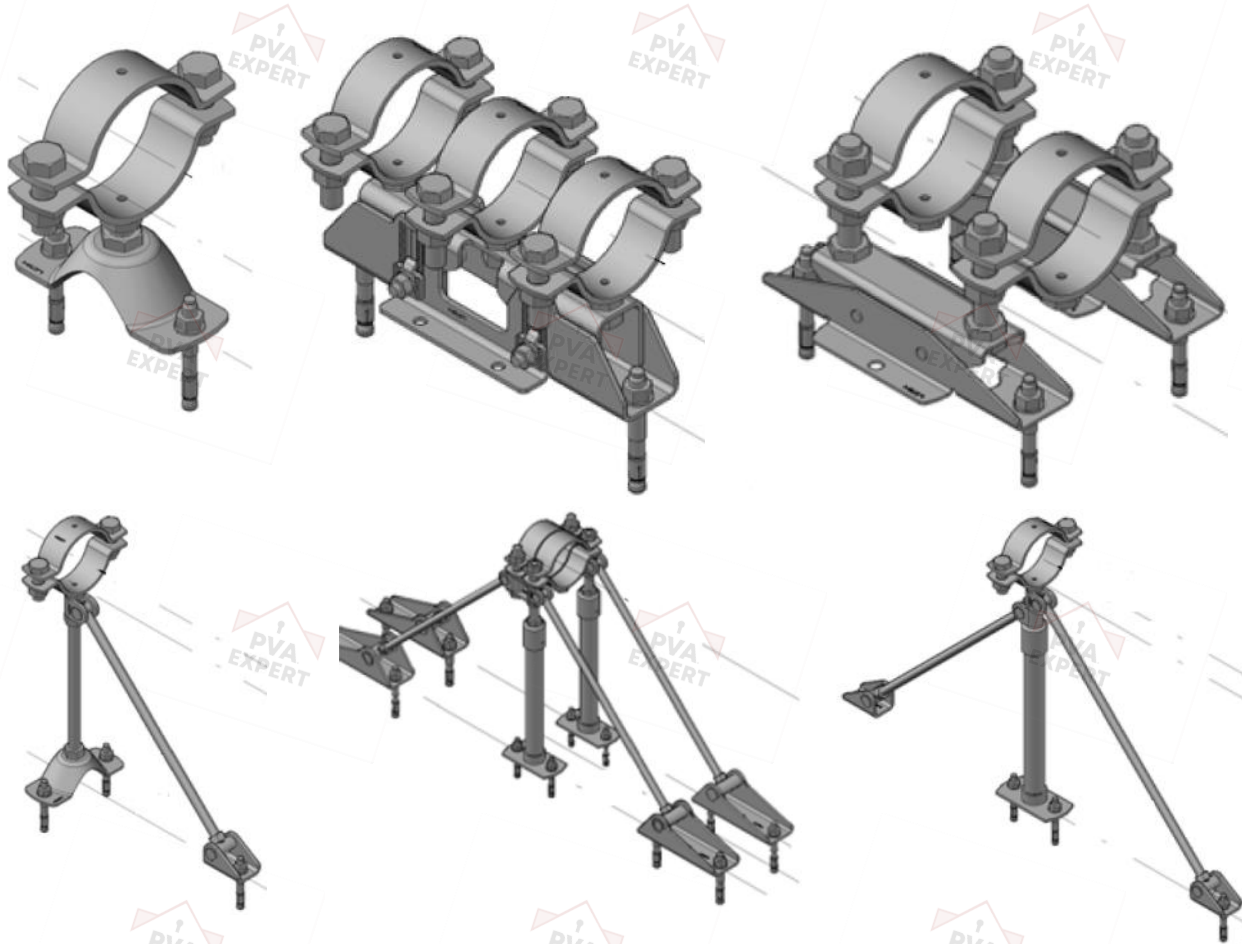


Рисунок 4.8 – Примеры неподвижных опор из модульных систем

4.2.9 Хомут неподвижной опоры (рисунок 4.9, поз. 1) – элемент, предназначенный для фиксации трубы в заданном положении, с помощью которого полученные нагрузки передаются на опорную стойку и оттяжку неподвижной опоры из модульных конструкций либо на опорный фиксатор неподвижной опоры. В отличие от обычного хомута (см. 4.2.3) препятствует перемещению трубопровода в осевом направлении.

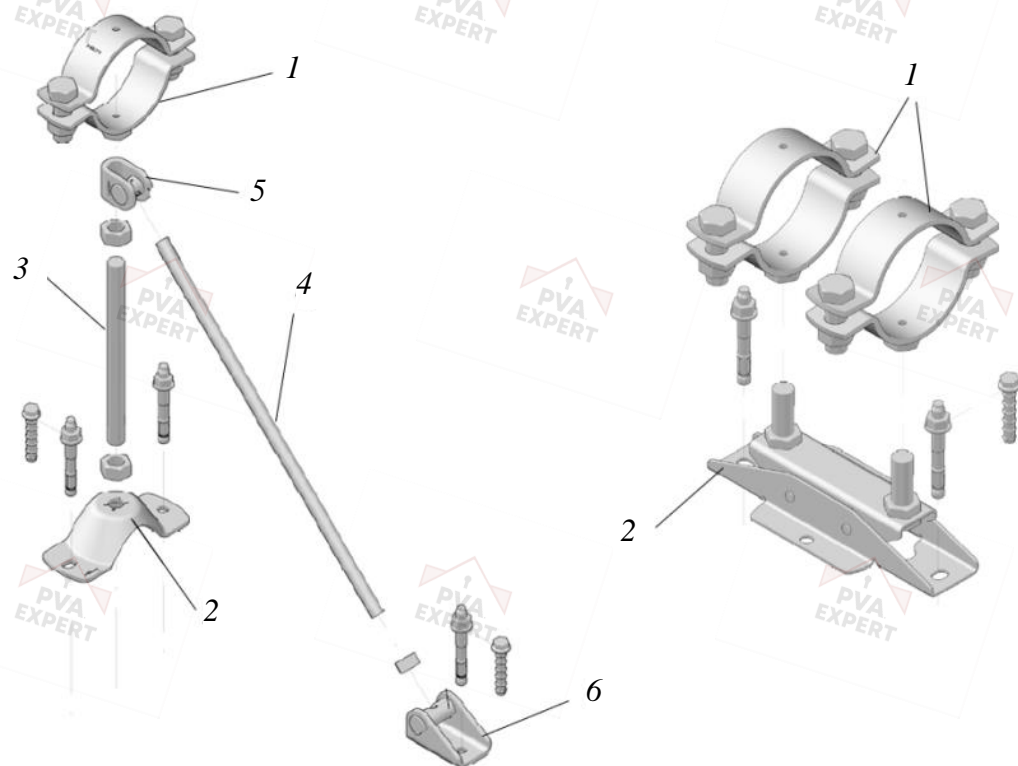
4.2.10 Опорный фиксатор неподвижной опоры модульной системы (рисунок 4.9, поз. 2) – элемент для соединения и передачи нагрузки от опорной стойки неподвижной опоры к несущей конструкции здания напрямую с помощью анкеров либо через дополнительные элементы/конструкции из модульной системы.

4.2.11 Опорная стойка неподвижной опоры модульной системы (рисунок 4.9, поз. 3) – стержневой элемент (шпилька/труба) для соединения и передачи нагрузки от хомута неподвижной опоры к опорному фиксатору неподвижной опоры.

4.2.12 Оттяжка неподвижной опоры модульной системы (рисунок 4.9, поз. 4) – стержневой элемент (шпилька/труба), расположенный под углом к опорной стойке неподвижной опоры, предназначенный для соединения и передачи нагрузки от хомута неподвижной опоры к опорному фиксатору оттяжки неподвижной опоры.

4.2.13 Фиксатор оттяжки неподвижной опоры модульной системы (рисунок 4.9, поз. 5) – элемент для соединения и передачи нагрузки от хомута/опорной стойки неподвижной опоры к оттяжке неподвижной опоры.

4.2.14 Опорный фиксатор оттяжки неподвижной опоры модульной системы (рисунок 4.9, поз. 6) – элемент для соединения и передачи нагрузки от оттяжки неподвижной опоры к несущей конструкции здания напрямую с помощью анкеров либо через дополнительные элементы/конструкции модульной системы.



1 – хомут неподвижной опоры; 2 – опорный фиксатор; 3 – опорная стойка;  
4 – оттяжка; 5 – фиксатор оттяжки; 6 – опорный фиксатор оттяжки

Рисунок 4.9 – Элементы типовых фиксирующих опор из модульных систем

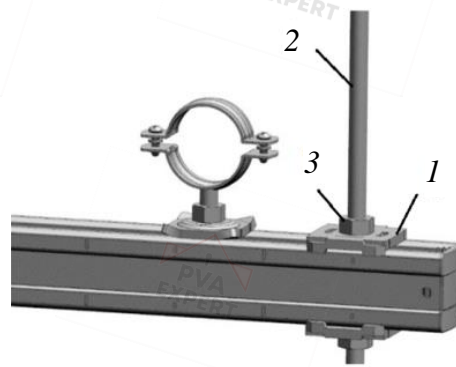
4.2.15 Фиксирующая шайба (рисунок 4.10, поз. 1) – пластина с отверстием или предварительно установленной шпилькой, передающая нагрузку на профиль от шпильки, болта или анкера.

4.2.16 Резьбовая шпилька (рисунок 4.10, поз. 2) – стержневой элемент модульной системы с круглым сечением с резьбой по всей длине. Служит для передачи нагрузки между:

- хомутом и профилем/кронштейном/опорной конструкцией;
- профилем/кронштейном и опорной конструкцией.

Допускается соединение шпилек между собой вдоль оси с помощью муфт с контргайками.

4.2.17 Гайка (рисунок 4.10, поз. 3) – элемент для соединения шпилек с другими элементами.



1 – фиксирующая шайба; 2 – резьбовая шпилька; 3 – гайка

Рисунок 4.10 – Пример опоры с применением фиксирующей шайбы, шпильки и гайки

4.2.18 Подвижная опора (скользящая опора/роликовая опора) – элемент модульной системы, являющийся опорой трубопровода, не препятствующий его линейным перемещениям в одном из направлений при возникновении внешних усилий (рисунок 4.11). В скользящей опоре составляющие перемещаются друг относительно друга посредством скольжения (например, за счет применения пластиковых деталей с пониженным коэффициентом трения). В роликовой опоре составляющие перемещаются друг относительно друга посредством качения (например, за счет применения роликовых подшипников).



Рисунок 4.11 – Примеры подвижных опор из модульных систем

4.2.19 Маятниковый подвес – шарнирный элемент модульной системы, предназначенный для крепления резьбовых шпилек, допускающий свободный поворот в определенных пределах (рисунок 4.12).

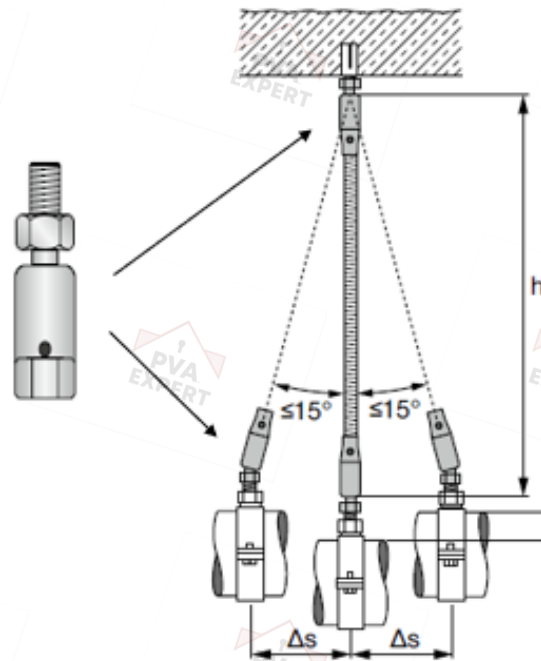
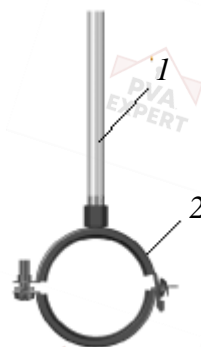


Рисунок 4.12 – Пример крепления трубопровода с помощью маятниковых подвесов и возможные перемещения

4.2.20 Допускается использование других элементов модульных систем.

### 4.3 Типовые варианты конструкций, состоящих из элементов модульных систем

4.3.1 Одиночное крепление трубопровода выполняют в виде хомута (рисунок 4.13, поз. 2), который крепится к опорной конструкции с помощью шпилек (рисунок 4.13, поз. 1).

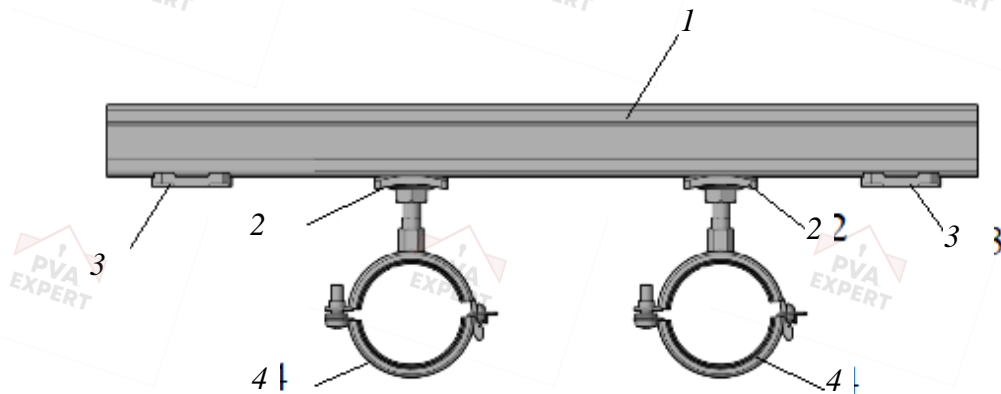


1 – шпилька; 2 – хомут

Рисунок 4.13 – Одиночное крепление для трубопровода

4.3.2 Крепление с помощью профиля осуществляют следующим образом: профиль (рисунок 4.14, поз. 1) закрепляют без зазора к опорной конструкции с помощью анкеров или иных крепежных элементов. К профилю присоединяются сети

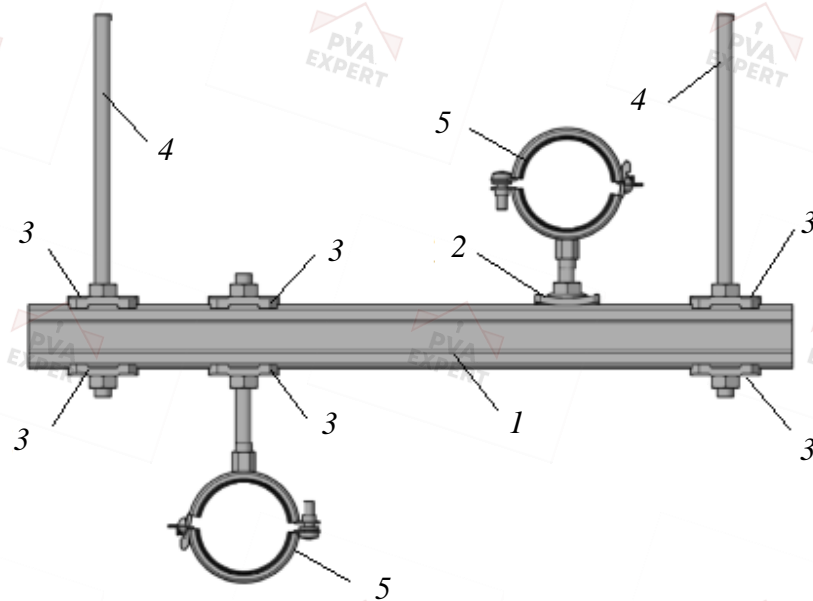
инженерно-технического обеспечения с использованием хомутов и (или) иных элементов монтажных систем.



1 – профиль; 2 – монтажная гайка, шайба, шестигранная гайка, резьбовая шпилька;  
3 – фиксирующая шайба; 4 – хомут

Рисунок 4.14 – Крепление профилем напрямую к опорной конструкции

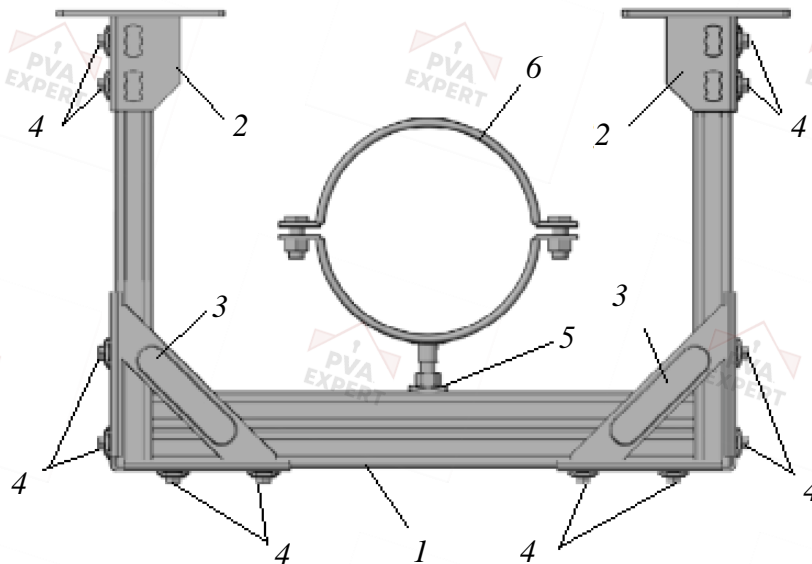
4.3.3 Траверса (рисунок 4.15) представляет собой конструкцию, состоящую минимум из двух шпилек, закрепленных к опорной конструкции и соединенных между собой профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения.



1 – профиль; 2 – монтажная гайка, шайба, шестигранная гайка, резьбовая шпилька; 3 – фиксирующая шайба и гайка; 4 – шпилька; 5 – хомут

Рисунок 4.15 – Траверса

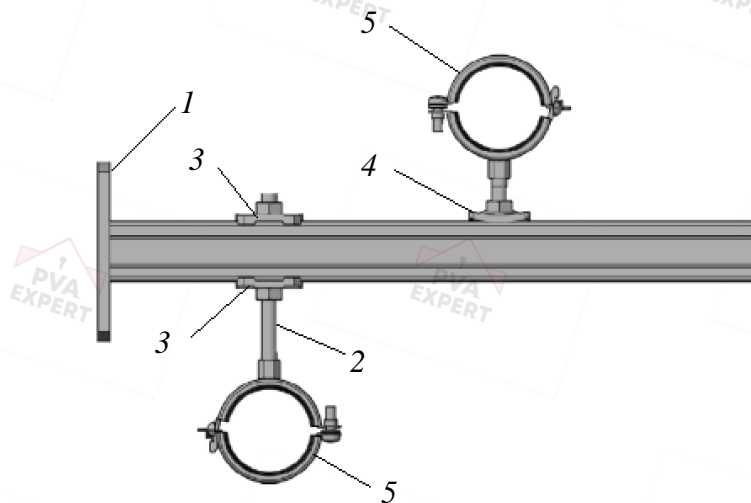
4.3.4 Рама (рисунок 4.16) представляет собой конструкцию, состоящую как минимум из двух профилей, закрепленных к опорной конструкции, соединенных поперечным профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения.



1 – профиль; 2 – опорный элемент; 3 – соединительный элемент; 4 – монтажная гайка; 5 – монтажная гайка, шайба, шестигранная гайка, резьбовая шпилька; 6 – хомут

Рисунок 4.16 – Рама

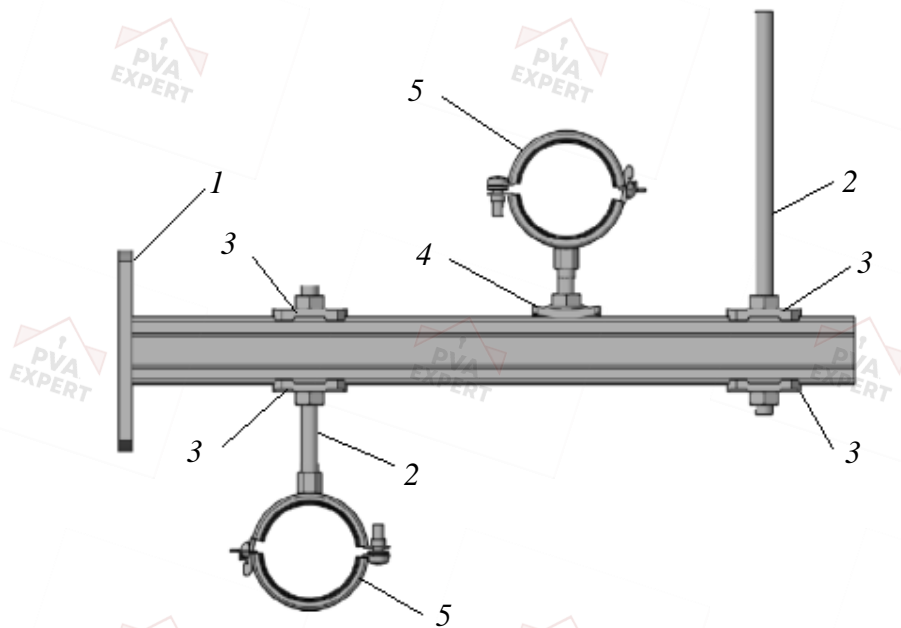
4.3.5 Консоль (рисунок 4.17) представляет собой конструкцию, состоящую из профиля (кронштейна), имеющего опору только с одного конца. Может иметь подкосы.



1 – кронштейн (консоль); 2 – шпилька; 3 – фиксирующая шайба и гайка; 4 – монтажная гайка, шайба, шестигранная гайка, резьбовая шпилька; 5 – хомут

Рисунок 4.17 – Консоль

4.3.6 Консоль на подвесе (рисунок 4.18) представляет собой конструкцию, состоящую из профиля (кронштейна), опирающегося на вертикальную опорную конструкцию с одного конца и зафиксированного с другого конца с помощью шпильки к горизонтальной опорной конструкции.



1 – кронштейн; 2 – шпилька; 3 – фиксирующая шайба и гайка; 4 – монтажная гайка, шайба, шестигранная гайка, резьбовая шпилька; 5 – хомут

Рисунок 4.18 – Консоль на подвесе

4.3.7 Распорная (напольно-потолочная) рама (рисунок 4.19) представляет собой плоскую конструкцию, состоящую из ригелей и стоек, которые крепятся сверху и снизу к элементам перекрытий.

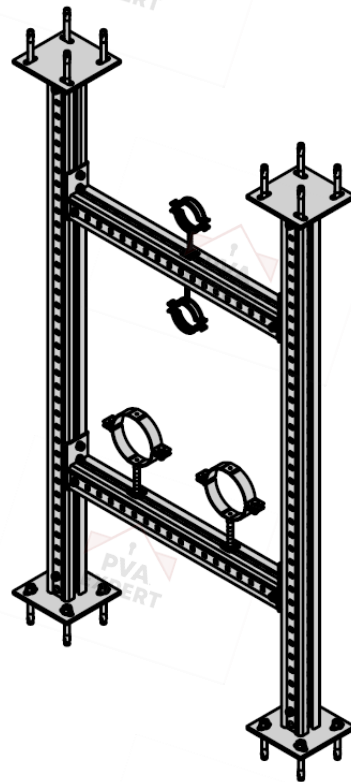


Рисунок 4.19 – Пример распорной (напольно-потолочной) рамы

4.3.8 Напольная рама (рисунок 4.20) представляет собой плоскую конструкцию, состоящую из ригеля и стоек, которые опираются на перекрытие сверху.

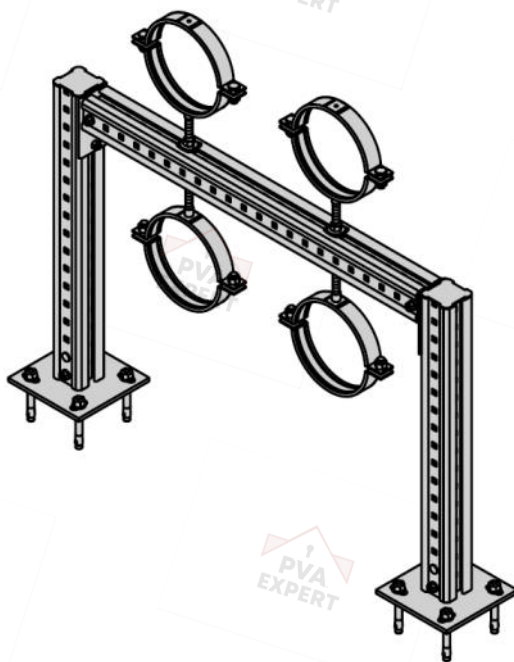


Рисунок 4.20 – Пример напольной рамы

4.3.9 Напольно-потолочная стойка (рисунок 4.21) – стойка, как правило, фиксирующая кронштейны (или непосредственно хомуты), которая крепится сверху и снизу перекрытий.

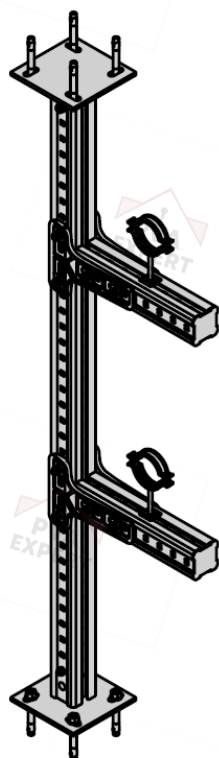


Рисунок 4.21 – Напольно-потолочная стойка

4.3.10 Комбинированные конструкции (рисунок 4.22) представляют собой плоские или пространственные модульные конструкции, состоящие из нескольких типов конструкций, работающих совместно.

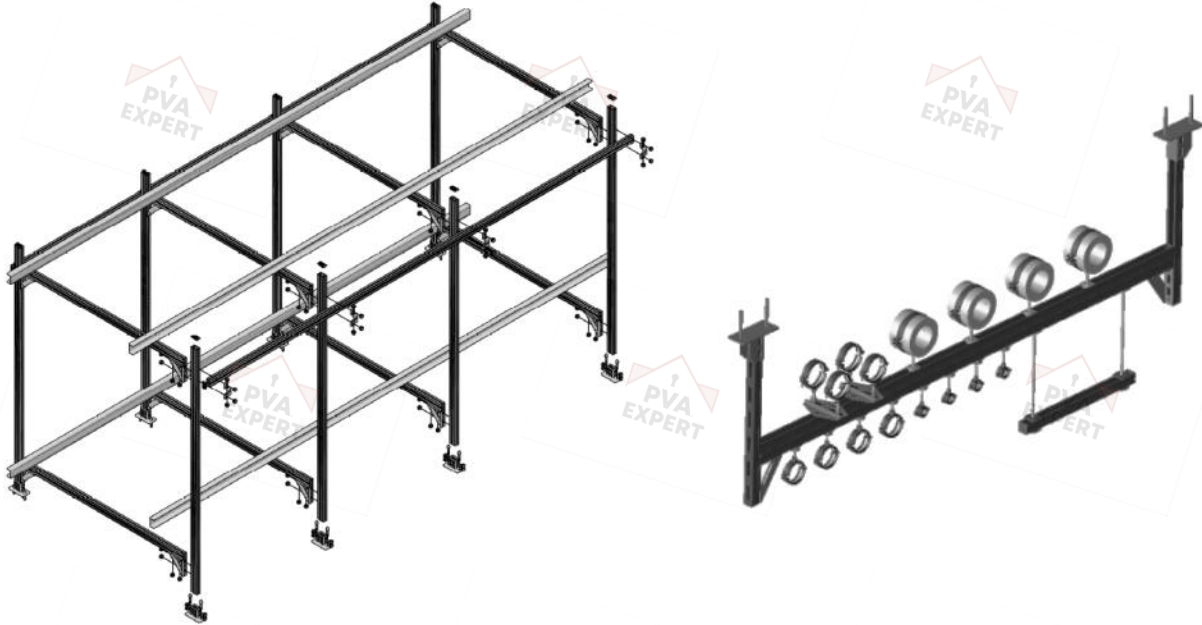


Рисунок 4.22 — Пример комбинированных конструкций из модульной монтажной системы

4.3.11 Допускается применение других вариантов на основании приведенных типовых модульных конструкций в зависимости от технологической необходимости и условий опирания. Эти варианты могут быть также отнесены к одному из вышеперечисленных типов по принципу схожих условий работы конструкций.

#### 4.4 Основные требования к конструкциям

4.4.1 При проектировании модульных систем следует:

- принимать конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость сооружений в целом и их отдельных элементов при транспортировании, монтаже и эксплуатации; следует использовать схемы в соответствии с рекомендациями производителя модульной системы и настоящего стандарта организации;
- соблюдать требования СП 28.13330 в части защиты строительных конструкций от коррозии с учетом положений 5.4;
- соблюдать требования нормативных документов (НД) по пожарной безопасности;

- при наличии требований к огнестойкости опор в проекте учитывать их огнестойкость и обеспечивать их огнезащиту в соответствии с системой противопожарной защиты конкретного объекта.

4.4.2 Стальные конструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе (то есть незащищенные от атмосферных воздействий), должны быть доступными для наблюдения, оценки технического состояния, выполнения профилактических и ремонтных работ и не должны задерживать влагу и затруднять проветривание.

#### **4.5 Основные расчетные требования**

4.5.1 Металлические модульные системы и их расчет должны удовлетворять требованиям по надежности ГОСТ 27751.

Расчет конструкций следует выполнять с учетом назначения конструкций, условий их изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации, а также свойств материалов.

В расчетных схемах следует учитывать деформационные характеристики опорных конструкций. Максимальные деформации опорных конструкций должны быть указаны в задании на проектирование модульных систем. Если иного не оговорено в задании на проектирование, то принимается, что конструкции из элементов модульных систем устанавливаются на жесткое основание.

4.5.2 При расчете модульных систем значения нагрузок и воздействий, а также предельные значения прогибов и перемещений элементов систем следует принимать согласно СП 20.13330. Также следует учитывать требования к предельным деформациям, установленные в задании на проектирование.

4.5.3 За расчетную температуру в районе строительства следует принимать температуру наружного воздуха наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,98, определенную по СП 131.13330.

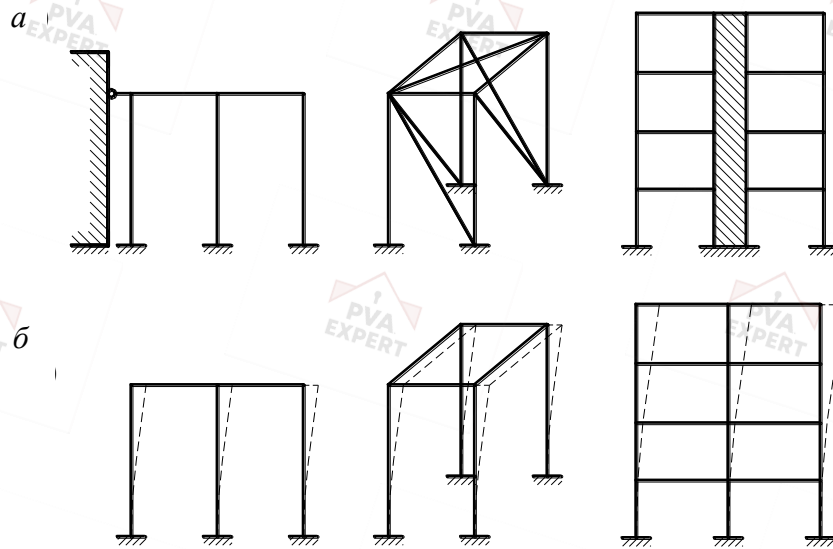
4.5.4 Расчетную технологическую температуру устанавливают в задании на проектирование.

4.5.5 Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы стальных конструкций. Рассматривают следующие расчетные модели конструкций:

- отдельные конструктивные стержневые и балочные элементы (растянутые, сжатые, внецентренно сжатые, сжато-изгибаемые и изгибаемые) с постоянным по длине сечением;

- плоские или пространственные системы, закрепленные от перемещений (несвободные – рисунок 4.23, а); расчет таких конструкций выполняют путем расчета отдельных элементов с учетом их взаимодействия между собой и с опорной конструкцией;

- плоские или пространственные системы, не закрепленные от перемещений (свободные – рисунок 4.23, б); при расчете таких конструкций, наряду с проверкой отдельных элементов, следует учитывать возможность достижения предельного состояния системы в целом.



*a* – закрепленные от перемещений; *б* – не закрепленные от перемещений

Рисунок 4.23 – Схемы систем

#### 4.6 Учет назначения и условий работы конструкций

4.6.1 В зависимости от ответственности сооружений, для которых проектируют модульную систему, стальным модульным системам следует присваивать группы конструкций в соответствии с СП 16.13330.2017 (приложение В) независимо от толщины проката:

- группа 4 – для сооружений классов КС-1, КС-2 по ГОСТ 27751;
- группа 3 – для сооружений классов КС-3 по ГОСТ 27751.

4.6.2 При расчете конструкций и соединений следует учитывать:

- коэффициенты надежности по ответственности  $\gamma_n$ , принимаемые согласно требованиям ГОСТ 27751 исходя из срока службы модульных систем. Его следует назначать по заданию на проектирование или принимать в соответствии со сроком службы систем инженерно-технического обеспечения и оборудования;

- коэффициент надежности  $\gamma_u = 1,3$  для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность с использованием расчетных сопротивлений по пределу прочности  $R_u$ ;

- коэффициенты условий работы элементов конструкций и соединений  $\gamma_c$ ,  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_b$ , принимаемые по СП 16.13330.2017 (таблица 1, пункт 7.1.2, раздел 14 соответственно). Коэффициент условий работы  $\gamma_c$  следует принимать равным 1.

4.6.3 При проектировании конструкций, возводимых или эксплуатируемых в условиях температур ниже минус 45 °С, при которых повышается возможность хрупкого разрушения, следует учитывать требования к материалу (см. 5.1.6), конструированию и технологии изготовления.

4.6.4 Допускается для модульных систем сооружений класса КС-3 не повышать степень агрессивности среды по СП 28.13330.2017 (пункт 4.1).

## 5 Материалы для конструкций и соединений

### 5.1 Сталь

5.1.1 Физические характеристики материалов и изделий, применяемых для изготовления стальных конструкций, следует принимать согласно СП 16.13330.2017 (таблицы Б.1 и Б.2).

5.1.2 При назначении стали для конструкций следует учитывать группу конструкций (4.6.1), расчетную температуру, требования к химическому составу согласно СП 16.13330.2017 (приложение В), требования к ударной вязкости по 5.1.6 настоящего стандарта организации.

5.1.3 Для конструкций следует использовать: гнутые профили; тонколистовой и фасонный прокат, из углеродистой стали и из стали повышенной прочности; холодногнутые профили; профили в соответствии с действующими нормативными документами.

Другие материалы (с документом оценки соответствия установленной формы) следует использовать при условии выполнения требований СП 16.13330.2017 (приложение В) к механическим свойствам и химическому составу.

5.1.4 Для сварки стальных конструкций следует применять: электроды для ручной дуговой сварки; сварочную проволоку; флюсы; порошковую проволоку для автоматической и механизированной сварки в соответствии с СП 16.13330.2017 (таблица Г.1), а также углекислый газ и аргон в соответствии с действующими стандартами.

Применяемые сварочные материалы и технология сварки должны обеспечивать значение временного сопротивления металла шва не ниже нормативного значения временного сопротивления  $R_{un}$  основного металла, а также значения твердости, ударной вязкости и относительного удлинения металла сварных соединений, установленные соответствующими НД.

5.1.5 Для болтовых соединений следует применять стальные болты, гайки и шайбы, шпильки, удовлетворяющие техническим требованиям действующих НД, в том числе стандартов.

Болты следует применять согласно СП 16.13330.2017 (таблица Г.3).

Классы прочности гаек следует принимать в соответствии с классом прочности болтов: 5 – при 5.6; 8 – при 8.8; 10 – при 10.9; 12 – при 12.9.

Шайбы следует применять: круглые, косые и пружинные нормальные в соответствии с действующими стандартами.

5.1.6 Для всех стальных конструкций группы 4 по СП 16.13330 требования к ударной вязкости не нормируются. Нормируемые показатели ударной вязкости ста-

ли для группы 3 конструкций приведены в СП 16.13330.2017 (таблица В.1). Для элементов конструкции с толщиной менее 5 мм независимо от группы конструкции требования по ударной вязкости не нормируют.

5.1.7 Расчетные характеристики материалов и соединений следует принимать в соответствии с требованиями СП 16.13330.2017 (раздел 6) и настоящим стандартом организации.

5.1.8 Иностранные стали или стали, в которых не используется процедура контроля свойств проката по ГОСТ 27772, допускается приводить к сталям по ГОСТ 27772 путем определения расчетных сопротивлений с учетом понижающих коэффициентов надежности по материалам  $\gamma_m$  по СП 16.13330.2017 (пункт 6.1). Допускается принимать  $\gamma_m = 1,05$  для элементов модульных систем, выполненных из стального проката, поставляемого по НД иностранных государств.

В таблице 5.1 приведены расчетные характеристики некоторых сталей, используемых в модульных системах.

Т а б л и ц а 5.1 – Расчетные характеристики сталей

Марка	Стандарт	Нормативное сопротивление проката, Н/мм <sup>2</sup>		Расчетное сопротивление проката, Н/мм <sup>2</sup>		Аналог стали по ГОСТ 27772
		$R_{yn}$	$R_{un}$	$R_y$	$R_u$	
250	ГОСТ 14918	250	330	240	315	C235
Ст3пс	ГОСТ 14637	245	370	235	355	C245

## 5.2 Нержавеющая сталь

Расчетные сопротивления нержавеющей сталей следует вычислять с учетом понижающих коэффициентов надежности по материалам  $\gamma_m$  по СП 16.13330.2017 (пункт 6.1). Допускается принимать  $\gamma_m = 1,05$  для элементов модульных систем, выполненных из стального проката, поставляемого по НД иностранных государств.

В таблицах 5.2 и 5.3 приведены нормативные сопротивления и температуры эксплуатации некоторых сталей, используемых в модульных системах.

Таблица 5.2 – Нормативные сопротивления нержавеющей стали

Обозначение (марка) стали			Нормативное сопротивление стали, Н/мм <sup>2</sup> , не менее	
ASTM A240 [3]	EN 10088-2 [4], EN 10095 [5]	ГОСТ 5632	$R_{yn}$	$R_{un}$
AISI 316	1.4401	08X16H11M3	205	515
AISI 316 L	1.4404	03X17H14M3	170	485
	1.4432	03X17H14M3		
	1.4435	03X17H14M3		
AISI 316 Ti	1.4571	10X17H13M2T	170	485
AISI 304	1.4301	08X18H10	195	500
AISI 304 L	1.4306	03X18H11	175	500

Таблица 5.3 – Температура эксплуатации изделий из нержавеющей стали

Обозначение (марка) стали по стандарту				Температура, °C
ГОСТ ISO 3506-1	ГОСТ 5632	EN 10088-2 [4], EN 10095 [5]	ASTM A240 [3]	
A2	08X18H10	1.4301	AISI 304	От –200 до +425
	03X18H11	1.4306	AISI 304 L	
A4	08X16H11M3	1.4401	AISI 316	От –60 до +450
	03X17H14M3	1.4404	AISI 316 L	
	03X17H14M3	1.4432		
	03X17H14M3	1.4435		
A5	10X17H13M2T	1.4571	AISI 316 Ti	

### 5.3 Соединения стальных конструкций

Несущую способность элементов и узлов соединения модульных систем необходимо принимать в соответствии с приложением Д.

### 5.4 Требования к коррозионной стойкости

5.4.1 Срок службы опор из модульных систем следует назначать равным межремонтному периоду или сроку службы сетей инженерно-технического обеспечения и оборудования, закрепляемого на эти системы. Иной срок службы, отличный от срока службы инженерной системы или оборудования и от срока службы здания (сооружения), может быть зафиксирован в задании на проектирование.

5.4.2 При проектировании конструкций из элементов модульных систем из оцинкованной углеродистой стали следует соблюдать общие указания СП 28.13330.

Требования к конструктивным элементам зданий и сооружений в СП 28.13330.2017 (пункты 9.2.1–9.2.7, 9.2.11, 9.3.1, 9.3.7, 9.3.13, 9.3.14) допускается не соблюдать, если требуемый срок службы рассматриваемой конструкции из модульной системы менее 50 лет.

Классификацию агрессивных сред по степени воздействия на металлические конструкции следует принимать согласно СП 28.13330.2017 (таблицы Х.1–Х.5).

5.4.3 Конструкции из монтажных систем должны быть доступны для осмотров и, при необходимости, возобновления защитных покрытий. При отсутствии возможности обеспечения этих требований конструкции должны быть защищены от коррозии на весь требуемый срок службы конструкции из модульной системы в рассматриваемых условиях ее эксплуатации.

## **5.5 Требования к огнестойкости конструкций**

5.5.1 Огнестойкость модульных конструкций для крепления элементов систем инженерно-технического обеспечения, технологических трубопроводов, опор под инженерно-техническое оборудование должна быть обеспечена при наличии требований к огнестойкости креплений перечисленных систем, трубопроводов и оборудования в нормативных документах.

5.5.2 Требования к фальшполам для обеспечения огнестойкости объектов защиты приведены в СП 2.13130, СП 4.13130.

5.5.3 При назначении пределов огнестойкости конструкций из модульных систем без огнезащитного покрытия для оценки возможности их применения в соответствии с противопожарными требованиями (в том числе в ходе оценки соответствия) следует применять методы испытаний на огнестойкость, установленные ГОСТ 30247.0, ГОСТ Р 53316 или другими действующими стандартами в зависимости от применения опор из модульных систем. Огнестойкость модульных систем следует определять для опор с учетом их конструктива, который применяется в проекте, либо для типовых конструкций с более нагруженными элементами.

5.5.4 Огнестойкость конструкций из модульных систем с огнезащитным покрытием определяется огнестойкостью материала, применяемого для их огнезащиты, с учетом приведенной толщины металла элемента.

При расчете несущей способности опор из модульных систем необходимо учитывать вес огнезащитных материалов, предусмотренных для защиты этих креплений и инженерных сетей.

## **6 Общие положения к расчету и проектированию модульных систем**

6.1 Расчет стальных конструкций следует выполнять по методу предельных состояний в соответствии с ГОСТ 27751.

Предельные состояния конструкций – это такие состояния, при превышении характерных параметров которых эксплуатация строительных объектов (зданий и сооружений) не допускается.

6.2 Нормальная эксплуатация – эксплуатация конструкций в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующие техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию, которая осуществляется без ограничений в соответствии с технологическими и бытовыми условиями. Нормальная эксплуатация подразумевает безопасную работу людей в соответствии с [2], безопасную работу оборудования и сохранность ограждающих конструкций.

6.3 В соответствии с требованиями ГОСТ 27751 при расчетах стальных конструкций на действие соответствующих нагрузок необходимо учитывать их предельные состояния, приведенные в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Группа предельных состояний	Предельное состояние	
	Вид	Характеристика
Первая	Потеря несущей способности и возникновение аварийной ситуации	- Разрушение любого характера (например, пластическое, хрупкое, усталостное); - потеря устойчивости
	Полная непригодность к эксплуатации	- Чрезмерные деформации в результате деградации свойств стали*; - неупругий сдвиг в соединениях; - качественное изменение конфигурации
Вторая	Состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация конструкций, исчерпывается ресурс долговечности или нарушаются условия комфортности	- Достижение предельных деформаций конструкции (предельный прогиб, углы поворота, осадка); - достижение предельных уровней колебаний конструкций, нарушающих нормальную работу оборудования или физиологический комфорт для людей; - образование трещин, не нарушающих нормальную эксплуатацию объекта; - сдвиг в соединениях; - другие явления (например, коррозионные повреждения)
Особые предельные состояния	Особые воздействия и ситуации (сейсмическое воздействие, прогрессирующее обрушение)	Превышение таких воздействий приводит к разрушению конструкций с катастрофическими последствиями
* Дегградация свойств стали во времени – постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик стали, процесс их изменения в сторону ухудшения относительно проектных значений.		

6.4 Нормативные значения нагрузок, коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  и коэффициенты сочетаний нагрузок для определения их расчетных значений следует принимать согласно СП 20.13330. При проверке конструкций по предельным состояниям первой группы необходимо принимать  $\gamma_f > 1,0$  (за исключением усталостного разрушения и тех случаев расчета, когда уменьшение постоянной нагрузки ухудшает условия работы конструкций). При проверке усталостного разрушения (выносливости) и предельных состояний второй группы принимают  $\gamma_f \leq 1,0$ .

6.5 Согласно СП 20.13330 расчетные нагрузки, применяемые в расчетах по первой группе предельных состояний, названы предельными, а в расчетах по второй группе и на выносливость – эксплуатационными.

6.6 Цель расчета конструкций – не допустить с определенной обеспеченностью наступления предельных состояний первой группы или перехода за предельные состояния второй группы в течение всего срока эксплуатации модульных систем, а также в процессе их монтажа при минимальном расходе материалов и наименьшей трудоемкости изготовления, транспортирования и монтажа конструкций.

6.7 При расчете несущей способности сечения или элемента конструкции наибольшее возможное за время эксплуатации (или возведения) усилие  $F$  в элементе от расчетных предельных нагрузок и воздействий не должно превышать соответствующей наименьшей предельной несущей способности  $S$  элемента с учетом начальных несовершенств

$$F \leq S. \quad (6.1)$$

Усилие  $F$  (продольная и поперечная силы; изгибающий, крутящий моменты) следует определять по формуле

$$F = \gamma_n \sum \alpha_i F_{ni} \gamma_{fi}, \quad (6.2)$$

где  $\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности (см. 4.6.2);

$\alpha_i$  – коэффициент перехода от нормативной нагрузки к усилию;

$F_{ni}$  – нормативная нагрузка;

$\gamma_{fi}$  – коэффициент надежности по нагрузке.

Предельную несущую способность  $S$ , соответствующую виду усилия (сжатию, растяжению, сдвигу, изгибу, кручению и т. д.), необходимо определять по формуле

$$S = \beta \Phi R_n \gamma_c / \gamma_m, \quad (6.3)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий вид усилия, предельное состояние и работу стали за пределом упругости (коэффициент устойчивости при центральном сжатии  $\varphi$ ; коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом  $\varphi_e$ ; коэффициент устойчивости при изгибе  $\varphi_b$ ; коэффициент для расчета с учетом развития пластических деформаций при изгибе  $c$  и т. д. в соответствии с положениями СП 16.13330);

$\Phi$  – геометрическая характеристика сечения (площадь поперечного сечения, момент сопротивления сечения и т. д.);

$R_n$  – нормативное сопротивление материала;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы (см. 4.6.1);

$\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу (см. 5.1.8, 5.2.1).

6.8 Основное неравенство метода предельных состояний (см. 6.1.1) может быть представлено в форме сравнения учитываемых в расчетах напряжений с их предельными значениями (расчетными сопротивлениями), устанавливаемыми СП 16.13330.

6.9 При расчете конструкций по второму предельному состоянию, при достижении которого конструкция становится непригодна для эксплуатации, перемещения (деформации), соответствующие расчетным значениям предельных нагрузок и воздействий, не должны превышать предельных значений перемещений (деформаций), устанавливаемых в нормативных документах по условиям необходимости прекращения эксплуатации в связи с качественным нарушением геометрической формы.

6.10 Условия расчета по второму предельному состоянию, при достижении которого конструкция становится непригодна для эксплуатации, следует представлять в виде проверки усилий или напряжений (как при расчетах несущей способности), определяемых с учетом неупругих деформаций. Порядок такой проверки приведен в СП 16.13330.

6.11 При расчете конструкций по второй группе предельных состояний перемещения, параметры колебаний и изменения положения от расчетных эксплуатационных нагрузок (определенных в СП 20.13330 как «нормативные», поскольку в большинстве случаев  $\gamma_f = 1,0$ ) не должны превышать предельно допустимых значений этих перемещений или указанных параметров, установленных в СП 20.13330 и других НД:

$$f \leq (f_u / \gamma_n), \quad (6.4)$$

где  $f$  – перемещения или параметры колебаний и изменения положения, возникающие в конструкциях от действия расчетных эксплуатационных нагрузок;

$f_u$  – предельно допустимые значения перемещений или параметров, регламентируемые НД на основе требований нормальной эксплуатации.

При установлении нормативных значений  $f_u$  учитывают нормальные условия для пребывания людей, работу технологического оборудования, сохранность ограждающих конструкций и перегородок.

6.12 При расчете несущей способности элементов и узлов монтажных систем наибольшее возможное за время эксплуатации (или возведения) усилие  $F_{x(y,z)}$  и (или)  $M_{x(y,z)}$  в элементе или узле соединения от расчетных и нормативных предельных нагрузок и воздействий, приложенных в соответствующем направлении  $x$ ,

у или z, не должно превышать соответствующее предельное усилие из условия прочности  $S_{norm,x(y,z)}$  ( $F_{norm,x(y,z)}$ ;  $M_{norm,x(y,z)}$ ) и предельное усилие из условий эксплуатационной пригодности  $S_{exp,x(y,z)}$  ( $F_{exp,x(y,z)}$ ;  $M_{exp,x(y,z)}$ ):

$$F_{x(y,z)} \leq S_{norm,x(y,z)}, \quad (6.5)$$

$$F_{nix(y,z)} \leq S_{exp,x(y,z)}. \quad (6.6)$$

Примечание – Условие (6.6) обязательно при расчете элемента или узла в основных рабочих направлениях. В остальных направлениях деформации элемента допускается не учитывать.

Нормативные несущие способности элемента монтажной системы  $S_{norm,x(y,z)}$  ( $F_{norm,x(y,z)}$ ;  $M_{norm,x(y,z)}$ ) – это предельные усилия из условия прочности при нормативном сопротивлении.

Нормативные несущие способности элементов модульных систем должны быть определены в соответствии с приложением Д и представлены в технических паспортах по форме приложения К (пример оформления технического паспорта см. в приложении Л).

Расчетную несущую способность определяют с учетом понижающих коэффициентов надежности по материалам  $\gamma_m$  согласно СП 16.13330.2017 (подраздел 6.1):

$$S_{x(y,z)} = S_{norm,x(y,z)} / \gamma_m. \quad (6.7)$$

Допускается принимать  $\gamma_m = 1,05$  для элементов модульных систем, выполненных из стального проката, поставляемого по НД иностранных государств.

Эксплуатационные несущие способности элемента или узла монтажной системы  $S_{exp,x(y,z)}$  ( $F_{exp,x(y,z)}$ ;  $M_{exp,x(y,z)}$ ) – это предельные усилия из условия эксплуатации.

Эксплуатационные несущие способности элементов или узлов модульных систем в основных рабочих направлениях должны быть определены в соответствии с приложением Д и представлены в технических паспортах по форме приложения К (пример оформления технического паспорта см. в приложении Л).

При расчете соединительных и опорных элементов следует обеспечить выполнение условия совместного действия разных силовых факторов:

а) по прочности:

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1; \quad (6.8)$$

б) по эксплуатационной пригодности:

$$\frac{F_{nix}}{F_{exp,x}} + \frac{F_{niy}}{F_{exp,y}} + \frac{F_{niz}}{F_{exp,z}} + \frac{M_{nix}}{M_{exp,x}} + \frac{M_{niy}}{M_{exp,y}} + \frac{M_{niz}}{M_{exp,z}} \leq 1. \quad (6.9)$$

Примечание – Условие (6.8) применяют в случаях, когда предельное состояние второй группы может наступить от суммарной деформации узла конструкции от действия разных силовых факторов. При этом исключают из расчетов по данной формуле силовые факторы, значения которых не влияют на эксплуатационную пригодность (то есть  $F$  и  $M$ , для которых соответствующие  $F_{exp}$  и  $M_{exp}$  не лимитируют).

6.13 Выбор расчетных схем, исходных предпосылок и допущений необходимо определять на основе применяемого метода расчета.

6.14 Приближенные методы расчета и более простые расчетные схемы, основанные на разделении единых пространственных систем на плоские конструкции и отдельные элементы, следует применять при учете особенностей взаимодействия элементов стальных конструкций между собой и с основанием. Предпочтение следует отдавать методам расчета стальных конструкций как единых пространственных систем.

6.15 При упругих деформациях стали для статически неопределимых стержневых конструкций расчетные усилия следует определять по недеформированной схеме.

6.16 Расчет стальных конструкций и их элементов на усилия от действия внешних нагрузок необходимо выполнять с использованием геометрических гипотез: плоских сечений, секториальных площадей и прямых нормалей. Расчет конструкций, выполняемый в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации, а также действующих документов по стандартизации (СП 16.13330, СП 20.13330 и др.), реализует применение указанных выше геометрических гипотез.

6.17 При расчете стальных конструкций и их элементов с учетом влияния собственных остаточных напряжений  $\sigma_r$  (от сварки, прокатки, холодной правки и т. д.) следует применять гипотезу об алгебраическом суммировании условных деформаций  $\varepsilon_r = \sigma_r/E$  с деформациями от внешней нагрузки (где  $E$  – модуль упругости). При применении материалов в соответствии с указаниями настоящего стандарта организации и СП 16.13330, апробированных конструктивных решений каркасов в соответствии с настоящим стандартом организации учет собственных остаточных напряжений при расчетах конструкций, как правило, не требуется.

6.18 Надежность и экономичность модульных систем должны быть обеспечены одновременным выполнением требований к выбору материалов, расчетам и конструированию, а также к изготовлению и монтажу.

6.19 Допускается проектировать конструкции с запасом более 20 % при необходимости минимизации используемых при изготовлении типов профилей или отправочных марок конструкций.

6.20 Характеристики стали для основных несущих конструкций, а также правила выбора материалов следует принимать согласно СП 16.13330.2017 (раздел 5), а сварных и болтовых соединений – согласно требованиям

СП 16.13330.2017 (раздел 14). Материалы для стальных конструкций назначают в зависимости от группы конструкций по СП 16.13330.2017 (пункт 4.4.3).

6.21 Материалы и их расчетные сопротивления для сварки стальных конструкций следует принимать в соответствии с требованиями СП 16.13330.2017 (раздел 14).

6.22 При использовании в конструкциях зданий стали и материалов соединений, не имеющих аналогов в разделе 5 настоящего стандарта организации, требования к ним следует определять в рамках научного сопровождения архитектурно-строительного проектирования здания в соответствии с требованиями ГОСТ 27751.

6.23 При проектировании опор из монтажных систем на кровле необходимо выполнить расчет конструкции на опрокидывание, а также на воздействие ветровой, снеговой и прочих нагрузок в соответствии с требованиями СП 20.13330.

6.24 Опоры и подвески рассчитывают на нагрузки от массы трубопровода с транспортируемой средой (или водой при гидроиспытании), изоляцией, футеровкой, льдом (при возможности обледенения), огнезащитой, а также на нагрузки, возникающие при термическом расширении трубопровода.

6.25 При расчете опоры, установленной рядом с запорно-регулирующей арматурой технологических трубопроводов, помимо веса трубопровода, транспортируемого в нем вещества и изоляции, следует учитывать вес арматуры.

6.26 Для стержневых элементов конструкций из монтажных систем, предельные вертикальные и горизонтальные прогибы и перемещения от постоянных, длительных и кратковременных нагрузок не должны превышать  $L/150$  пролета или  $L/75$  вылета консоли согласно требованиям СП 20.13330.2016 (пункт 15.2.3), где  $L$  – расчетный пролет элемента конструкции/вылет консоли. Допускается принимать меньший предельный прогиб в зависимости от применения конструкции из монтажных систем.

Общий прогиб опоры из монтажных систем представляет из себя сумму прогибов всех элементов, используемых в конструкции, и не должен превышать максимальной относительной деформации проектируемой опоры, которые должны быть обозначены в задании на проектирование. При отсутствии данных о максимально допустимом общем прогибе опоры требования предъявляют только к стержневым элементам конструкции.

6.27 Для элементов конструкций, которые согласно 4.6.1 относятся к группам стальных конструкций 3 и 4 по СП 16.13330, гибкость элементов не должна превышать значений предельной гибкости, которые составляют для сжатых элементов 250, для растянутых – 400. Для шпилек, работающих на растяжение, максимальное предельное значение гибкости не нормируется.

6.28 При необходимости, при проверке конструкции на опрокидывание, отрыв или сдвиг, следует увеличивать габариты рамы или использовать дополнительные пригрузы.

6.29 При проверке рамы на прочность следует предусматривать подкосы от стоек к балкам рамы или использовать жесткие соединители стоек с балками для восприятия горизонтальной ветровой нагрузки. При малом размере ширины оборудования, при наличии преград для ветра или при наличии раскрепления оборудования большим количеством труб или воздухопроводов допускается не выполнять проверку на восприятие ветровой нагрузки в другом направлении.

6.30 При проектировании опор из модульных систем в сейсмических районах следует выполнять дополнительную оценку применимости конструкции в соответствии с действующими НД.

6.31 Аварийные воздействия, возникающие при нарушении условий эксплуатации инженерных коммуникаций, определяют в зависимости от применяемых инженерных коммуникаций в соответствии с положениями СП 296.1325800 и требованиями НД.

## **7 Конструктивные требования к креплению элементов сетей и оборудования систем инженерно-технического обеспечения, технологических трубопроводов, опор под инженерно-техническое оборудование, фальшполов**

### **7.1 Сети инженерно-технического обеспечения**

#### **7.1.1**

Средства крепления не следует располагать в местах соединения трубопроводов.

Заделка креплений с помощью деревянных пробок, а также приварка трубопроводов к средствам крепления не допускаются.

Расстояние между средствами крепления стальных трубопроводов на горизонтальных участках необходимо принимать в соответствии с размерами, указанными в таблице 2, если нет других указаний в рабочей документации. При применении теплоизоляционных изделий из вспененных материалов плотностью до 70 кг/м<sup>3</sup> допускается принимать расстояние между средствами крепления изолированных трубопроводов до 0,8–0,9 расстояния между средствами крепления неизолированных трубопроводов.

При прокладке горизонтальных участков по траверсам последние следует фиксировать на подвесах с двух сторон траверсы гайками.

Таблица 2

Диаметр условного прохода трубы, мм	Наибольшее расстояние между средствами крепления трубопроводов, м	
	неизолированных	изолированных
15	2,5	1,5
20	3,0	2,0
25	3,5	2,0
32	4,0	2,5
40	4,5	3,0
50	5,0	3,0
70, 80	6,0	4,0
100	6,0	4,5
125	7,0	5,0
150	8,0	6,0

[СП 73.13330.2016, пункт 6.1.8]

## 7.1.2

Средства крепления стояков из стальных труб в жилых и общественных зданиях устанавливают на расстоянии, равном половине высоты этажа здания (при высоте этажа более 3 м). Средства крепления стояков в производственных зданиях следует устанавливать на расстоянии не более чем через 3 м друг от друга.

В местах соединений трубопроводов крепежных элементов быть не должно.

[СП 73.13330.2016, пункт 6.1.9]

## 7.1.3

Расстояния между средствами крепления чугунных канализационных труб при их горизонтальной прокладке не должны быть больше 2 м, а для стояков – одно крепление на этаж при высоте этажа не более 3 м.

Средства крепления следует располагать под раструбами.

Узлы крепления системы канализации из безраструбных чугунных труб следует выполнять в соответствии с рекомендациями предприятия – изготовителя труб.

[СП 73.13330.2016, пункт 6.1.10]

## 7.1.4

Направляющие опоры следует применять, как правило, охватывающего типа (хомутовые, трубообразные, рамочные), принудительно ограничивающие возможность поперечного сдвига и не препятствующие осевому перемещению трубы.

[СП 124.13330.2012, пункт 10.38]

## 7.1.5

Опоры и подвески следует располагать максимально близко к сосредоточенным нагрузкам, арматуре, фланцам, фасонным деталям и т. п.  
[ГОСТ 32569–2013, пункт 10.4.1]

## 7.1.6

Опоры под трубопроводы должны устанавливаться с соблюдением следующих требований:

- а) они должны плотно прилегать к строительным конструкциям;
  - б) уклон трубопровода проверяют приборами или специальными приспособлениями (нивелиром, гидростатическим уровнем и др.);
  - в) подвижные опоры и их детали (верхние части опор, ролики, шарики) должны устанавливаться с учетом теплового удлинения каждого участка трубопровода, для чего опоры и их детали необходимо смещать по оси опорной поверхности в сторону, противоположную удлинению;
  - г) тяги подвесок трубопроводов, не испытывающих тепловых удлинений, должны быть установлены отвесно; тяги подвесок трубопроводов, испытывающих тепловые удлинения, должны устанавливаться с наклоном в сторону, противоположную удлинению;
  - д) пружины опор и подвесок должны быть затянуты в соответствии с указаниями в проекте; на время монтажа и гидравлического испытания трубопроводов пружины разгружают распорными приспособлениями;
  - е) опоры, устанавливаемые на дне лотков и каналов, не должны препятствовать свободному стоку воды по дну лотка или канала.
- [ГОСТ 32569–2013, пункт 10.4.9]

## 7.1.7

При необходимости уменьшения усилий от трения следует устанавливать специальные конструкции опор, в том числе шариковые и катковые.

Катковые и шариковые опоры не допускается применять при прокладке трубопроводов в каналах.

[ГОСТ 32569–2013, пункт 10.4.10]

## 7.1.8

Крепление воздуховодов следует выполнять в соответствии с рабочей документацией.

Крепления горизонтальных металлических неизолированных воздуховодов (хомуты, подвески, опоры и др.) на бандажном бесфланцевом соединении следует устанавливать:

- на расстоянии не более 4 м друг от друга – при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения менее 400 мм;
- на расстоянии не более 3 м друг от друга – при диаметрах воздуховода круглого сечения или размерах большей стороны воздуховода прямоугольного сечения 400 мм и более.

Крепления прямых участков горизонтальных круглых металлических неизо-

лированных воздуховодов на фланцевом, ниппельном (муфтовом) соединении следует устанавливать на расстоянии не более 6 м друг от друга при диаметре до 630 мм и использовать не более одного соединения между креплениями. В остальных случаях расстояние должно составлять не более 4 м, при этом необходимы дополнительные крепления в местах поворотов и врезок.

Крепления прямых участков горизонтальных прямоугольных металлических неизолированных воздуховодов на фланцах, шине при периметре до 1600 мм следует устанавливать на расстоянии не более 6 м друг от друга, в остальных случаях – не более 3 м, при этом необходимы дополнительные крепления в местах поворотов и врезок.

Расстояния между креплениями изолированных металлических воздуховодов любых размеров поперечных сечений, а также неизолированных воздуховодов круглого сечения диаметром более 2000 мм или прямоугольного сечения при размерах его большей стороны более 2000 мм определяются рабочей документацией.

[СП 73.13330.2016, пункт 6.5.5]

#### 7.1.9

Крепления вертикальных металлических воздуховодов следует устанавливать на расстоянии не более 4,5 м друг от друга.

Крепление вертикальных металлических воздуховодов внутри помещений многоэтажных корпусов с высотой этажа до 4,5 м следует выполнять в междуэтажных перекрытиях.

Крепление вертикальных металлических воздуховодов внутри помещений с высотой этажа более 4,5 м и на кровле здания следует выполнять согласно требованиям рабочей документации.

Крепление растяжек и подвесок непосредственно к фланцам воздуховода не допускается. Натяжение регулируемых подвесок должно быть равномерным.

Отклонение воздуховодов от вертикали не должно превышать 2 мм на 1 м длины воздуховода.

Хомуты должны плотно охватывать металлические воздуховоды.

[СП 73.13330.2016, пункт 6.5.7]

#### 7.1.10

Воздуховоды должны быть установлены так, чтобы их вес не передавался на вентиляционное оборудование.

[СП 73.13330.2016, пункт 6.5.9]

7.1.11 Конструкции воздуховодов с нормируемыми пределами огнестойкости при температуре перемещаемого газа более 100 °С следует предусматривать с компенсаторами линейных тепловых расширений. Элементы креплений (подвески) конструкций воздуховодов согласно СП 7.13130.2020 (пункт 6.13) должны иметь пределы огнестойкости не менее нормируемых для воздуховодов (по

установленным числовым значениям, но только по признаку потери несущей способности).

7.1.12 Максимальный шаг опор для воздуховодов и трубопроводов назначают исходя из технических требований к конструкции воздуховодов и трубопроводов на основании технической документации производителей.

7.1.13 При монтаже перекосы в креплениях труб и воздуховодов, вызывающие закручивание элементов, не допускаются.

7.1.14 При креплении вертикального трубопровода необходимо предусмотреть установку неподвижной опоры в нижней его точке для восприятия вертикальной нагрузки от веса трубы и воды. В зависимости от конструкции трубы и опоры в каждом отдельном случае следует учитывать возможность перераспределения нагрузки от веса воды с неподвижной опоры внизу стояка на крепление горизонтального участка после поворота трубы.

7.1.15 При раструбной системе канализации рекомендуется рядовые опоры расставлять с шагом, указанным в каталоге производителя.

7.1.16 При креплении воздуховодов на кровле необходимо воздуховод фиксировать по контуру профилями к опорной конструкции.

7.1.17 В местах отводов и тройников воздуховодов следует устанавливать не менее одной опоры.

## **7.2 Технологические трубопроводы**

При проектировании опор технологических трубопроводов следует соблюдать требования настоящего стандарта организации, [6] и ГОСТ 32569.

## Приложение А (справочное)

### Этапы проектирования модульных конструкций различного назначения и требования нормативных документов

#### А.1 Крепление систем водоснабжения, канализации, вентиляции, технологических трубопроводов.

А.1.1 Выделяют следующие основные этапы проектирования:

- а) сбор исходных данных;
- б) расстановка опор;
- в) конструирование опор.

#### А.1.2 Сбор исходных данных

Перед началом проектирования необходимо получить следующие исходные данные:

- информация об опорной конструкции, к которой необходимо закрепить опору из модульной системы;
- исходные данные по инженерной системе, которую необходимо закрепить (планы, разрезы, аксонометрические схемы с отметками и диаметрами трубопроводов, материал и параметры трубопровода/воздуховода и вспомогательных элементов);
- максимально допустимые относительные деформации проектируемых опор;
- агрессивность среды по СП 28.13330;
- требуемый срок службы проектируемых опор.

#### А.1.3 Расстановка опор

Расстановку рядовых опор на планах и аксонометрических схемах либо в 3D модели с необходимым шагом, в зависимости от материала трубы и диаметра (типа соединения/размеров воздуховода), следует предусматривать в соответствии с конструктивными требованиями (раздел 7) и таблицей А.1.

Таблица А.1 – Масса и шаг (для крепления рядовых опор) водозаполненной стальной трубы с учетом и без учета изоляции

Условный диаметр Ду	Наружный диаметр D, мм		Масса участка трубы, кг, при шаге крепления, м						Наибольший шаг крепления, м
	ГОСТ 10704	ГОСТ 3262	1	2	3	4	5	6	
15 (1/2")	18	21	1,6	3,3	4,9	–	–	–	2,5
			2,0	4,0	–	–	–	–	1,5
20 (3/4")	25	27	2,2	4,4	6,7	–	–	–	3
			2,5	4,9	–	–	–	–	2
25 (1")	32	34	3,4	6,9	10,3	13,8	–	–	3,5

Окончание таблицы А.1

Условный диаметр Ду	Наружный диаметр D, мм		Масса участка трубы, кг, при шаге крепления, м						Наибольший шаг крепления, м
	ГОСТ 10704	ГОСТ 3262	1	2	3	4	5	6	
			3,9	7,8	–	–	–	–	2
32 (1 ¼")	40	42	4,7	9,4	14,1	18,8	–	–	4
			5,2	10,5	15,7	–	–	–	2,5
40 (1 ½")	45	48	5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	–	4,5
			6,5	13,0	19,5	–	–	–	3
50 (2")	57	60	8,2	16,4	24,6	32,8	41,0	–	5
			10,0	20,0	30,0	–	–	–	3
65 (2 ½")	76	76	11,4	22,7	34,1	45,4	56,8	–	6
			13,9	27,8	41,8	–	–	–	4
80 (3")	89	89	15,1	30,1	45,2	60,2	75,3	90,4	6
			18,5	36,9	55,4	73,8	–	–	4
100 (4")	108, 114	114	22,9	45,7	68,6	91,4	114,3	137,2	6
			28,3	56,5	84,8	113,0	141,3	–	4,5
125 (5")	133, 140	140	32,2	64,5	96,7	128,9	161,2	193,4	7
			38,3	76,5	114,8	153,0	191,3	–	5
150 (6")	159	165	41,5	83,0	124,5	166,0	207,6	249,1	8
			48,2	96,3	144,5	192,7	240,9	–	6
200 (8")	219	-	68,7	137,4	206,1	274,8	343,5	412,2	8
			76,7	153,4	230,2	306,9	383,6	–	6
250 (10")	273	-	96,6	193,2	289,8	386,4	483,0	579,6	8
			105,8	211,6	317,4	423,2	529,1	–	6
300 (12")	325	-	136,8	273,6	410,4	547,2	684,0	820,8	8
			147,3	294,7	442,0	589,2	736,7	–	6
350	377	-	166,2	332,4	498,6	664,8	831,1	997,3	8
			185,9	371,7	557,7	743,6	929,5	–	6

Примечание – В верхней строке – масса водозаполненной трубы без изоляции, в нижней – масса с изоляцией.

При наличии температурного расширения у закрепляемого трубопровода требуется также расстановка неподвижных, направляющих и подвижных опор.

#### А.1.4 Конструирование опор

Конструирование опор включает в себя следующие этапы:

- подбор типа материала модульной системы/типа антикоррозионного покрытия элементов модульной системы, удовлетворяющего требованиям 5.4 настоящего стандарта организации;
- подготовка эскиза опоры с учетом базового материала и условий на объекте;

- расчет рядовых опор в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта организации;
- при наличии температурного расширения у закрепляемого трубопровода требуется провести отдельный расчет неподвижных, направляющих и подвижных опор;
- разработка чертежей опор;
- создание спецификации используемых элементов/типовых опор.

## А.2 Подбор и расстановка опор крепления стальных трубопроводов с температурным расширением

А.2.1 В трубопроводе вследствие температурных расширений возникают усилия. Для того чтобы разгрузить трубопровод, необходимо предусматривать участки компенсации, а также неподвижные и скользящие опоры. При расстановке неподвижных, направляющих и подвижных (скользящих/роликовых/маятниковых) опор необходимо определить осевые перемещения трубопровода при тепловом расширении и усилия от трубопровода на соответствующие опоры.

А.2.1.1 Неподвижные опоры располагать на трубопроводе без компенсатора (естественного или сильфонного) между ними не допускается, так как это приводит к большим усилиям на данные опоры и к значительным напряжениям в самом трубопроводе, что в свою очередь может повлечь за собой разрушение трубопровода и его соединительных элементов (рисунок А.1).



Рисунок А.1 – Корректное расположение неподвижных опор

Рядовые опоры должны обеспечивать свободное перемещение трубы с помощью одного из следующих вариантов крепления:

- а) установка скользящей опоры;
- б) неполное обжатие трубы хомутом (допустимо для трубопроводов условным диаметром до Ду50 мм включительно);
- в) установка маятниковых подвесов (применима при угле отклонения маятникового подвеса до 15°).

Примечание – При установке маятникового подвеса в профиль монтажной системы необходимо учесть в расчете опоры осевую и боковую нагрузку, которые зависят от вертикальной составляющей усилия  $P$  и угла  $\alpha$  (рисунок А.2);

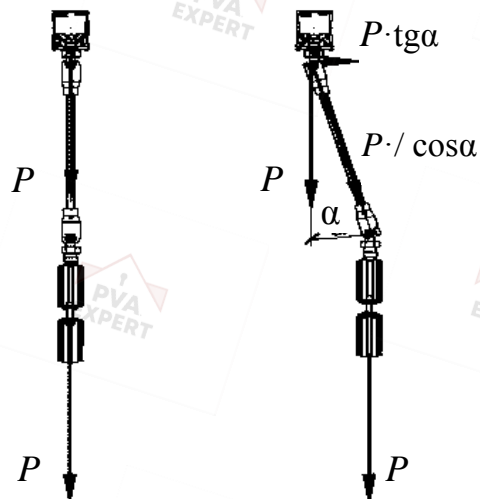


Рисунок А.2 – Крепление трубопровода к профилю с помощью маятниковой подвеса

г) с помощью отклонения шпильки согласно требованиям А.2.1.2, А.2.1.3.

А.2.1.2 Требования к креплению трубы шпилькой над профилем

В случае если отклонение опоры от вертикали составляет не более  $4^\circ$ , допускается не применять специальные элементы в конструкции опоры (скользящие/роликовые опоры) (рисунок А.3).

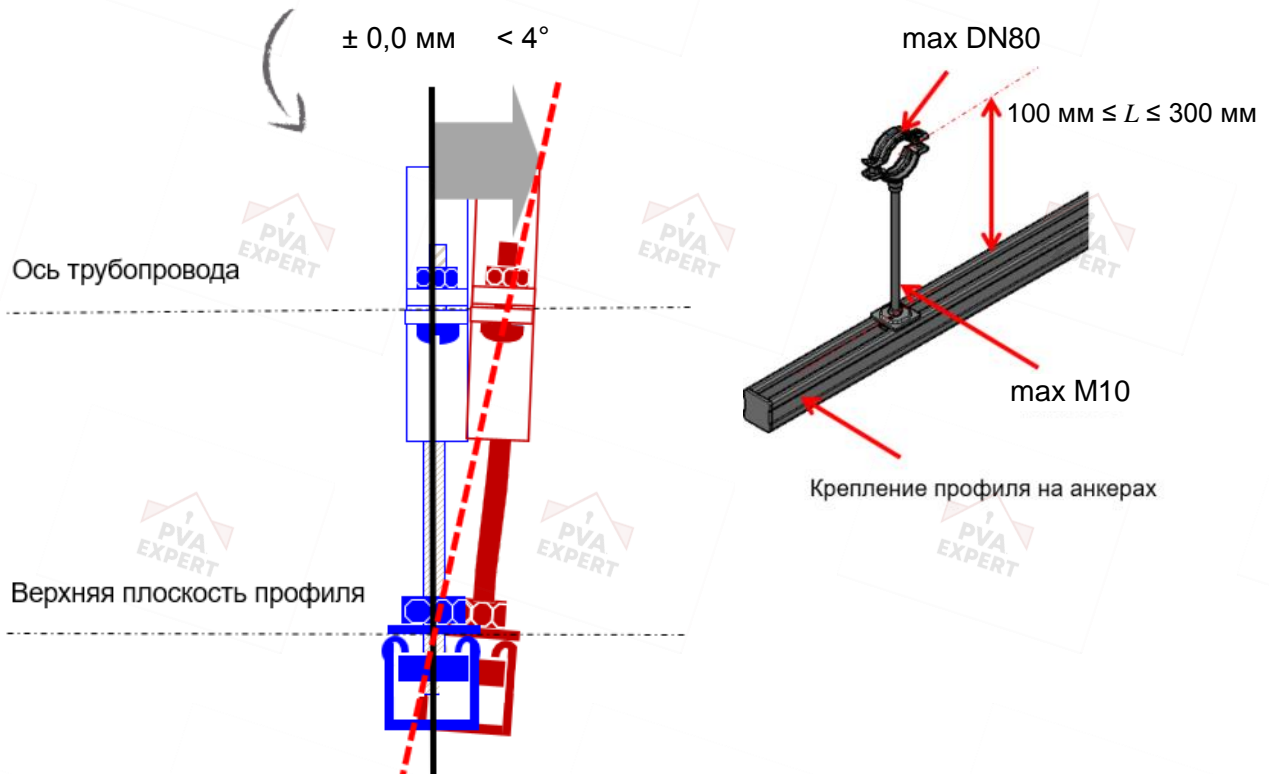


Рисунок А.3 – Крепление трубопровода к профилю с помощью простой опоры на шпильке (не скользящей/роликовой)

Для обеспечения величины отклонения опоры от вертикали в пределах  $4^\circ$  необходимо одновременное соблюдение следующих условий:

- трубопровод должен быть закреплен с помощью шпильки и хомута к профилю;
- диаметр закрепляемой трубы должен быть меньше Ду80 (наружный диаметр 89 мм);
- расстояние от оси трубопровода до профиля должно быть в пределах  $100 \leq L \leq 300$  мм;
- крепление следует проводить с помощью шпилек диаметром резьбы не более М10;
- профиль, к которому проводят крепление, подвешен на шпильках или крепится к бетону с помощью анкеров.

#### А.2.1.3 Требования к креплению трубы шпилькой под профилем

В случае если отклонение подвеса от вертикали составляет не более  $7,5^\circ$ , допускается не применять специальные элементы в конструкции опоры (скользящие/роликовые опоры или маятниковые подвесы) (рисунок А.4).

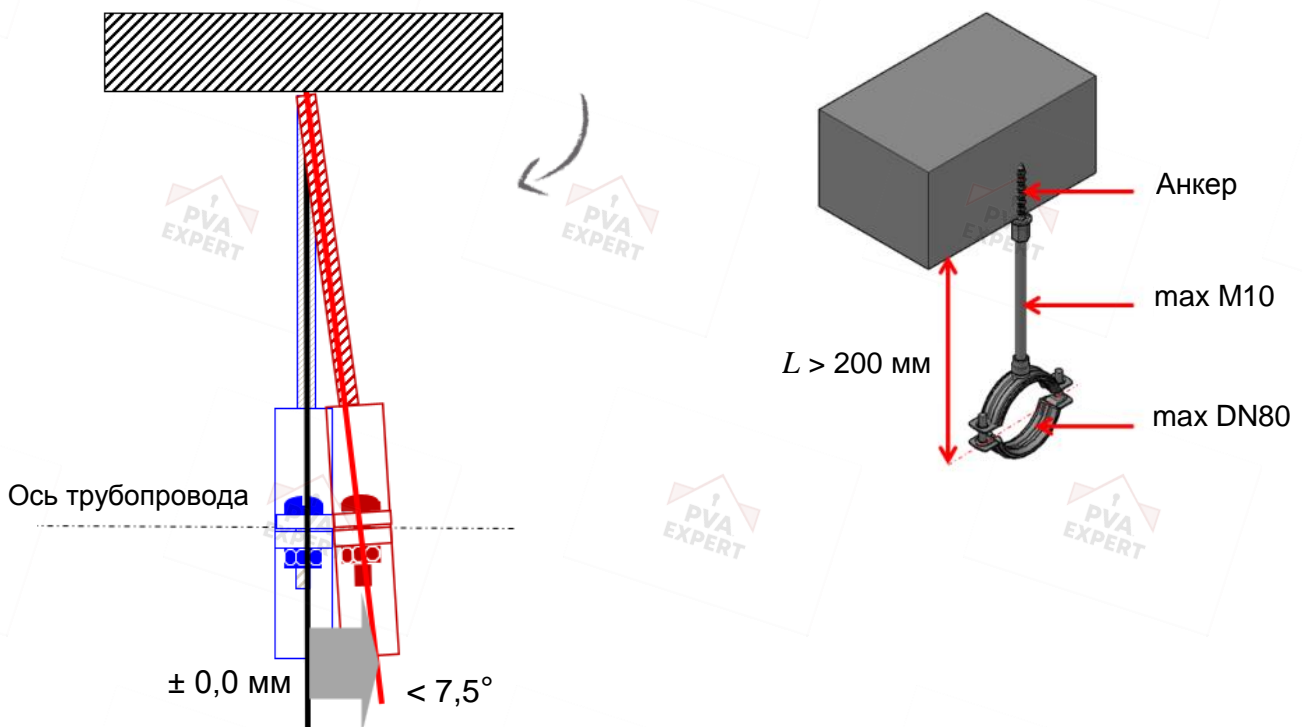


Рисунок А.4 – Крепление трубопровода к профилю с помощью простого подвеса на шпильке (не маятникового/скользящего/роликового)

Для обеспечения отклонения подвеса от вертикали в пределах  $7,5^\circ$  необходимо одновременное соблюдение следующих условий:

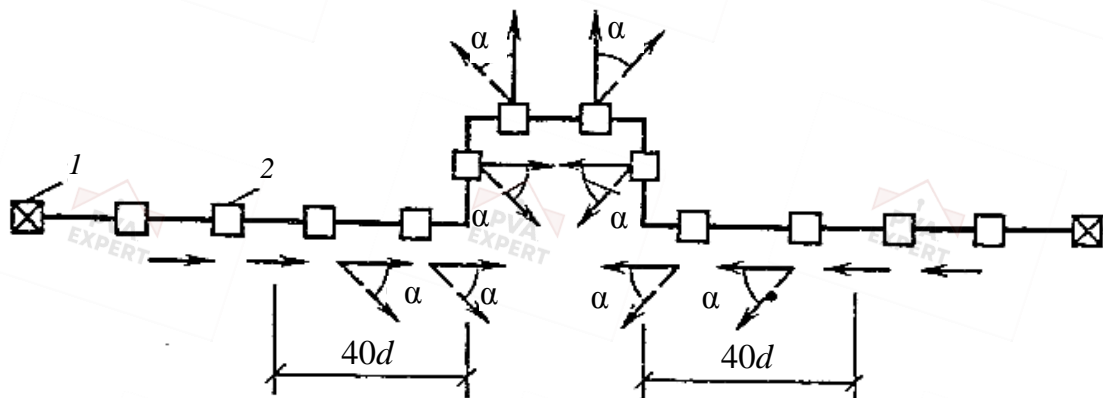
- трубопровод должен быть закреплен с помощью шпильки и хомута к бетону с помощью анкера; подвес – одиночный (не траверса);

- диаметр закрепляемой трубы должен быть меньше Ду80 (наружный диаметр – 89 мм);
- расстояние от базового материала до оси трубы должно быть в пределах  $L > 200$  мм;
- крепление следует проводить с помощью шпилек диаметром резьбы не более М10.

В случае если угол отклонения шпильки не более  $3^\circ$ , а длина шпильки более 100 мм, следует применять общее правило независимо от диаметра труб.

Примечание – При длине шпильки менее 100 мм шпилька будет работать как жесткий элемент.

Трубопроводы вблизи поворотов трассы вследствие температурных расширений могут перемещаться в обоих направлениях согласно схеме, представленной ниже. Поэтому на расстоянии  $40d$  от поворотов (рисунок А.5) необходимо предусматривать скользящие опоры, обеспечивающие перемещения трубопровода во всех направлениях, согласно СП 43.13330.



1 – анкерные опоры (неподвижные опоры); 2 – промежуточные опоры (рядовые опоры);  $\alpha$  – угол приложения нагрузки

Рисунок А.5 – Направления горизонтальной нагрузки в местах подвижного опирания трубопровода на отдельно стоящие опоры при нагревании трубопроводов

Угол приложения нагрузки составляет:

$\alpha = 45^\circ$  – в скользящих опорных частях;

$\alpha = 70^\circ$  – в катковых.

А.2.1.4 Проектирование полипропиленовых трубопроводов с температурным расширением и опор креплений для данных трубопроводов необходимо проводить с соблюдением требований СП 73.13330, [7]–[9], СП 124.13330, а также с учетом требований производителя применяемых полипропиленовых труб.

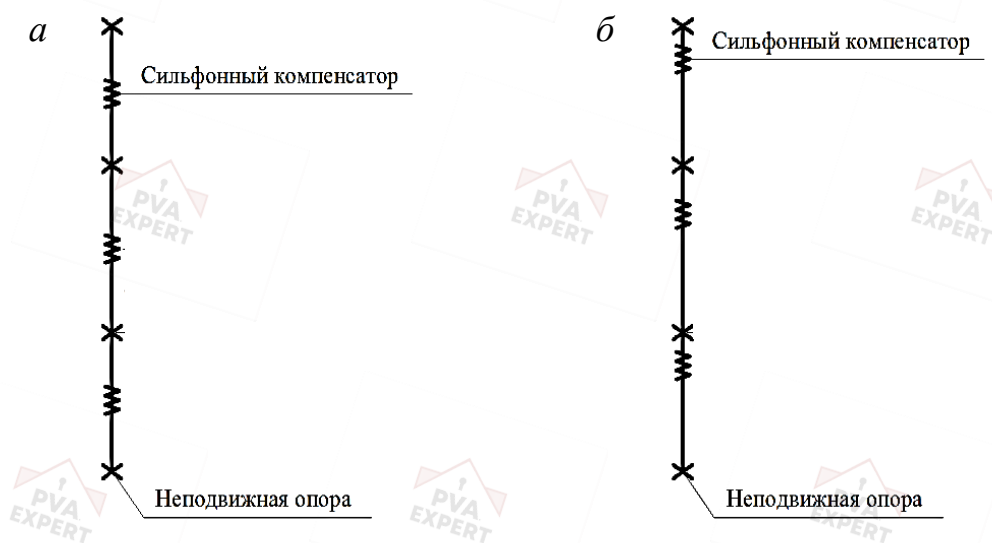
А.2.1.5 Для правильной работы сифонного компенсатора необходимо обеспечить соосность трубы путем установки направляющих опор. Расстояние от ком-

пенсатора до направляющих опор необходимо уточнять в документации производителя компенсатора. При отсутствии данных расстояние принимают равным  $2D_u-4D_u$  и  $12D_u-14D_u$  (где  $D_u$  – условный диаметр закрепляемого трубопровода).

Рядовые опоры должны обеспечивать свободное перемещение трубы с помощью установки подвижных опор.

На участках трубопроводов с осевыми сильфонными компенсаторами предусматривать прокладку трубопроводов на подвесных опорах не допускается.

Две схемы расположения осевых компенсаторов между неподвижными опорами приведены на рисунке А.6.



*a* – схема расположения компенсатора рядом с неподвижной опорой (на расстоянии  $2D_u-4D_u$ ); *б* – схема расположения компенсатора посередине между неподвижными опорами

Рисунок А.6 – Схемы расположения осевых компенсаторов между неподвижными опорами

В случае, представленном на рисунке А.6, *a*, направляющие опоры устанавливают только с одной стороны от компенсатора, что приводит к экономии материалов. Также с увеличением высоты стояка происходит потеря давления (приблизительно на 10 м – 0,1 МПа = 1 атм) и, следовательно, более эффективное расположение компенсатора – рядом с неподвижной опорой.

В этом случае неподвижную опору, располагающуюся рядом с компенсатором, следует рассчитывать на боковую нагрузку, равную не менее 15 % усилия в сильфонном компенсаторе.

В случае, представленном на рисунке А.6, *б*, направляющие опоры устанавливают с обеих сторон от компенсатора.

Если высота этажа здания более 3 м, то необходимо устанавливать одно крепление в уровне перекрытия, а другое – в середине этажа, как показано на рисунке А.7.

При креплении вертикального трубопровода необходимо предусмотреть установку неподвижной опоры внизу для восприятия вертикальной нагрузки от веса трубы и воды. В зависимости от конструктива трубы и опоры в каждом отдельном случае следует учитывать возможность перераспределения нагрузки от веса воды с неподвижной опоры внизу стояка на крепление горизонтального участка после поворота трубы.

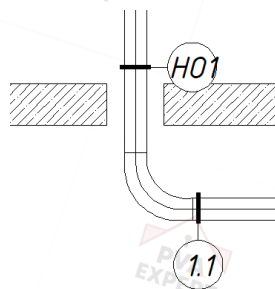
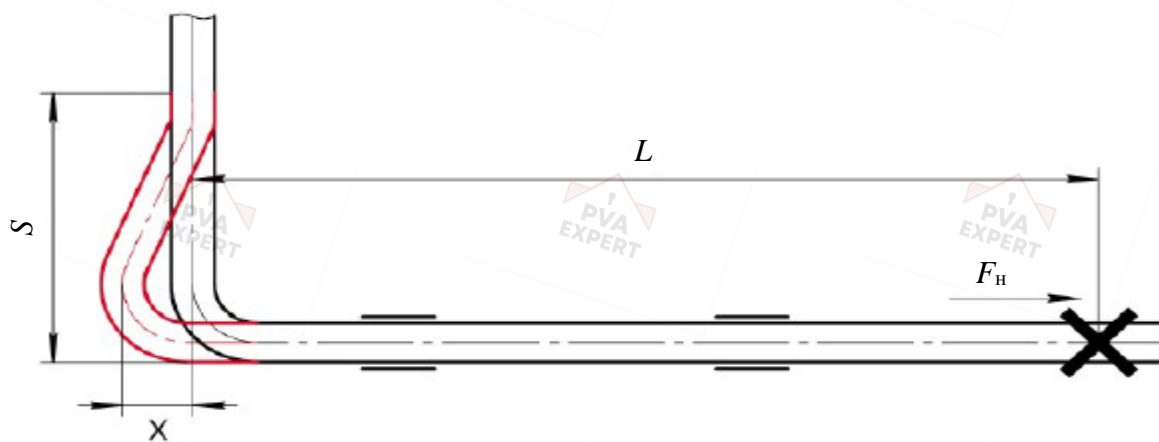


Рисунок А.7

## А.2.2 Расчет компенсирующей способности естественных компенсаторов и определение усилия на неподвижные опоры

### А.2.2.1 Г-образный компенсатор (плечо компенсации)



$L$  – расстояние между неподвижной опорой и плечом компенсации;  
 $S$  – величина плеча;  $X$  – расширение трубопровода (равное  $\Delta L$ );  $F_{\text{н}}$  – нагрузка на неподвижную опору

Рисунок А.8 – Г-образный естественный компенсатор

При наличии неподвижной опоры за поворотом трубопровода  $S$  принимают равным расстоянию до нее.

Величину теплового расширения трубопровода  $\Delta L$ , мм, определяют по формуле

$$\Delta L = \Delta T \cdot L \cdot \alpha, \quad (\text{A.1})$$

где  $\Delta T$  – разница температур, °С;

$L$  – длина расчетного участка трубопровода, м;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения материала, мм/(м·°С).

Определение разницы температур выполняют в соответствии с условием:

$$\text{при } \Delta_1 (T_{\max} - T_{\text{inst}}) > \Delta_1 (T_{\text{inst}} - T_{\min}) - \Delta_1; \text{ в ином случае принимают } \Delta_2, \quad (\text{A.2})$$

где  $T_{\max}$  – максимальная температура носителя или максимальная температура окружающей среды;

$T_{\text{inst}}$  – температура установки;

$T_{\min}$  – минимальная температура окружающей среды или теплоносителя.

$T_{\max}$  и  $T_{\min}$  определяют для следующих случаев: температура в момент монтажа труб и врезки компенсаторов (не ниже  $-10$  °С); температура теплоносителя; температура эксплуатации. Для расчета принимают сочетание с максимальным перепадом температур.

Минимальное плечо компенсации, м, определяют по формуле

$$S = \sqrt{\frac{3E}{2\sigma_{zul}}} \cdot \sqrt{\Delta L \cdot AD}, \quad (\text{A.3})$$

где  $E$  – модуль упругости материала трубы (зависит от температуры), Н/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{zul}$  – допустимое напряжение материала трубы, Н/мм<sup>2</sup>;

$AD$  – наружный диаметр трубы, мм.

Нагрузку на неподвижную опору, кН, определяют по формуле

$$F_H = F_R + F_E, \quad (\text{A.4})$$

где  $F_E$  – нагрузка от расширения, кН;

$F_R$  – нагрузка от трения, кН.

Нагрузку от расширения трубопровода, кН, определяют по формуле

$$F_E = E \cdot I \cdot \frac{\Delta L \cdot 3}{S^3}, \quad (\text{A.5})$$

где  $E$  – модуль упругости стали, Н/мм<sup>2</sup>;

$I$  – момент инерции трубы, мм<sup>4</sup>;

$\Delta L$  – удлинение трубы, мм;

$S$  – величина плеча, как правило, равная  $L_A$ , м.

Нагрузку от трения, кН, определяют по формуле

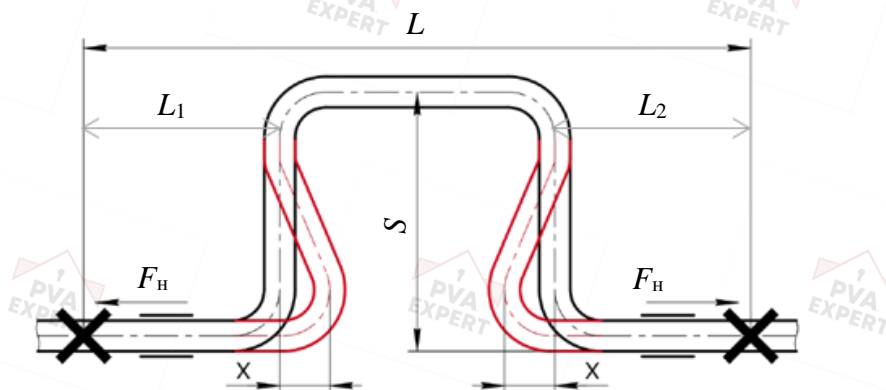
$$F_R = \mu \cdot M \cdot L/1000, \quad (\text{A.6})$$

где  $\mu$  – коэффициент трения скользящей/роликовой опоры;

$L$  – длина расчетного участка трубопровода, м;

$M$  – распределенная нагрузка от веса трубы, кН/м.

#### А.2.2.2 П-образный компенсатор



$L$  – расстояние между неподвижными опорами;  $S$  – величина плеча;

$x$  – расширение трубопровода;  $F_H$  – нагрузка на неподвижную опору

Рисунок А.9 – П-образный естественный компенсатор

Для правильной работы П-образного компенсатора (рисунки А.9, А.10) должно выполняться условие

$$L_1 < 8 \cdot L_2. \quad (\text{A.7})$$

Величину теплового расширения трубопровода, мм, определяют по формуле

$$\Delta L = \Delta T \cdot L/2\alpha, \quad (\text{A.8})$$

где  $\Delta T$  – разница температур, °С;

$L$  – длина расчетного участка трубопровода, м;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения материала, мм/(м·°С).

Далее необходимо выполнить следующие шаги расчета:

- определение разницы температур  $\Delta T$  [согласно формуле (А.2)];
- определение минимального плеча компенсации  $S$  [согласно формуле (А.3)];
- определение нагрузки на неподвижную опору  $F_H$  [согласно формуле (А.4)];
- определение нагрузки от расширения  $F_E$  [согласно формуле (А.5)].

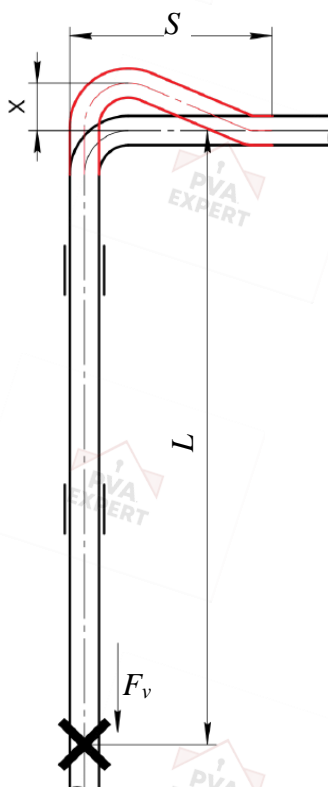
Нагрузку от трения, кН, определяют по формуле

$$F_R = 9,81 \cdot \mu \cdot M \cdot \frac{L}{2} / 1000. \quad (\text{A.9})$$

### А.2.2.3 Вертикальное плечо компенсации

Определение величины теплового расширения трубопровода необходимо выполнять в соответствии со следующими этапами:

- определение величины теплового расширения трубопровода [согласно формуле (А.1)];
- определение разницы температур  $\Delta T$  [согласно формуле (А.2)];
- определение минимального плеча компенсации  $S$  [согласно формуле (А.3)];
- определение нагрузки от расширения  $F_E$  [согласно формуле (А.5)].



$L$  – расстояние между неподвижной опорой и плечом компенсации;  $S$  – величина плеча;  $x$  – расширение трубопровода;  $F_v$  – нагрузка на неподвижную опору

Рисунок А.10 – Г-образный естественный компенсатор

Нагрузку на неподвижную опору, кН, определяют по формуле

$$F_v = F_E + F_G. \quad (\text{А.10})$$

Нагрузку от собственного веса трубы, кН, определяют по формуле

$$F_G = M \cdot L, \quad (\text{А.11})$$

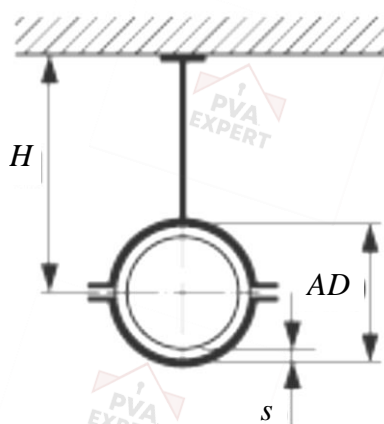
где  $M$  – погонная нагрузка от веса трубы, кН.

**А.2.3 Трубопроводы с осевыми компенсаторами. Подбор и расстановка сильфонных компенсаторов на вертикальных и горизонтальных участках стальных трубопроводов и определение усилий на неподвижные и направляющие опоры**

А.2.3.1 Подбор компенсатора

Выбор компенсатора зависит:

- от максимальной/минимальной температуры теплоносителя;
- давления (рабочее давление должно быть меньше номинального давления PN);
- $Dу/AD$  Min –  $AD$  Max трубы, где  $AD$  – наружный диаметр,  $Dу$  – диаметр прохода;
- высоты  $H$ .



$AD$  – наружный диаметр;  $H$  – высота;  $s$  – толщина стенки трубы

Рисунок А.11

А.2.3.2 Определение количества компенсаторов на участке

Данные по количеству, производителю, типу и расположению сильфонных компенсаторов, как правило, указаны в задании на проектирование опор из модульных (монтажных) систем.

В случае если эти данные отсутствуют, необходимо руководствоваться следующим:

а) при расчете участка стального трубопровода с сильфонным компенсатором необходимо определиться с количеством сильфонных компенсаторов и неподвижных опор. Для этого необходимо посчитать общие деформации трубопровода по формулам:

1) для вертикальных участков трубопровода:

$$\Delta L = \alpha \cdot H \cdot N \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \cdot k; \quad (\text{A.12})$$

2) для горизонтальных участков трубопровода:

$$\Delta L = \alpha \cdot AB \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \cdot k, \quad (\text{A.13})$$

где  $\Delta L$  – удлинение компенсируемого участка, мм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения (для стали равен 0,012), мм/(м·°С);

$H$  – высота этажа, м;

$N$  – число этажей между неподвижными опорами на компенсируемом участке;

$T_{\max}$  – максимальная температура носителя или максимальная температура окружающей среды;

$T_{\min}$  – минимальная температура окружающей среды или теплоносителя;

$k$  – коэффициент запаса (назначается производителем компенсатора).

$AB$  – длина расчетного участка горизонтального трубопровода.

$T_{\max}$  и  $T_{\min}$  определяют для следующих случаев: температура в момент монтажа труб и врезки компенсаторов (не ниже минус 10 °С); температура теплоносителя; температура эксплуатации. Для расчета принимают сочетание с максимальным перепадом температур;

б) необходимо выбрать марку компенсатора с определенными характеристиками.

С учетом полученного температурного удлинения компенсируемого участка необходимое количество сильфонных компенсаторов определяют по формуле

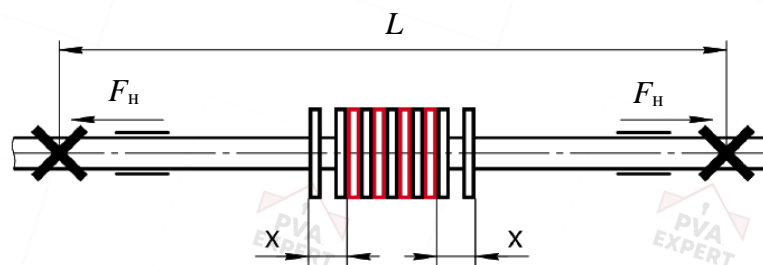
$$n = \frac{\Delta L}{\Delta}, \quad (\text{A.14})$$

где  $n$  – количество компенсаторов (округляют в большую сторону);

$\Delta$  – осевой ход компенсатора;

в) компенсаторы располагают между неподвижными опорами. Неподвижные опоры разделяют трубопровод на участки, независимые друг от друга по восприятию усилий от температурных деформаций и внутреннего давления (рисунки А.12, А.13). Участок с сильфонным компенсатором между неподвижными опорами должен быть прямолинейным, без поворотов.

#### А.2.3.3 Осевой компенсатор на горизонтальном участке трубы



$L$  – расстояние между неподвижными опорами;  $\times$  – расширение трубопровода;  $F_H$  – нагрузка на неподвижную опору

Рисунок А.12 – Горизонтальный участок трубопровода с двумя неподвижными опорами и осевым компенсатором между ними

Величину теплового расширения трубопровода, м, определяют по формуле

$$\Delta L = \Delta T \cdot L / 2\alpha, \quad (\text{A.15})$$

где  $\Delta T$  – разница температур, °С;

$L$  – длина расчетного участка трубопровода, м;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения материала, мм/(м·°С).

Разницу температур определяют из условия

при  $\Delta_1(T_{\max} - T_{\text{inst}}) > \Delta_2(T_{\text{inst}} - T_{\min})$ , то  $\Delta_1$ ; в ином случае принимают  $\Delta_2$ , (A.16)

где  $T_{\max}$  – максимальная температура носителя или максимальная температура окружающей среды;

$T_{\text{inst}}$  – температура установки;

$T_{\min}$  – минимальная температура окружающей среды или теплоносителя.

$T_{\max}$  и  $T_{\min}$  определяют для следующих случаев: температура в момент монтажа труб и врезки компенсаторов (не ниже минус 10 °С); температура теплоносителя; температура эксплуатации. Для расчета принимают сочетание с максимальным перепадом температур.

Нагрузку на неподвижную опору, кН, определяют по формуле

$$F_H = F_P + F_W + F_R. \quad (\text{A.17})$$

Нагрузку от давления в трубопроводе, кН, определяют по формуле

$$F_P = P \cdot A, \quad (\text{A.18})$$

где  $P$  – расчетное значение давления, бар;

$A$  – эффективная площадь компенсатора, мм<sup>2</sup>.

В расчете используют значение давления при испытании системы, равное 1,5 избыточного рабочего давления, но не менее 0,2 МПа (для систем внутреннего холодного и горячего водоснабжения, отопления, теплоснабжения и холодоснабжения).

Нагрузку от типа компенсатора с преднастяжением и без него, кН, определяют по формулам:

- без преднастяжения

$$F_W = 2 \cdot \Delta L \cdot C / 1000; \quad (\text{A.19})$$

- с преднастяжением

$$F_W = \Delta L \cdot C / 1000, \quad (\text{A.20})$$

где  $\Delta L$  – тепловое расширение трубопровода, мм;

$C$  – осевая жесткость осевого хода компенсатора, Н/мм.

При расчете формулы нагрузки от компенсатора с преднастяжением величина теплового расширения трубопровода требует особого внимания, так как будет меняться пропорционально расстоянию от компенсатора до неподвижной опоры (при

этом следует принимать наибольшее плечо). Например, если компенсатор расположен на 2/3 от расстояния между неподвижными опорами, необходимо изменить формулу для расчета теплового расширения трубопровода следующим образом:

$$\Delta L = \Delta T \cdot \frac{2}{3} L \cdot \alpha. \quad (\text{A.21})$$

Нагрузку от трения, кН, определяют по формуле

$$F_R = 9,81 \cdot \mu \cdot M \cdot L / 1000, \quad (\text{A.22})$$

где  $\mu$  – коэффициент трения скользящей/роликовой опоры;

$M$  – распределенная нагрузка от веса трубы, кг/м;

$L$  – длина расчетного участка трубопровода, м.

Максимальный ход компенсатора определяют по формулам:

- без преднатяжения

$$aX_{\max} = 2 \cdot aX \cdot K; \quad (\text{A.23})$$

- с преднатяжением

$$aX_{\max} = aX \cdot K, \quad (\text{A.24})$$

где  $K$  – понижающий коэффициент (принимают по максимальной температуре, указанной производителем);

$aX$  – максимальный ход компенсатора, мм.

Максимально допустимое давление для компенсатора, кН, определяют по формуле

$$P_{\max} = P_N \cdot K, \quad (\text{A.25})$$

где  $P_N$  – максимальное давление для текущего компенсатора, бар.

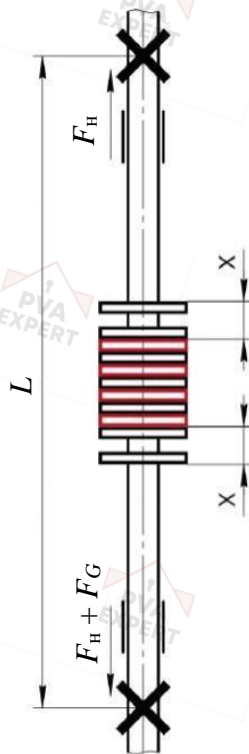
Должны соблюдаться следующие условия:

$$P < P_{\max}, \quad (\text{A.26})$$

$$2X < aX_{\max}, \quad (\text{A.27})$$

где  $P$  – расчетное значение давления, бар.

## А.2.3.4 Осевой компенсатор на вертикальном участке трубы



$L$  – расстояние между неподвижной опорой и плечом компенсации;  $x$  – расширение трубопровода;  $F_H$  – нагрузка на неподвижную опору;  $F_G$  – нагрузка от собственного веса трубы и веса воды в стояке

Рисунок А.13 – Вертикальный участок трубопровода с двумя неподвижными опорами и осевым компенсатором между ними

При расчете участка трубопровода следует определить:

- величину теплового расширения трубопровода  $\Delta L$  [согласно формуле (А.15)];
- разницу температур  $\Delta T$  [согласно формуле (А.16)];
- нагрузку на неподвижную опору по формуле

$$F_H = F_P + F_W, \quad (\text{A.28})$$

- нагрузку от давления в трубопроводе  $F_P$  [согласно формуле (А.18)];
- нагрузку от компенсатора  $F_W$  в зависимости от типа компенсатора [согласно формуле (А.19) или (А.20)];
- нагрузку от собственного веса трубы по формуле

$$F_G = M \cdot L, \quad (\text{A.29})$$

здесь  $M$  – погонная нагрузка от веса трубы, кН.

### A.2.4 Расчет направляющих опор

Направляющие опоры должны быть охватывающего типа, быть рассчитаны на боковую нагрузку и обеспечивать соосность патрубков компенсатора в пределах значений, заданных производителем сильфонного компенсатора.

Система может находиться в равновесном состоянии только в случае, если сумма жесткости консольно-закрепленного трубопровода и жесткости компенсатора на сдвиг превышает боковые усилия сильфонного компенсатора (рисунок А.14) при возможной несоосности, то есть

$$N + F_{\text{сдв}} - F_L \geq 0. \quad (\text{A.30})$$



Рисунок А.14 – Нарушение соосности под воздействием боковых усилий

Прогиб консольно-закрепленной балки при действии сосредоточенной силы следует определять по формуле

$$b = \frac{N \cdot L^3}{3EJ} \rightarrow N = \frac{b \cdot 3EJ}{L^3}. \quad (\text{A.31})$$

Боковую силу от изменения направления осевого усилия сильфона следует определять по формуле

$$F_L = P_{\text{ос}} \cdot \sin(\arctg(\frac{b}{a})), \quad (\text{A.32})$$

где  $a$  – длина сильфона (без учета длины патрубков), см;

$b$  – допустимая несоосность трубопровода в месте установки сильфонного компенсатора,  $b \approx 1$  см;

$P_{\text{ос}}$  – осевое усилие компенсатора.

Жесткость сдвига следует определять по формуле

$$F_{\text{сдв}} = \lambda_{\text{сдв}} \cdot b, \quad (\text{A.33})$$

где  $\lambda_{\text{сдв}}$  – жесткость сильфона на сдвиг.

Равновесие системы (рисунок А.15) должно быть обеспечено соблюдением условия

$$b \cdot \left( \frac{3EJ}{L^3} + \lambda_{\text{сдв}} \right) - P_{\text{ос}} \cdot \sin(\arctg(\frac{b}{a})) \geq 0. \quad (\text{A.34})$$

Необходимо провести расчет рамы для наихудшего варианта нагружения:

$F_V$  – вес расчетного участка трубопровода с водой и изоляцией;

$F_L$  – боковая нагрузка от сильфонного компенсатора.

Боковую нагрузку следует принимать не менее 10 %–15 % осевого усилия от компенсатора.

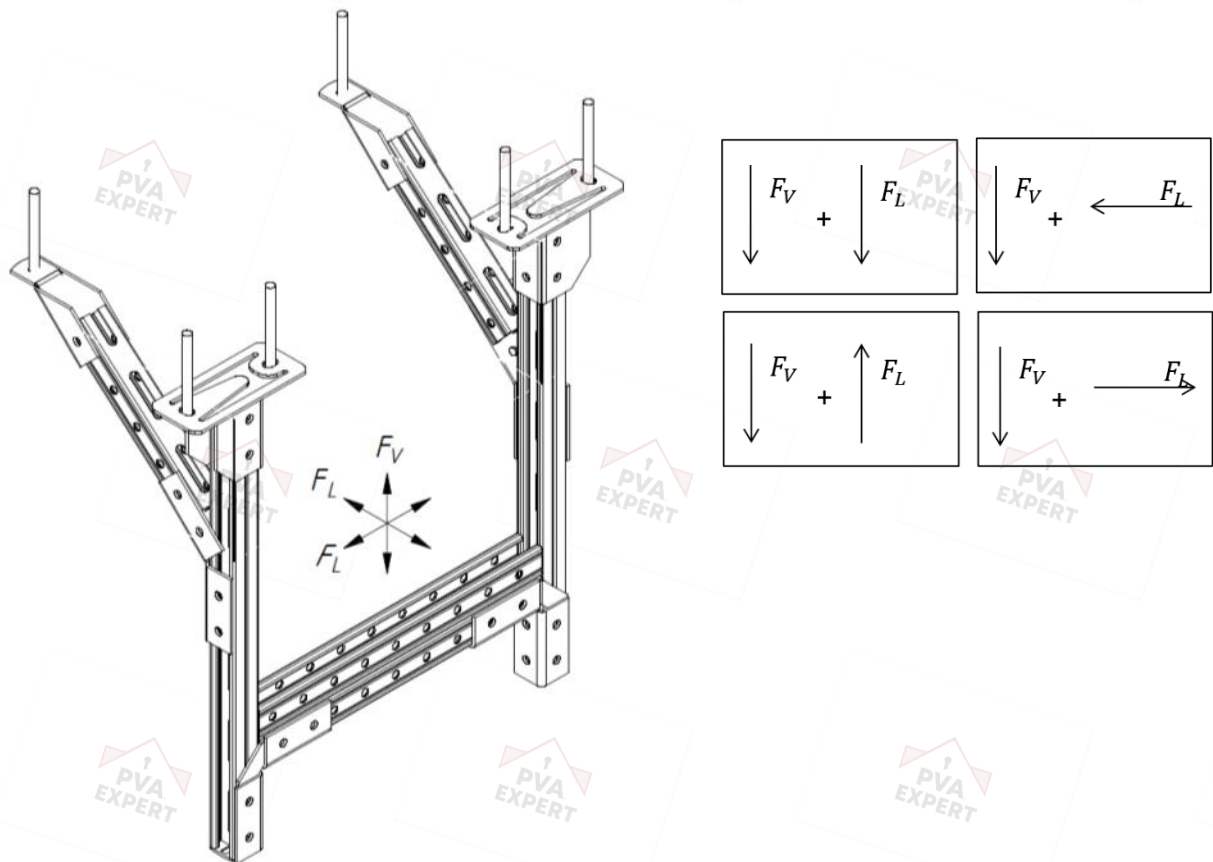


Рисунок А.15 – Типовая направляющая опора из монтажной (модульной) системы и воздействия на нее

### А.3 Фальшполы

А.3.1 При проектировании фальшполов необходимо выполнять следующие требования:

- а) расчет несущих конструкций фальшпола ведут в соответствии с настоящим стандартом организации;
- б) габаритные расстояния между кабеленесущими конструкциями и несущими конструкциями фальшпола определяют в соответствии с [10, таблица 2.3.1];
- в) учитывают требования и рекомендации производителя модульных систем;
- г) характеристики и эксплуатационные требования к фальшполам должны удовлетворять требованиям НД. При отсутствии действующих отечественных НД допускается использование НД иностранных государств;
- д) требования к фальшполам для обеспечения огнестойкости объектов приведены в 5.5.2 настоящего стандарта организации.

е) элементы фальшпола должны иметь соответствующую электропроводность для обеспечения надежного уравнивания потенциалов и соединения с заземляющим проводником в случае, если они предназначены для использования в качестве цепей защиты. Значения полных сопротивлений должны быть не более 50 мОм для соединения секций и 5 мОм на 1 пог. м для целого участка секции в соответствии с ГОСТ Р 52868–2021 (подраздел 11.1).

### **А.3.2 Сбор исходных данных**

Для корректной разработки проекта фальшпола требуются следующие исходные данные:

а) сведения о помещении и опорных конструкциях:

- планы помещений, в которых необходимо запроектировать фальшполы,
- отверстия в перекрытиях (при их наличии должны быть обозначены),
- разрезы с высотными отметками,
- материалы стен,
- вид дверных проемов;

б) задание на проектирование фальшпола:

- требуемые высотные отметки проектируемого фальшпола,
- требуемый материал покрытия пола,
- нагрузка для проходной зоны и рам под оборудование,
- максимально допустимые относительные деформации фальшпола,
- дополнительные требования к фальшполам;

в) сведения об опираемых кабельных конструкциях:

- планы кабельных конструкций (при наличии кабельных систем под фальшполом) по уровням,

- сечения по лоткам,
- нагрузка на опору от кабеля;

г) план расположения шкафов и их размеры:

- вес шкафов,
- привязки к отверстиям в цоколе, привязки шкафов к осям;

д) иные инженерные коммуникации в пространстве под полом (при наличии):

- планы систем с отметками,
- материал/производитель систем (труб, воздуховодов),
- параметры носителя системы (вода/газ/хладагент – масса, температура),
- разрезы (при необходимости);

е) информация об условиях эксплуатации:

- агрессивность среды по СП 28.13330,
- требуемый срок службы фальшпола;

ж) прочие требования (сейсмостойкость, огнестойкость).

### А.3.3 Конструирование

А.3.3.1 Конструирование фальшпола состоит из следующих этапов:

а) подбор типа модульной системы, типа антикоррозионного покрытия элементов модульной системы, удовлетворяющего требованиям 5.4 настоящего стандарта организации;

б) расчет и определение расположение несущих балок под оборудование;

в) раскладка плитки (иногo покрытия);

г) расчет несущих балок проходной зоны;

д) определение расположения и шага стоек, проверка их несущей способности;

е) расчет соединителей;

ж) расчет стоек с кронштейнами (консолями);

и) расстановка связующих профилей;

к) детальная проработка выбранного решения; узлы заземления, крепления шкафа, ограничители хода;

л) составление спецификации используемых элементов, типовых конструкций.

А.3.3.2 Расчет и определение расположения несущих балок под оборудование  
Сечение и расположение профиля под оборудование подбирают по нагрузкам и фактическим размерам шкафов в соответствии с паспортом на оборудование.

#### А.3.3.3 Раскладка плитки

После того как определено положение балок под оборудование, следует выполнить раскладку плитки покрытия по следующему алгоритму:

- привязать плиты покрытия фальшпола к углу шкафа, если есть цоколь;
- привязать к краю балки, если нет цоколя или о его наличии нет данных;
- если нет оборудования, то плитку следует раскладывать с привязкой к осям здания;

- плиты покрытия, как правило, не привязывают к стенам – на монтаже ограждающие конструкции могут быть сдвинуты относительно проектного положения;

- продумать решение с минимальным количеством резов плит покрытия.

При использовании других типов покрытия (решетчатые, рифленые, вентиляционные панели) следует действовать аналогичным образом.

#### А.3.3.4 Расчет несущих балок проходной зоны

Балки проходной зоны следует располагать перпендикулярно кабельным лоткам и шкафам.

Для расчета необходимо знать нагрузку на 1 м<sup>2</sup> пола.

Существует два типа нагрузки фальшполов:

- нагрузка на раму от шкафов;

- нагрузка на проходную зону определяется по заданию, при отсутствии данных – по СП 20.13330.2016 (пункт 8.2.1). Также необходимо учитывать нагрузку при перемещении оборудования по фальшполу (монтажная нагрузка).

При расчете на нагрузку от перемещения шкафов и на эксплуатационную нагрузку проверка профиля проводят по первой и второй группам предельных состояний (по прочности и устойчивости и по деформациям).

Расчет балок выполняют аналитическим или численным методом в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации.

В случае если при расчете на эксплуатационную нагрузку максимальный прогиб больше предельного прогиба согласно СП 20.13330.2016 (пункт Д.2.1), необходимо пересмотреть выбор несущей балки или шаг опор.

Выделяют следующие особенности расчета балок:

а) когда в проекте появляются однопролетные участки шириной более 1200 мм, необходимо делать проверочный расчет на крутящий момент;

б) подбор балки и соединителя осуществляют по самому загруженному сечению;

в) однопролетные балки длиной 1200 мм и более необходимо проверять на воздействие точечной нагрузки 1 кН в середине пролета (масса человека). Прогиб при этом не должен превышать предельных значений согласно СП 20.13330.2016 (пункт Д.2.2), а также значений установленных в технической документации предприятия – изготовителя балок или указанных в задании на проектирование фальшпола.

#### А.3.3.5 Определение расположения стоек

Как правило, высота фальшполов из модульных систем варьируется в диапазоне от 150 до 3000 мм. При необходимости соблюдения требований [10] высота ограничивается 1200 мм.

Необходимо выполнять расчет по устойчивости и гибкости стоек в каждом конкретном случае.

Шаг стоек и вид соединительного элемента модульных систем необходимо определять по расчету с учетом оптимального расположения, фактического размещения оборудования и в соответствии с требованиями [10, таблица 2.3.1].

#### А.3.3.6 Расчет соединительных элементов и кронштейнов

При подборе шага стоек также следует проверять несущие способности соединительных элементов модульных систем в соответствии с 6.12 настоящего стандарта организации.

Нагрузку на соединительные элементы следует определять по результатам расчета балки.

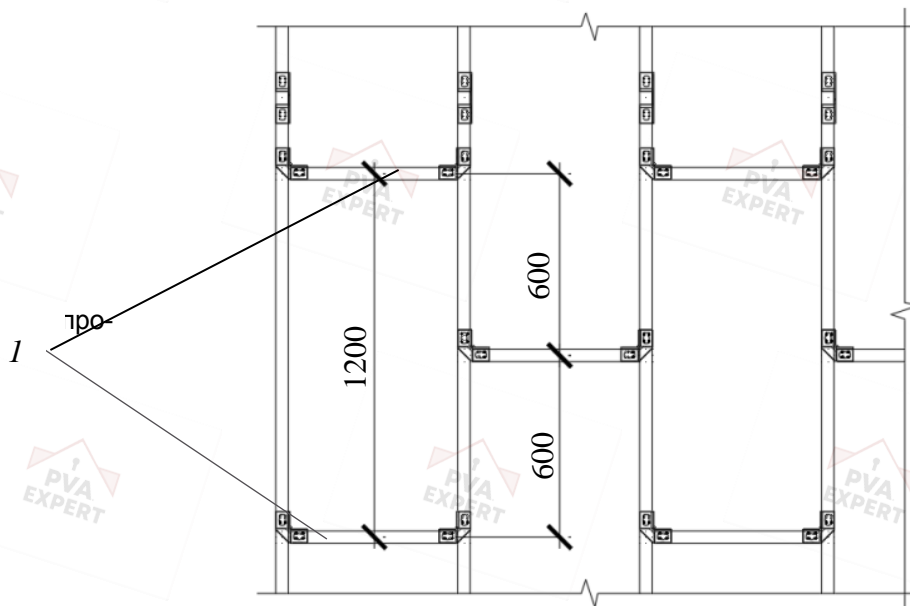
#### А.3.3.7 Расчет кронштейнов

Следует выполнить расчет кронштейнов на нагрузку от лотков, кабельных конструкций и инженерных сетей.

#### А.3.3.8 Расстановка связующих профилей

Связующий профиль (рисунок А.16) необходим для обеспечения пространственной жесткости конструкции:

- балки типовой конструкции фальшпола устанавливаются в шахматном порядке с шагом 1200–1800 мм под стыком двух плиток;
- связующий профиль крепится к несущим балкам в нижнем уровне несущих балок.



1 – связующий профиль

Рисунок А.16 – Схема расстановки связующего профиля типовой конструкции интегрированного фальшпола

Для каждого конкретного задания допускается применение иных вариантов.

#### А.4 Проектирование площадок обслуживания с применением элементов модульных систем

А.4.1 Пример площадки обслуживания приведен на рисунке А.17.

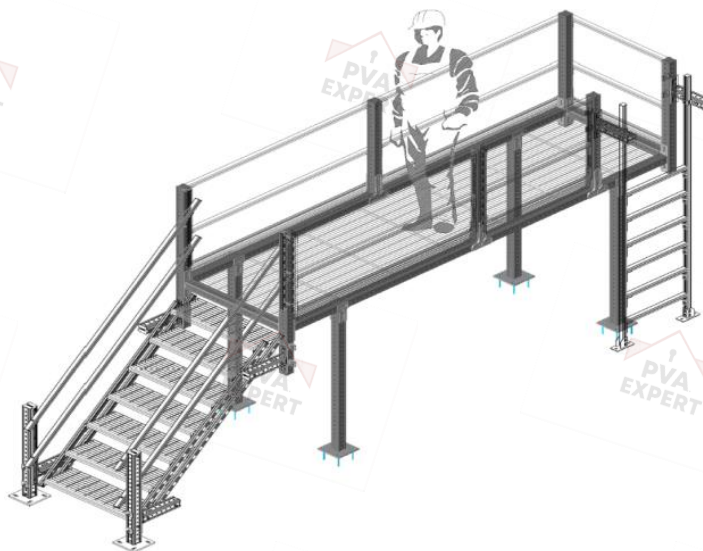


Рисунок А.17 – Пример площадки обслуживания с использованием связующего профиля

#### **А.4.2 Сбор исходных данных**

Для корректной разработки проекта требуются исходные данные:

- а) высота и габариты площадки;
- б) назначение объекта;
- в) нагрузка на площадку;
- г) местоположение для определения климатических нагрузок;
- д) информация об опорной конструкции, к которой будет закреплена площадка обслуживания;
- е) максимально допустимые относительные деформации площадки;
- ж) агрессивность среды по СП 28.13330;
- и) требуемый срок службы конструкции.

#### **А.4.3 Сбор нагрузок**

А.4.3.1 При проектировании площадок обслуживания должны быть учтены следующие нагрузки:

- вес людей и ремонтных материалов на обслуживающих площадках и проходных мостиках (эксплуатационная нагрузка);
- нагрузка на перила;
- ветровая нагрузка;
- снеговая нагрузка;
- сейсмическая нагрузка.

При применении внутри помещений ветровую и снеговую нагрузки не учитывают.

##### **А.4.3.2 Эксплуатационная нагрузка.**

Принимают по заданию на проектирование. При отсутствии данных в задании на проектирование следует принимать нагрузку в соответствии с требованиями НД, если они содержат такую информацию. При отсутствии данных следует принимать нагрузку по СП 20.13330.2016 (пункт 8.2.1).

##### **А.4.3.3 Нагрузка на перила**

Нормативную горизонтальную нагрузку на перила принимают в соответствии с СП 20.13330.2016 [пункт 8.2.6, перечисление г)] равной 0,3 кН/м, если по заданию на проектирование на основании технологических решений не требуется большее значение нагрузки. Прикладывают по всей длине перил в одном направлении.

##### **А.4.3.4 Ветровая нагрузка**

Ветровую нагрузку следует определять в соответствии с СП 20.13330.2016 (раздел 11). Аэродинамические коэффициенты следует назначать как для решетчатых конструкций в соответствии с СП 20.13330.2016 (пункт В.1.14).

##### **А.4.3.5 Снеговая нагрузка**

Снеговую нагрузку на обслуживающих площадках определяют в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016 (раздел 10). При этом гололедную нагрузку не учитывают.

#### А.4.4 Расчет конструкции

Конструкция площадки должна удовлетворять требованиям первой и второй групп предельных состояний. Расчет элементов конструкции выполняют в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации.

При учете вертикальной нагрузки от веса людей и ремонтных материалов на площадках снеговую нагрузку на этих конструкциях не учитывают. При расчете учитывают только большую из снеговой и эксплуатационной нагрузок.

Модульная система, используемая для проектирования площадок обслуживания, должна удовлетворять требованиям коррозионной стойкости в соответствии с 5.4 настоящего стандарта организации.

#### А.4.5 Конструктивные требования

К площадкам обслуживания допускается предъявлять следующие конструктивные требования:

а) площадки обслуживания, расположенные на высоте более 750 мм, должны иметь ограждение высотой 900–1250 мм с продольными планками, рекомендованное расстояние между которыми – не более 400 мм друг от друга, а также борт по низу из листовой стали высотой не менее 100 мм, образующий с настилом зазор для стока жидкости не более 10 мм;

б) расстояние между стойками ограждения должно быть не более 2500 мм;

в) рекомендуемая ширина рабочего прохода на площадках обслуживания – не менее 500 мм. Площадки обслуживания должны оборудоваться лестницами;

г) лестницы должны иметь уклон  $45^{\circ}$ – $75^{\circ}$  к горизонтали. Рекомендуемая ширина маршевых лестниц – не менее 650 мм;

д) при наличии требований к ступеням в задании на проектирование:

1) расстояние между ступенями по высоте маршевых лестниц должно быть 200–300 мм;

2) ступени рекомендуется предусматривать с уклоном вовнутрь  $2^{\circ}$ – $5^{\circ}$ ;

3) с обеих сторон ступеней рекомендуется устройство боковых планок или бортовой обшивки высотой не менее 150 мм, исключающие возможность проскальзывания ног человека;

4) лестницы с двух сторон должны быть оборудованы ограждениями высотой 900–1200 мм;

е) лестницы-стремянки следует располагать вертикально или с уклоном  $60^{\circ}$ – $90^{\circ}$  к горизонтали.

Рекомендуемая ширина лестниц-стремянок – не менее 600 мм;

ж) Лестницы-стремянки (тоннельного типа), начиная с высоты 2100 мм от пола или переходной площадки, должны иметь ограждения в виде дуг радиусом 350–400 мм.

Расстояние от самой удаленной точки дуги до ступеней должно быть в пределах 600–800 мм.

Дуги следует располагать на расстоянии не более 500 мм одна от другой. Рекомендуется соединять их не менее чем тремя продольными полосами. При этом концы полос не должны выступать за пределы крайних дуг;

и) при выходе на площадки тетивы стремянок, служащие поручнями, и предохранительные дуги должны заканчиваться на высоте ограждения площадки;

к) расстояние между ступенями по высоте лестниц-стремянок и лестниц тоннельного типа должно быть не более 350 мм.

## Приложение Б (справочное)

### Примеры типовых узлов креплений инженерных систем

Б.1 В настоящем приложении приведены типовые узлы креплений инженерных систем:

- трубопроводов – рисунки Б.1–Б.4;
- трубопроводов с температурным расширением – рисунки Б.5–Б.10;
- воздуховодов – рисунки Б.11–Б.16.

#### Б.2 Узлы крепления трубопроводов

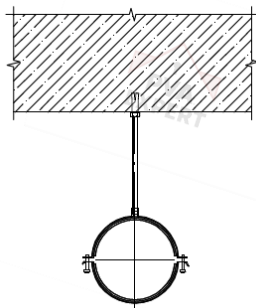


Рисунок Б.1 – Узел крепления канализационной трубы к перекрытию

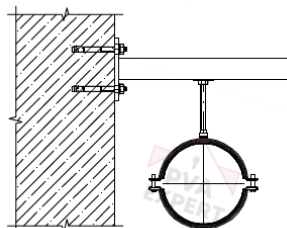


Рисунок Б.2 – Узел крепления горизонтальной канализационной трубы к стене

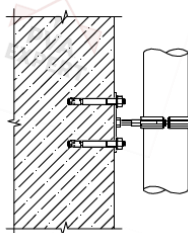


Рисунок Б.3 – Узел крепления вертикальной канализационной трубы к стене

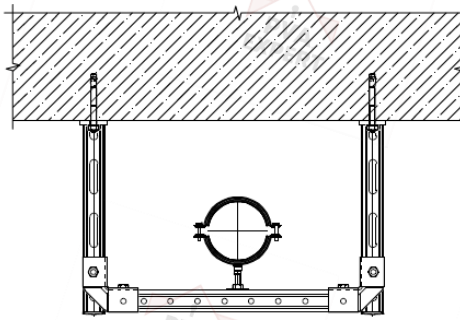


Рисунок Б.4 – Узел крепления канализационной трубы к перекрытию

### Б.3 Узлы крепления трубопроводов с температурным расширением

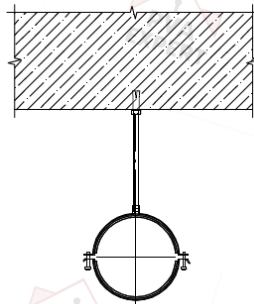


Рисунок Б.5 – Узел крепления трубы к перекрытию (рядовая опора)

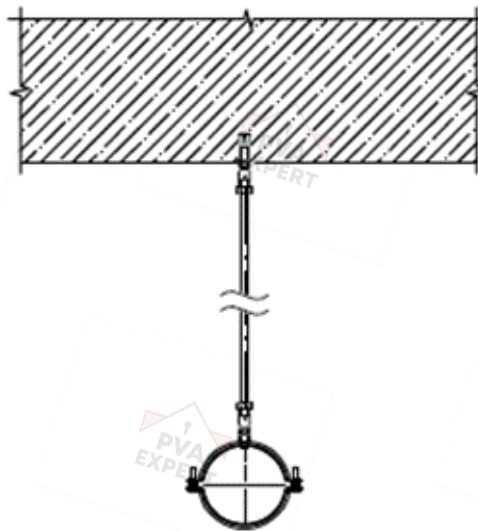


Рисунок Б.6 – Узел крепления трубы к перекрытию с установкой маятниковых подвесов (маятниковая опора)

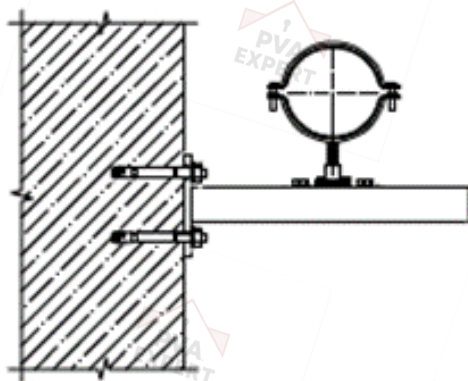


Рисунок Б.7 – Узел крепления трубы к стене на скользящей опоре (скользящая опора)

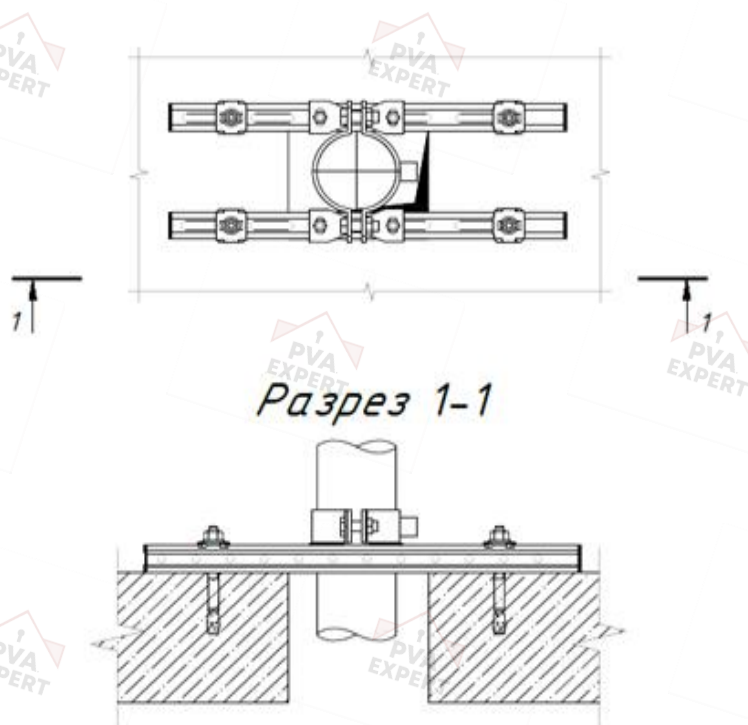
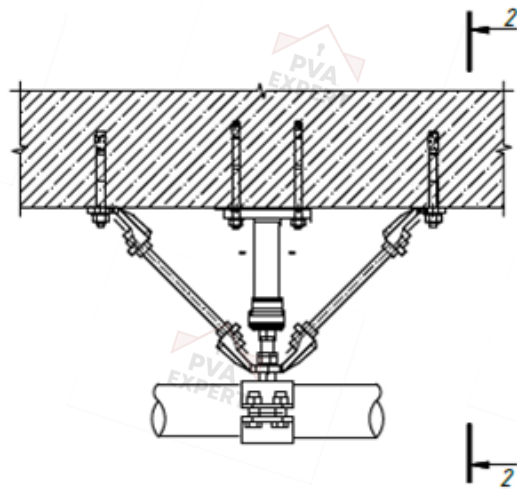


Рисунок Б.8 – Неподвижная опора в железобетонной стене или перекрытии



Разрез 2-2

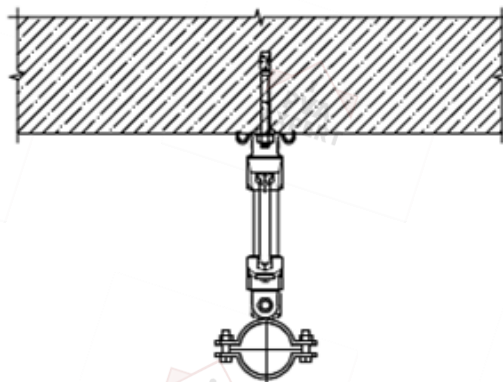


Рисунок Б.9 – Неподвижная опора к перекрытию

Разрез 3-3

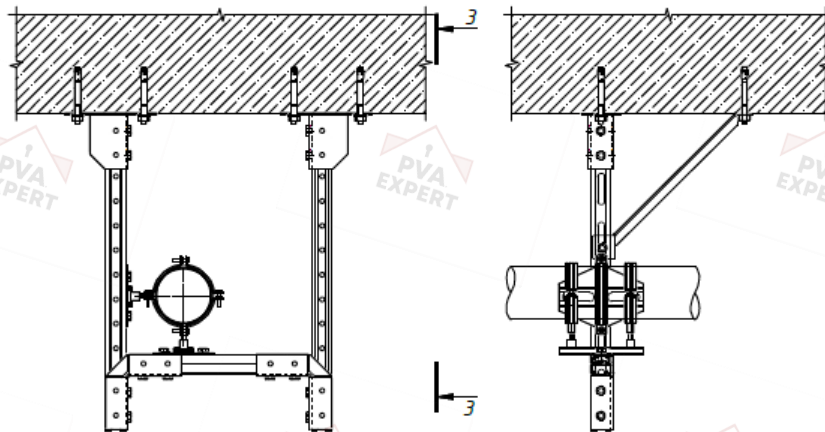


Рисунок Б.10 – Направляющая опора на раме

#### Б.4 Узлы крепления воздуховодов

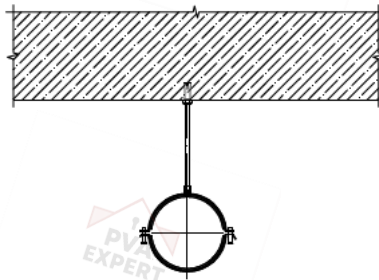


Рисунок Б.11 – Узел крепления круглого воздуховода к перекрытию

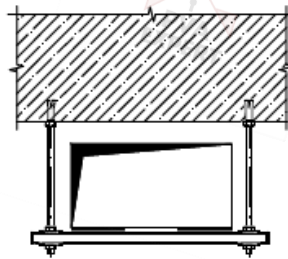


Рисунок Б.12 – Узел крепления прямоугольного воздуховода к перекрытию

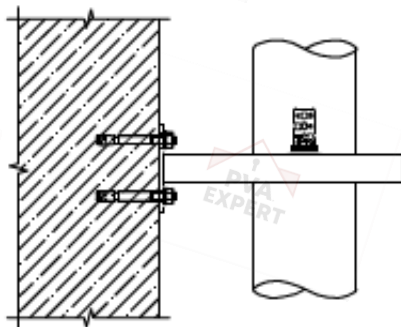


Рисунок Б.13 – Узел крепления вертикального круглого воздуховода к стене

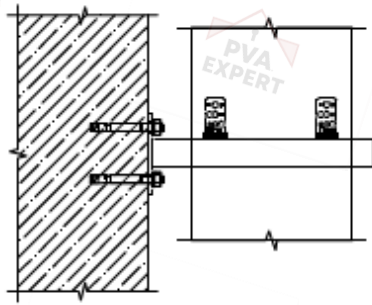


Рисунок Б.14 – Узел крепления вертикального прямоугольного воздуховода к стене

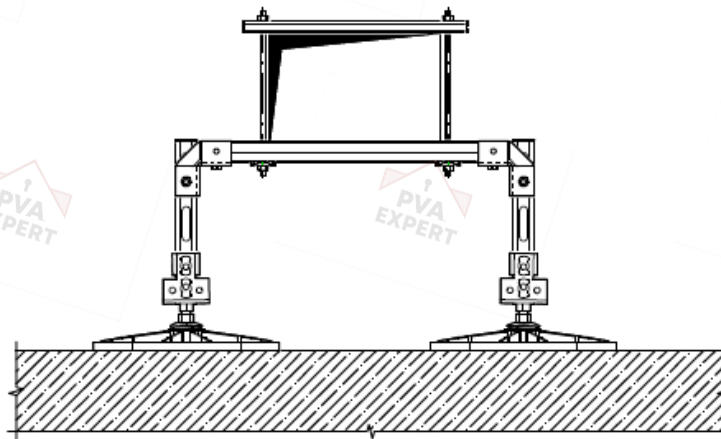


Рисунок Б.15 – Узел крепления прямоугольного воздуховода на кровле

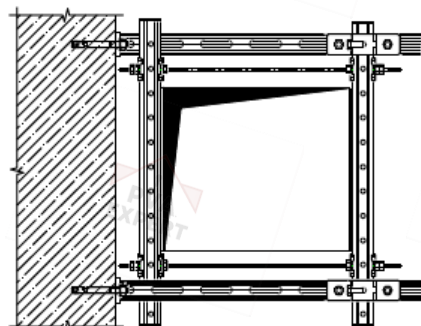
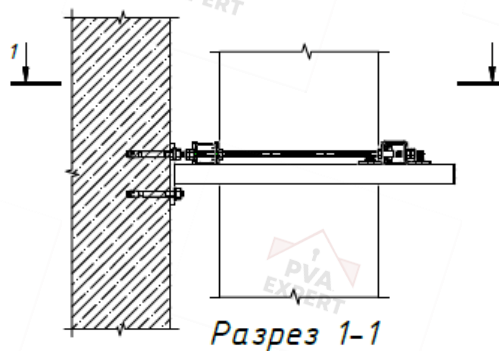


Рисунок Б.16 – Узел крепления прямоугольного воздуховода к стене обхва-

ТОМ

**Приложение В  
(справочное)**

**Пример задания на проектирование**

**ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

*для разработки проектной документации*

*на крепление воздуховодов систем(ы) \_\_\_ на объекте*

*строительства: « \_\_\_\_\_, расположенный по адресу: \_\_\_\_\_ ».*

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

№ п/п	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования	
I	Контактная информация о заказчике:		
1.1	Организация/Заказчик		
1.2	Ответственное лицо, Ф.И.О.		
1.3	Район/город строительства		
1.4	Координаты для связи	Тел./факс:	
		E-mail:	
II	Общие сведения:		
2.1	Основание для проектирования	Задание на проектирование	
2.2	Сроки начала и окончания проектирования	С __.__.20__ г. по __.__.20__ г.	
2.3	Степень детализации проекта	Детальный проект: схема расстановки опор, чертежи опор, расчеты нетиповых опор, поузловые спецификации, сводные спецификации	
III	Исходные данные для проектирования:		
Исходные данные по опорным конструкциям			
3.1	Планы и разрезы здания	Информация предоставлена в приложении 2 «Архитектурные чертежи»*, приложении 3 «Чертежи КЖ»*	
3.2	Материал стен		
3.3	Материал перекрытий		
3.4	Другая информация	Крепление к стенам, обозначенным на чертеже красным, запрещено	
Исходные данные по инженерной системе			

№ п/п	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
3.5	Планы, разрезы, аксонометрические схемы с высотными отметками осей воздухопроводов системы В1	Информация предоставлена в приложении 4 «Чертежи ОВиК»*
3.6	Размеры сечений воздухопроводов системы В1	
3.7	Материал и параметры системы и вспомогательных элементов	Технические параметры воздухопроводов принять по серии 5.904-1 «Детали креплений воздухопроводов. Выпуск 0» <sup>1)</sup> . Информация о вспомогательных элементах (расположение, материал и масса фасонных изделий, отводов, дополнительных покрытий) предоставлена в приложении 4 «Чертежи ОВиК»*
3.8	Диапазон (максимальное и минимальное значения) температуры теплоносителя в инженерной системе во время запуска системы и ее эксплуатации, диапазон температуры окружающей среды во время монтажа системы и ее эксплуатации, давление в системе**	Существенного перепада температур при монтаже и эксплуатации системы не прогнозируется. Не учитывать Температурный перепад при проектировании креплений учитывать не допускается
3.9	Другая информация	–
Дополнительные информация и требования		
3.10	Класс ответственности по ГОСТ 27751	КС-2
3.11	Агрессивность среды	Неагрессивная среда по СП 28.13330

<sup>1)</sup> См. [11].

№ п/п	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
	на объекте строительства	
3.12	Требуемый срок службы проектируемых опор	Аналогичный сроку службы воздуховодов [15 лет по МРР 3.2.23–97 (приложение 9) <sup>1)</sup> ]
3.13	Требования к максимально допустимым относительным деформациям опор	Требование к стержневым элементам согласно СП 20.13330.2016 (пункт 15.2.3). Общий прогиб отдельной опоры не должен превышать 15 мм относительно конструктивных элементов здания во избежание появления критического отклонения от проектной оси воздуховодов системы В1
3.14	Требования к сейсмостойкости опор	Не предъявляют
3.15	Требования к огнестойкости опор	Не предъявляют
<p>* Приложения к заданию на проектирование в настоящем приложении не приведены. ** При наличии существенного перепада температур.</p>		

---

<sup>1)</sup> См. [12].

## Приложение Г (справочное)

### Примеры проектирования опор с применением элементов монтажной системы

#### Г.1 Пример 1. Проектирование траверсы

Г.1.1 Расчет проводят в соответствии с СТО 36554501-064-2020.

#### Г.1.2 Исходные данные

Исходные данные приведены в таблице Г.1, эскиз опоры и расположение – на рисунках Г.1, Г.2.

Таблица Г.1

Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
1 Описание опоры	Опора из модульной системы для крепления трубопровода системы холодного водоснабжения В1
2 Информация о базовом материале	Опора закреплена анкерами к монолитной плите перекрытия.
3 Требования к конструкции	Опору выполнить в виде траверсы для возможности расположения над ней воздуховода. $a = 1 \text{ м}, b = 0,5 \text{ м}, h = 1 \text{ м}$
4 Информация о типе и величине загрузки	На траверсу действует нагрузка от трубопровода, равная 1 кН
5 Класс ответственности по ГОСТ 27751	КС-2
6 Агрессивность среды на объекте строительства	Неагрессивная среда по СП 28.13330
7 Требуемый срок службы проектируемых опор	25 лет
8 Требования к максимально допустимым относительным деформациям опор	Общий прогиб опоры не должен превышать 10 мм относительно конструктивных элементов здания во избежание появления критического отклонения от проектной оси трубопровода
9 Требования к сейсмостойкости опор	Не предъявляют
10 Требования к огнестойкости опор	Не предъявляют

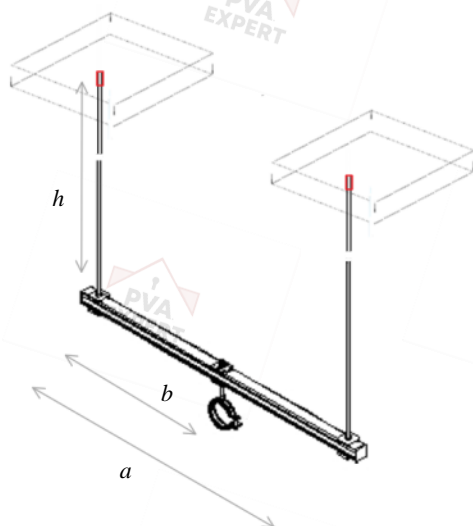


Рисунок Г.1 – Эскиз опоры

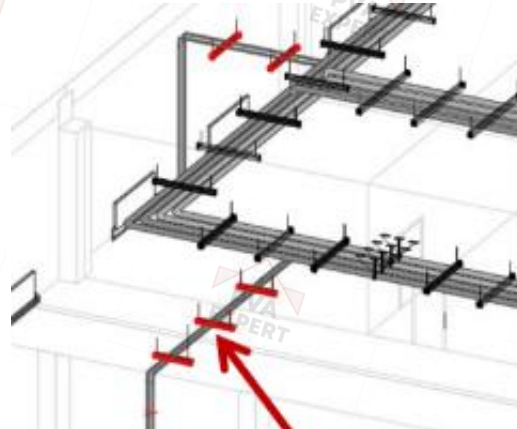


Рисунок Г.2 – Расположение

### Г.1.3 Подбор материала и покрытия монтажной системы

Принимают монтажную систему из углеродистой стали с гальваническим цинковым покрытием толщиной 10 мкм.

Согласно отчету об испытаниях на коррозионную стойкость элементов выбранной монтажной системы прогнозируемый срок службы в неагрессивной среде по СП 28.13330 составит 30 лет. Прогнозируемый срок службы опор больше, чем требуемый.

### Г.1.4 Сбор нагрузок

На траверсе закреплен трубопровод, создающий вертикальное усилие, равное 1,0 кН.

Загрузки:

$P_1 = 0,06$  кН – собственный вес конструкции;

$P_2 = 0,66$  кН – вес трубы;

$P_3 = 0,34$  кН – вес воды в трубе.

В соответствии с СП 20.13330.2016 (раздел 6) наиболее невыгодные сочетания:

- по первой группе предельных состояний:

$C_m = \psi_1 \square \gamma_{c1} \cdot P_1 + \psi_2 \square \gamma_2 \cdot P_2 + \psi_3 \square \gamma_3 \cdot P_3 = 1 \cdot 1,05 \cdot 0,06 + 1 \cdot 1,05 \cdot 0,66 + 1 \cdot 1 \cdot 0,34 = 1,096$  кН;

- по второй группе предельных состояний:

$C_m = \psi_1 \square \gamma_1 \cdot P_1 + \psi_2 \square \gamma_2 \cdot P_2 + \psi_3 \square \gamma_3 \cdot P_3 = 1 \cdot 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 1 \cdot 0,66 + 1 \cdot 1 \cdot 0,34 = 1,06$  кН.

### Г.1.5 Подбор и проверка сечения балки

Г.1.5.1 Подбор и проверку сечения траверсы проводят в соответствии с СП 16.13330 на расчетные усилия (рисунок Г.3).

В соответствии с результатами статического расчета максимальные расчетные значения при расчете по первой группе предельных состояний равны:

$$Q = 0,55 \text{ кН}, M_y = 0,27 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

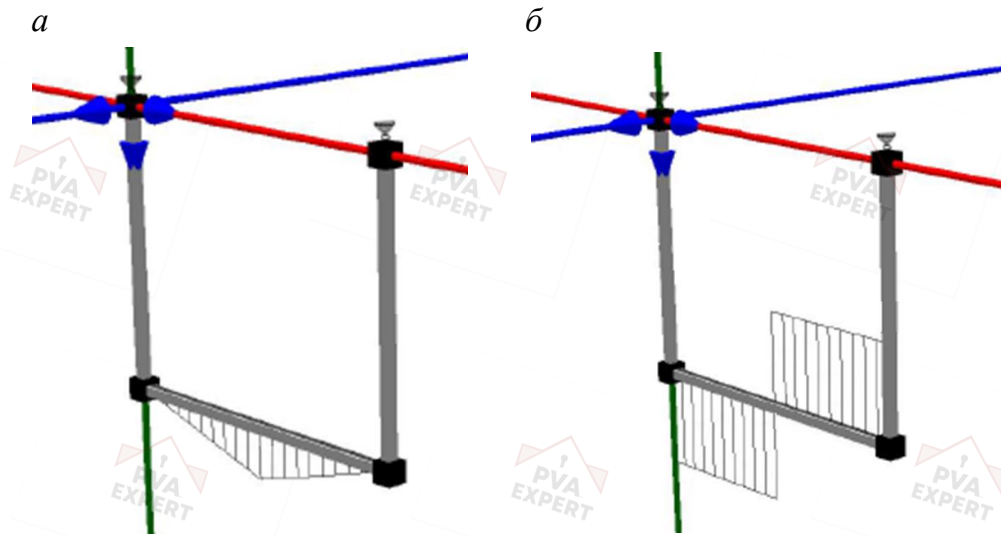


Рисунок Г.3 – Эпюры внутренних усилий  $M$  (а) и  $Q$  (б)

Расчет относится к расчету сжато-изгибаемых элементов

Принимают в расчете профиль С41:

- геометрические характеристики сечения профиля С41:

- площадь:  $A = 2,86 \text{ см}^2$ ,

- радиус инерции:  $i_x = 1,51 \text{ см}; i_y = 1,67 \text{ см};$

- момент сопротивления:

$W_y = 2,88 \text{ см}^3;$

- момент инерции  $I_y = 6,49 \text{ см}^4;$

Балку (профиль) принимают из стали 250 (ГОСТ 14918) с расчетным сопротивлением:

- на растяжение, сжатие, изгиб:  $R_{yn} = 250 \text{ МПа}; R_y = R_{yn}/1,050 = 238 \text{ МПа}.$

- сдвиг:  $R_s = 0,58 \cdot R_{yn}/\gamma_m = 138,1 \text{ МПа}$  [СП 16.13330.2017 (таблица 2)].

Коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m = 1,050$ ; коэффициент условий работы принимают  $\gamma_c = 1,0$  в соответствии с СП 16.13330.2017 (таблица 1) и 4.6 настоящего стандарта организации.

Шпильки М10 (класс прочности 4.8) выполнены из стали с  $R_{bt} = 0,4 \cdot R_{bun} = 0,4 \cdot 400 = 160 \text{ МПа}.$

#### Г.1.5.2 Расчет на прочность

В соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.1) расчет на прочность балок следует выполнять по формуле

$$\frac{M}{W_{n,\min} R_y \gamma_c} \leq 1,$$

где  $M$  – изгибающий момент, Н·мм;

$W_{n,min}$  – момент сопротивления, мм<sup>3</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$\frac{0,27 \cdot 10^6}{2,88 \cdot 10^3 \cdot \frac{250}{1,05}} = 0,39 \leq 1.$$

Условие прочности по нормальным напряжениям выполняется (использование 39 %).

Проверку прочности при действии в сечении поперечной силы проводят с помощью неравенства

$$\frac{QS}{It_w R_s \gamma_c} \leq 1,$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$S$  – статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси, мм<sup>3</sup>;

$R_s$  – расчетное сопротивление стали сдвигу, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$I$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;

$t_w$  – толщина стенки профиля, мм.

$$\frac{550 \cdot 1963,03}{6,49 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 138,1 \cdot 1} = 0,06 \leq 1.$$

Условие прочности по касательным напряжениям выполняется (использование 6 %).

Проверку прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняют в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.1):

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,$$

где  $\sigma_x, \sigma_y$  – нормальные напряжения, параллельные осям  $x-x$  и  $y-y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$\tau_{xy}$  – касательные напряжения, параллельные осям  $x-x$  и  $y-y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$0,0037 \cdot \sqrt{93,75^2 + 3 \cdot 8,32^2} = 0,35 \leq 1.$$

Условие прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняется (использование 35 %).

#### Г.1.5.3 Расчет по деформациям

Наибольший прогиб траверсы, мм, определяют по формуле

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{Ql^3}{EI} = \frac{1}{48} \cdot \frac{1000 \cdot 1000^3}{206000 \cdot 64900} = 1,56,$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$l$  – расчетная длина, мм;

$I$  – момент инерции, см<sup>4</sup>;

$E$  – модуль упругости стали, Н/мм<sup>2</sup>.

Согласно 6.26 настоящего стандарта организации предельный прогиб балки не должен превышать  $l/150$ :

$$\frac{1000}{150} \cong 6,67 \text{ мм},$$

$$1,56 \text{ мм} \leq 6,67 \text{ мм}.$$

Условие выполняется (использование 23,4 %).

#### Г.1.6.1 Расчет на прочность

Принимают крепление с помощью шпильки АМ 10.

Расчет на прочность стержней, испытывающих растягивающие усилия, выполняют по СП 16.13330.2017 [формула (5)]:

$$\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \leq 1,$$

где  $N$  – продольная сила, Н;

$A$  – площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup> ( $A = 0,523 \cdot 10^2$  мм<sup>2</sup>);

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$\frac{0,55 \cdot 10^3}{0,523 \cdot 10^2 \cdot 304,76 \cdot 0,9} = 0,038 \leq 1.$$

Условие прочности при растягивающих усилиях выполняется (использование 3,8 %).

#### Г.1.6.2 Проверка по предельной гибкости

Проверка предельной гибкости растянутых шпилек не требуется согласно 6.27 настоящего стандарта организации.

#### Г.1.6.3 Осуществляют подбор элементов по техническим паспортам.

Принимают соединения профиля и хомута с помощью соединителя (гайки для крепления хомута) N10 и шпильки АМ10 (рисунок Г.4).

Проверяют несущую способность данного узла (профиль, шпилька, гайка) согласно разделу 6 настоящего стандарта организации.

Значения несущих способностей данного узла принимают по техническому паспорту на рассматриваемую гайку. В настоящем приложении они приведены в таблицах Г.2, Г.3.

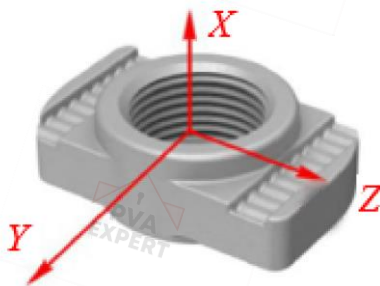


Рисунок Г.4 – Расположение локальных осей гайки для крепления хомута

Таблица Г.2 – Нормативная несущая способность

$+F_{norm, x}$ , кН	$-F_{norm, x}$ , кН	$+F_{norm, y}$ , кН	$-F_{norm, y}$ , кН	$+F_{norm, z}$ , кН	$-F_{norm, z}$ , кН	$M_{norm, x}$ , кН·см	$M_{norm, y}$ , кН·см	$M_{norm, z}$ , кН·см
3,30	2,50	1,80	1,80	–	–	–	–	–

Таблица Г.3 – Эксплуатационная несущая способность и соответствующие деформации в основных рабочих направлениях

$+F_{exp, x}$ , кН	$+F_{exp, y}$ , кН
2,80 (2 мм)	2,20 (2 мм)

Согласно разделу 6 настоящего стандарта организации условие применения элемента:

$$F_{x(y,z)} \leq F_{norm,x(y,z)},$$

$$F_{x(y,z)} \leq F_{exp,x(y,z)}.$$

X – основное рабочее направление для рассматриваемого элемента, необходимо проверить эксплуатационную несущую способность.

На основании статического расчета схемы, определено, что в узле действует усилие  $F_x = 0,66 \cdot 1,05 + 0,34 \cdot 1 = 1,03$  кН.

$$1,03 \text{ кН} \leq 2,80 \text{ кН}.$$

Условие выполняется (использование 37 %).

Соответствующая деформация  $f_{N10} \leq 2$  мм.

Принимают крепление трубопровода с помощью хомута Р100 (рисунок Г.5).

Проверяют несущую способность по приведенным выше формулам (после таблицы Г.3).

Значения несущих способностей данного узла принимают по техническому паспорту на рассматриваемый хомут. В настоящем приложении они приведены в таблице Г.4.

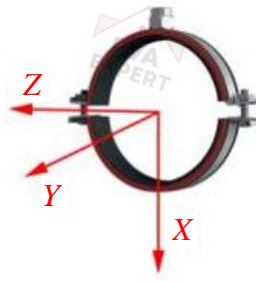


Рисунок Г.5 – Расположение локальных осей хомута

Таблица Г.4 – Эксплуатационная несущая способность и соответствующая деформация

$+F_{exp, x}$ , кН	$f$ , мм
1,60	1,80

Условие применения элемента:

$$F_{x(y,z)} \leq F_{exp,x(y,z)},$$

$$1,03 \text{ кН} \leq 1,60 \text{ кН}.$$

Условие эксплуатационной пригодности хомута выполняется (использование 64 %).

Согласно разделу 6 настоящего стандарта организации общий прогиб опоры относительно перекрытия, к которому она закреплена, равен сумме прогибов всех элементов, используемых в конструкции, и не должен превышать максимальной относительной деформации проектируемой опоры, которая обозначена в задании на проектирование.

В данном случае общий прогиб равен сумме прогиба балки С41, деформации в узле крепления гайки N10 для хомута к профилю и деформации самого хомута Р100 и не должен превышать максимально допустимую деформацию, равную 10 мм.

$$f_{C41} + f_{N10} + f_{P100} \leq f_{max},$$

$$1,56 + 0,20 + 1,80 = 3,56 \text{ мм} \leq 10 \text{ мм}.$$

Условие эксплуатационной пригодности рассматриваемой конструкции выполняется (использование 36 %).

## Г.2 Пример 2. Проектирование Г-образной опоры

Г.2.1 Расчет проводят в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта организации.

### Г.2.2 Исходные данные

Исходные данные приведены в таблице Г.5, эскиз опоры – на рисунке Г.6.

Таблица Г.5

Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
1 Описание опоры	Опора из модульной системы для крепления трубопровода
2 Информация о базовом материале	Опора жестко закреплена анкерами к монолитной плите перекрытия
3 Требования к конструкции	Разработать Г-образную опору. $a = 0,6 \text{ м}$ , $h = 0,8 \text{ м}$
4 Информация о типе и величине загрузки	К центру балки приложено вертикальное усилие 0,5 кН, создаваемое горизонтально расположенным трубопроводом. На стойку действует равномерно-распределенная ветровая нагрузка, равная 0,1 кН/м
5 Класс ответственности по ГОСТ 27751	КС-2
6 Агрессивность среды на объекте строительства	Среднеагрессивная среда по СП 28.13330
7 Требуемый срок службы проектируемых опор	25 лет
8 Требования к максимально допустимым относительным деформациям опор	Требования к стержневым элементам согласно СП 20.13330.2016 (пункт 15.2.3). Требования к общему прогибу опоры не предъявляются.
9 Требования к сейсмостойкости опор	Не предъявляют
10 Требования к огнестойкости опор	Не предъявляют

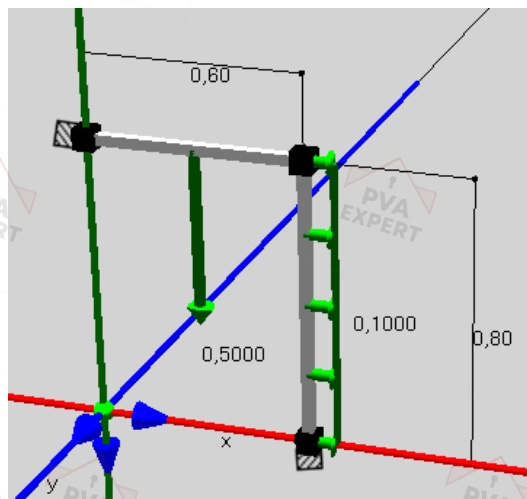
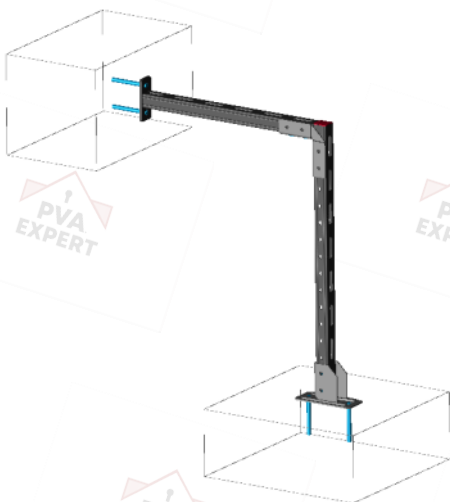


Рисунок Г.6 – Эскиз опоры

### Г.2.3 Подбор материала и покрытия монтажной системы

Принимают монтажную систему из горячеоцинкованной углеродистой стали, толщина покрытия 45 мкм.

Согласно отчету об испытаниях на коррозионную стойкость элементов выбранной монтажной системы, прогнозируемый срок службы в среднеагрессивной среде по СП 28.13330 – 25 лет. Прогнозируемый срок службы опор больше, чем требуемый.

### Г.2.4 Сбор нагрузок

К центру балки приложено вертикальное усилие 0,5 кН, создаваемое горизонтально расположенным трубопроводом. На стойку действует равномерно-распределенная ветровая нагрузка, равная 0,1 кН/м.

Нагрузки, действующие на опору:

$P_1 = 0,07$  кН – собственный вес конструкции;

$P_2 = 0,30$  кН – вес трубы;

$P_3 = 0,15$  кН – вес воды в трубе;

$P_4 = 0,05$  кН – изоляция;

$P_5 = 0,08$  кН – ветер ( $0,1$  кН/м ·  $0,8$  м).

В соответствии с СП 20.13330.2016 (раздел 6) наиболее невыгодные сочетания:

- по первой группе предельных состояний:

$$S_m = \psi_1 \cdot \gamma_1 \cdot P_1 + \psi_2 \cdot \gamma_2 \cdot P_2 + \psi_3 \cdot \gamma_3 \cdot P_3 + \psi_4 \cdot \gamma_4 \cdot P_4 + \psi_5 \cdot \gamma_5 \cdot P_5;$$

$$\psi_{1,2,3,4,5} = 1;$$

$$\gamma_{1,2} = 1,05;$$

$$\gamma_3 = 1;$$

$$\gamma_4 = 1,2;$$

$$\gamma_5 = 1,4;$$

- по второй группе предельных состояний:

$$S_m = \psi_1 \cdot \gamma_1 \cdot P_1 + \psi_2 \cdot \gamma_2 \cdot P_2 + \psi_3 \cdot \gamma_3 \cdot P_3 + \psi_4 \cdot \gamma_4 \cdot P_4 + \psi_5 \cdot \gamma_5 \cdot P_5;$$

$$\psi_{1,2,3,4,5} = 1;$$

$$\gamma_{1,2,3,4,5} = 1.$$

### Г.2.5 Подбор и проверка сечения балки

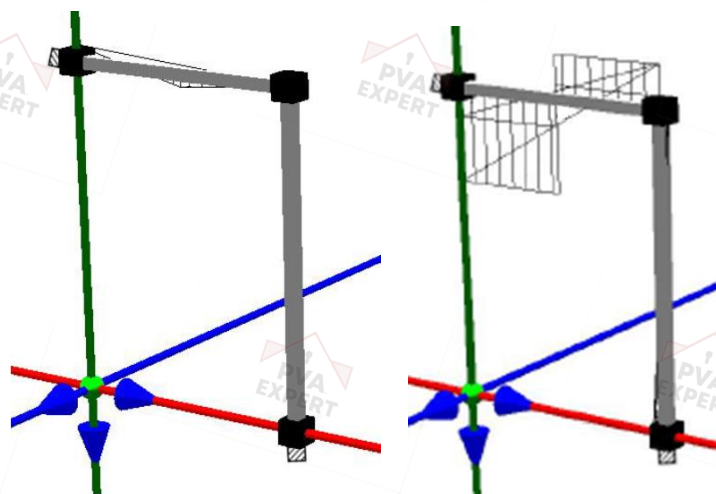
Г.2.5.1 Подбор и проверка сечения балки проводят в соответствии с СП 16.13330 на расчетные усилия (рисунок Г.7).

В соответствии с результатами статического расчета максимальные расчетные значения при расчете по первой группе предельных состояний равны:

$$Q = 0,38 \text{ кН}, M_y = 0,06 \text{ кН} \cdot \text{м}, N = 0,042 \text{ кН}.$$

а

б

Рисунок Г.7 – Эпюры внутренних усилий  $M$  (а) и  $Q$  (б)

Расчет относится к расчету сжато-изгибаемых элементов.

Принимают консоль В41 монтажной системы.

- Геометрические характеристики сечения консоли В41:

- площадь:  $A = 2,568 \text{ см}^2$ ;

- радиус инерции:  $i_x = 1,75 \text{ см}$ ;  $i_y = 1,50 \text{ см}$ .

- момент сопротивления:

$W = 2,64 \text{ см}^3$ ;

- момент инерции  $I_y = 5,79 \text{ см}^4$ .

Консоль принимают из стали 250 (ГОСТ 14918) с расчетным сопротивлением:

- на растяжение, сжатие, изгиб:  $R_{yn} = 250 \text{ МПа}$ ;  $R_y = R_{yn}/1,050 = 238 \text{ МПа}$ .

- сдвиг:  $R_s = 0,58 \cdot R_{yn}/\gamma_m = 138,1 \text{ МПа}$  [СП 16.13330.2017 (таблица 2)].

Коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m$  равен 1,050, коэффициент условий работы принимают согласно СП 16.13330.2017 (таблица 1) для балки  $\gamma_c = 1,0$ .

#### Г.2.5.2 Расчет на прочность

Так как  $\frac{N}{A \cdot R_y} = \frac{0,042 \cdot 1000}{256,81 \cdot 238,1} = 0,0007 < 0,1$ , то в соответствии с СП 16.13330.2017

(пункт 9.1.1) прочность сжато-изгибаемых элементов, подверженных изгибу, обеспечивается при выполнении условия

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{N}{A} \leq R_y \gamma_c,$$

где  $M$  – изгибающий момент, Н·мм;

$W_{x,y}$  – момент сопротивления, мм<sup>3</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условия работы;

$A$  – площадь сечения, мм<sup>2</sup>;

$N$  – продольная сила, Н.

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{N}{A} = \frac{60000}{2640} + \frac{42}{256,81} = 22,89 \text{ Н/мм}^2;$$

$$R_y \gamma_c = 238 \cdot 1 = 238 \text{ Н/мм}^2$$

$$22,89 \text{ Н/мм}^2 < 238 \text{ Н/мм}^2$$

Условие прочности по нормальным напряжениям выполняется (использование 9,6 %).

Проверку прочности при действии в сечении поперечной силы в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.1) проводят путем применения неравенства

$$\frac{QS}{It_w R_s \gamma_c} \leq 1,$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$S$  – статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси, мм<sup>3</sup> (см. в технической документации производителя);

$R_s$  – расчетное сопротивление стали сдвигу, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$I$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;

$t_w$  – толщина стенки профиля, мм.

$$\frac{380 \cdot 1694}{5,79 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 138,1 \cdot 1} = 0,020 \leq 1.$$

Условие прочности по касательным напряжениям выполняется (использование 2 %).

Проверку прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняют в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.1):

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,$$

где  $\sigma_x, \sigma_y$  – нормальные напряжения, параллельные осям  $x$ – $x$  и  $y$ – $y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$\tau_{xy}$  – касательные напряжения, параллельные осям  $x$ – $x$  и  $y$ – $y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$\frac{0,87}{238 \cdot 1} \sqrt{22,73^2 + 3 \cdot 2,78^2} = 0,085 \leq 1.$$

Условие прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняется (использование 8,5 %).

Проверку устойчивости из плоскости действия изгибающего момента внецентренно-сжатого элемента, изгибаемого в плоскости наименьшей жесткости, проводят по формуле

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{5,79}{2,56}} = 1,50 \text{ см};$$

Радиус инерции определяют по формуле

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{7,86}{2,56}} = 1,75 \text{ см};$$

Гибкость стержня относительно оси  $x$  определяют по формуле

$$\lambda_x = l_{ef,x}/i_x = 0,7 \cdot 60/1,50 = 28,$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина элемента, см.

Гибкость стержня относительно оси  $y$  определяют по формуле

$$\lambda_y = l_{ef,y}/i_y = 2 \cdot 60/1,75 = 68,6,$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина элемента, см;

$$l_{ef} = l \cdot \mu,$$

здесь  $l$  – фактическая длина элемента, см;

$\mu$  – коэффициент расчетной длины.

Так как  $\lambda_x = 28 < \lambda_y = 68,6$ , проверка на устойчивость из плоскости действия изгибающего момента не требуется в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 9.2.8).

При расчете на устойчивость внецентренно сжатых элементов постоянного сечения в плоскости действия момента [СП 16.13330.2016 (пункт 9.2.2)] определяют условную гибкость по формуле

$$\lambda_0 = \frac{l_{ef,x}}{i} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{0,7 \cdot 60}{1,50} \sqrt{\frac{238}{206000}} = 0,95,$$

где  $l_{ef,x}$  – расчетная длина элемента, см;

$i$  – радиус инерции, см;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$E$  – модуль упругости стали, Н/мм<sup>2</sup>.

Приведенный относительный эксцентриситет  $m_{ef}$  определяют по формуле

$$m_{ef} = \frac{\eta \cdot e \cdot A}{W},$$

где  $\eta$  – коэффициент влияния формы сечения,  $\eta = 2,4$  по СП 16.13330.2017 (таблица Д.2, пункт 11);

$W$  – момент сопротивления для наиболее сжатого волокна, см<sup>3</sup>;

$A$  – площадь поперечного сечения, см<sup>2</sup>;

$e$  – эксцентриситет продольной силы относительно центральной оси усиленного сечения после усиления, см, определяемый по формуле

$$e = \frac{M}{N} = \frac{0,06}{0,042} = 1,43 \text{ м} = 143 \text{ см};$$

$A_1 = 2,5681 \text{ см}^2$  – площадь поперечного сечения;

$W_1 = 2,74 \text{ см}^3$  – момент сопротивления.

Тогда 
$$m_{ef1} = \frac{2,4 \cdot 143 \cdot 2,56}{2,74} = 320,65.$$

В соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 9.2.2) при  $m_{ef} > 20$  расчет на устойчивость не требуется.

#### Г.2.5.3 Расчет по деформациям

Предельный прогиб балки в соответствии с СП 20.13330.2016 (пункт 15.2.3):

$$\frac{l}{120} = \frac{600}{120} = 5 \text{ мм};$$

Наибольший прогиб балки определяют по формуле

$$f = \frac{1}{107,3} \cdot \frac{Ql^3}{EI} = \frac{1}{107,3} \cdot \frac{500 \cdot 600^3}{206000 \cdot 57900} = 0,1 \text{ мм}.$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$l$  – расчетная длина, мм;

$I$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;

$E$  – модуль упругости стали, Н/мм<sup>2</sup>

Расчетный прогиб балки не превышает предельное значение прогиба (использование балки по деформациям 2 %).

#### Г.2.6 Подбор и проверка сечения стойки

Г.2.6.1 В соответствии с результатами статического расчета максимальные расчетные значения при расчете по первой группе предельных состояний равны:

$$C_m: Q = 0,07 \text{ кН}, M_y = 0,01 \text{ кН} \cdot \text{м}, N = 0,18 \text{ кН}.$$

Расчет относится к расчету сжато-изгибаемых элементов.

Принимают в расчете профиль С41:

- геометрические характеристики сечения профиля С41:

- площадь:  $A = 2,568 \text{ см}^2$ ,

- радиус инерции:  $i_y = 1,75 \text{ см}, i_x = 1,50 \text{ см}.$

- момент сопротивления:

$$W_x = 2,64 \text{ см}^3;$$

- момент инерции  $I_x = 5,79 \text{ см}^4$

Стойку принимают из стали 250 (ГОСТ 14918) с расчетным сопротивлением:

$$R_{yn} = 250 \text{ МПа}, R_y = R_{yn}/1,050 = 238 \text{ МПа}.$$

$$R_s = 0,58 \cdot R_{yn}/\gamma_m = 138,1 \text{ МПа}.$$

Коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m$  равен 1,050.

Коэффициент условий работы принимают в соответствии с СП 16.13330.2017 (таблица 1) для стойки  $\gamma_c = 1,0$ .

## Г.2.6.2 Расчет на прочность

Так как  $\frac{N}{A \cdot R_y} = \frac{180}{256,81 \cdot 238,1} = 0,003 < 0,1$ , то в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 9.1.1) прочность сжато-изгибаемых элементов, подверженных изгибу, обеспечивается при выполнении условия

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{N}{A} \leq R_y \gamma_c,$$

где  $M_x, M_y$  – изгибающий момент относительно оси  $x$  и  $y$  соответственно, Н·мм;

$W_x, W_y$  – момент сопротивления относительно оси  $x$  и  $y$ , соответственно, мм<sup>3</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{N}{A} = \frac{10000}{2640} + \frac{180}{256,81} = 4,49 \text{ Н/мм}^2;$$

$$R_y \gamma_c = 238 \cdot 1 = 238 \text{ Н/мм}^2;$$

$$4,49 \text{ Н/мм}^2 < 238 \text{ Н/мм}^2;$$

Условие прочности по нормальным напряжениям выполняется (использование 1,89 %).

Проверку прочности при действии в сечении поперечной силы проводят с помощью неравенства

$$\frac{QS}{It_w R_s \gamma_c} \leq 1,$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$S$  – статический момент сдвигаемой части сечения брутто относительно нейтральной оси, мм<sup>3</sup> (см. в технической документации производителя);

$R_s$  – расчетное сопротивление стали сдвигу, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$I$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;

$t_w$  – толщина стенки профиля, мм.

$$\frac{70 \cdot 1600}{5,79 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 138,1 \cdot 1} = 0,0035 \text{ Н/мм}^2 < 1.$$

Условие прочности по касательным напряжениям выполняется (использование 0,35 %).

Проверку прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняют в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 8.2.1):

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,$$

где  $\sigma_x, \sigma_y$  – нормальные напряжения, параллельные осям  $x$ – $x$  и  $y$ – $y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$\tau_{xy}$  – касательные напряжения, параллельные осям  $x-x$  и  $y-y$  соответственно, Н/мм<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

$$0,0037 \cdot \sqrt{3,79^2 + 3 \cdot 0,48^2} = 0,014 < 1.$$

Условие прочности при одновременном действии момента и поперечной силы выполняется (использование 1,4 %).

### Г.2.6.3 Расчет по деформациям

Наибольший прогиб стойки определяют в соответствии с СП 20.13330.2016 (пункт 15.2.3) по формуле

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{Ql^3}{EI} = \frac{1}{185} \cdot \frac{80 \cdot 800^3}{206000 \cdot 57900} = 0,019 \text{ мм},$$

где  $Q$  – поперечная сила, Н;

$l$  – расчетная длина, мм;

$I$  – момент инерции, см<sup>4</sup>;

$E$  – модуль упругости стали, Н/мм<sup>2</sup>.

Расчетный прогиб стойки не превышает предельное значение прогиба (использование стойки по деформациям 0,28 %).

### Г.2.6.4 Расчет на устойчивость

Проверку устойчивости из плоскости действия изгибающего момента внецентренно-сжатого элемента, изгибаемого в плоскости наименьшей жесткости, осуществляют по формулам:

- радиус инерции относительно оси  $x$ :

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{5,79}{2,56}} = 1,50 \text{ см};$$

- радиус инерции относительно оси  $y$ :

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} = \sqrt{\frac{7,33}{2,56}} = 1,70 \text{ см};$$

- гибкость стержня относительно оси  $x$ :

$$\lambda_x = l_{ef, x} / i_x = 80 / 0,7 / 1,50 = 37,33;$$

- гибкость стержня относительно оси  $y$ :

$$\lambda_y = l_{ef, y} / i_y = 80 / 2 / 1,70 = 94,12;$$

где  $l_{ef}$  – расчетная длина элемента, см, определяемая по формуле

$$l_{ef} = l \cdot \mu,$$

здесь  $l$  – фактическая длина элемента, см;

$\mu$  – коэффициент расчетной длины.

Так как  $\lambda_y = 94,12 > \lambda_x = 37,33$ , проверка на устойчивость из плоскости действия изгибающего момента не требуется в соответствии с СП 16.13330.2017 (пункт 9.2.8).

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{180}{1,39 \cdot 256,8 \cdot 238 \cdot 1} = 0,0021 \leq 1,$$

где  $N$  – продольная сила, Н;

$A$  – площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup>;

$R_y$  – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести, Н/мм<sup>2</sup>;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$\varphi_e$  – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом по СП 16.13330.2017 (таблица Д.3).

Момент сопротивления для сжатого пояса  $W_c = 2,54$  см<sup>3</sup>.

Условную гибкость определяют по формуле

$$\lambda_0 = \frac{l_{ef,x}}{i} \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{80 \cdot 0,7}{1,50} \sqrt{\frac{238}{206000}} = 1,27.$$

Относительный эксцентриситет определяют по формуле

$$m = \frac{M_x}{N} \cdot \frac{A}{W_c} = \left(\frac{0,01}{0,18}\right) \cdot 100 \cdot \frac{2,56}{2,54} = 5,6.$$

Коэффициент влияния формы сечения определяется типом сечения. Принимают тип сечения 11 (рисунок Г.8) по СП 16.13330.2017 (таблица Д.2).

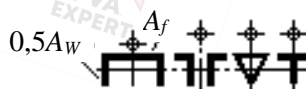


Рисунок Г.8

Так как  $\lambda_0 = 1,27 < 5$ , а  $m = 5,6 > 5$ , то коэффициент влияния формы сечения принимают по СП 16.13330.2017 (таблица Д.2) –  $\eta = 2,4$ .

Приведенный относительный эксцентриситет определяют по формуле

$$m_{ef} = \eta \cdot m = 2,4 \cdot 5,6 = 13,44.$$

Так как  $m_{ef} < 20$ , коэффициент принимают по СП 16.13330.2017 (таблица Д.3) в зависимости от  $\lambda$  и  $m_{ef}$ :  $\varphi_e = 0,101$ .

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{180}{0,113 \cdot 256,8} = 6,2 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} < R_y \gamma_c = 238 \cdot 1 = 238 \text{ Н/мм}^2.$$

Условие устойчивости выполняется (использование 2,6 %).

Далее проводят проверку по условию предельной гибкости сжатых элементов:

- гибкость –  $\lambda = \lambda_y = 94,12$ ;

- предельная гибкость –  $\lambda_{пред} = 250$  согласно разделу 6 настоящего стандарта организации.

$$94,12 \leq 250.$$

Условие гибкости выполняется (использование 37,7 %).

### Г.2.7 Подбор и проверка соединительных элементов

Г.2.7.1 Принимают соединения балки и стойки с помощью коннектора К8, а крепление стоек к основанию – с помощью опорного элемента Р41. Для соединения с профилем используют соединители типа М.

Проверяют несущую способность узлов согласно разделу 6 СТО 36554501-064-2020:

Значения несущих способностей для рассматриваемых узлов (с использованием коннектора К8 и опорной пятки Р41, соединителей М), принимаемые по техническим паспортам на К8 и Р41, приведены в таблицах Г.6–Г.11. Г.2.7.2 Соединительный элемент К8 приведен на рисунке Г.9.

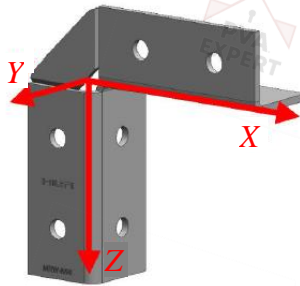


Рисунок Г.9 – Расположение локальных осей коннектора

На основании статического расчета схемы в узле сопряжения балки и стойки действуют следующие максимальные усилия:

$$F_x = -0,042 \text{ кН}, F_z = 0,16 \text{ кН}.$$

В техническом паспорте К8 выбирают данные по несущим способностям для горячеоцинкованного коннектора (таблица Г.6) и соединителя (таблица Г.7) для случая крепления одиночного коннектора при соосном расположении открытых частей профиля 1 и профиля 2.

Таблица Г.6 – Нормативная несущая способность коннектора

$+F_{norm, x}$	$-F_{norm, x}$	$+F_{norm, y}$	$-F_{norm, y}$	$+F_{norm, z}$	$-F_{norm, z}$	$M_{norm, x}$	$M_{norm, y}$	$M_{norm, z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кН·см	кН·см	кН·см
12,00	9,00	0,60	0,60	12,00	9,00	3,00	22,00	3,00

Условие совместного действия силовых факторов на коннектор (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1,$$

$$\frac{0,042}{9,00/1,05} + \frac{0,16}{12,00/1,05} = 0,019 \leq 1.$$

Условие прочности соединителя при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 1,9 %).

Таблица Г.7 – Нормативная несущая способность соединителя

$+F_{norm, x}$ кН	$-F_{norm, x}$ кН	$+F_{norm, y}$ кН	$-F_{norm, y}$ кН	$+F_{norm, z}$ кН	$-F_{norm, z}$ кН	$M_{norm, x}$ кН·см	$M_{norm, y}$ кН·см	$M_{norm, z}$ кН·см
15,00	10,00	0,60	0,60	15,00	10,00	8,00	48,00	8,00

Условие совместного действия силовых факторов на соединитель (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1,$$

$$\frac{0,042}{10,00/1,05} + \frac{0,16}{15,00/1,05} = 0,016 \leq 1.$$

Условие прочности соединителя при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 1,6 %).

Таблица Г.8 – Эксплуатационные несущие способности узла и соответствующие деформации в основных рабочих направлениях

$+F_{exp, x}$ , кН	$-F_{exp, x}$ , кН	$+F_{exp, z}$ , кН	$-F_{exp, z}$ , кН
7,00 (4 мм)	8,00 (3 мм)	8,00 (3 мм)	7,00 (4 мм)

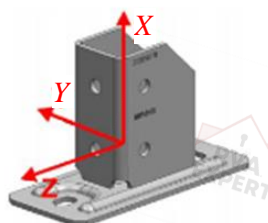
Условие совместного действия силовых факторов на узел (по эксплуатационной пригодности):

$$\frac{F_x}{F_{exp,x}} + \frac{F_y}{F_{exp,z}} \leq 1,$$

$$\frac{0,03}{7,00} + \frac{0,13}{8,00} = 0,02 \leq 1.$$

Условие эксплуатационной пригодности узла при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 2 %).

Г.2.7.3 Опорный элемент Р41 приведен на рисунке Г.10



## Рисунок Г.10 – Расположение локальных осей опорного элемента

На основании статического расчета схемы в узле действуют следующие максимальные усилия:  $F_x = 0,180$  кН,  $F_z = 0,069$  кН,  $M_y = 0,011$  кН·м.

Из технического паспорта (для примера значения нормативной несущей способности приведены в таблицах Г.9, Г.10) принимают данные по несущим способностям для горячеоцинкованного опорного элемента и соединителя при центральном расположении профиля.

Таблица Г.9 – Нормативная несущая способность опорного элемента

$+F_{norm, x}$ , кН	$-F_{norm, x}$ , кН	$+F_{norm, y}$ , кН	$-F_{norm, y}$ , кН	$+F_{norm, z}$ , кН	$-F_{norm, z}$ , кН	$M_{norm, x}$ , кН·см	$M_{norm, y}$ , кН·см	$M_{norm, z}$ , кН·см
18,00	18,00	2,00	2,00	5,00	5,00	15,00	20,00	10,00

Условие совместного действия силовых факторов на опорный элемент (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm, x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm, y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm, z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm, x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm, y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm, z}/\gamma_m} \leq 1,$$

$$\frac{0,180}{18,00/1,05} + \frac{0,069}{5,00/1,05} + \frac{0,011}{20,00/1,05} = 0,026 \leq 1.$$

Условие прочности опорного элемента при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 2,6 %).

Таблица Г.10 – Нормативная несущая способность соединителя

$+F_{norm, x}$ , кН	$-F_{norm, x}$ , кН	$+F_{norm, y}$ , кН	$-F_{norm, y}$ , кН	$+F_{norm, z}$ , кН	$-F_{norm, z}$ , кН	$M_{norm, x}$ , кН·см	$M_{norm, y}$ , кН·см	$M_{norm, z}$ , кН·см
19,00	19,00	2,00	2,00	Не влияет	15,00	22,00	52,00	7,00

Условие совместного действия силовых факторов на соединитель:

$$\frac{F_x}{F_{norm, x}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm, z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm, x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm, y}/\gamma_m} \leq 1,$$

$$\frac{F_y}{F_{norm, y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm, z}/\gamma_m} \leq 1,$$

$$\frac{0,180}{19,00/1,05} + \frac{0,011}{52,00/1,05} = 0,012 \leq 1.$$

Условие прочности соединителя при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 1,2 %).

Таблица Г.11 – Эксплуатационные несущие способности узла и соответствующие деформации в основном рабочем направлении

$+F_{exp, x}$ , кН	$-F_{exp, x}$ , кН
15,00	17,00

(2 мм)	(1 мм)
--------	--------

Условие применения узла по эксплуатационной пригодности:

$$F_x \leq F_{exp, x},$$

$$0,15 \leq 15,00.$$

Условие эксплуатационной пригодности узла при совместном действии силовых факторов выполняется (использование 1 %).

### Г.3 Пример 3. Расчет осевой нагрузки на неподвижную опору на горизонтальном участке с естественным компенсатором

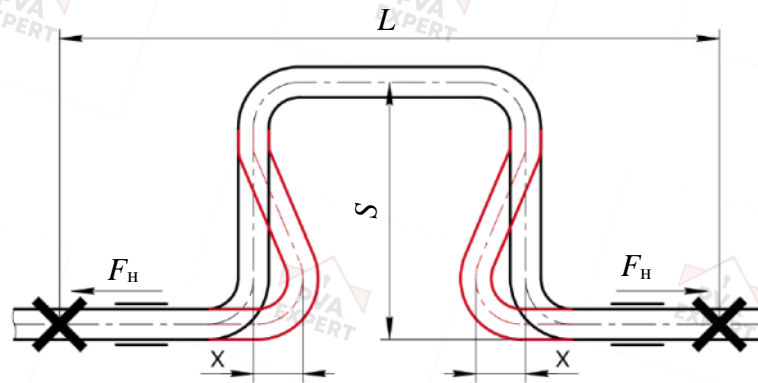
#### Г.3.1 Исходные данные

Исходные данные приведены в таблице Г.12.

Таблица Г.12

1 Описание участка	Горизонтальный участок трубопровода с П-образным компенсатором
2 Диаметр трубопровода	57 мм
3 Материал трубы, механические и геометрические характеристики	Сталь. Модуль упругости материала трубы – $E = 195 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ . Допустимое напряжение материала трубы – $\sigma_{zul} = 206 \text{ Н/м}^2$ . Момент инерции трубы – $I = 18,6 \cdot 10^4 \text{ м}^4$
4 Температура теплоносителя	$T_{\max} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$
5 Температура окружающей среды	$T_{\text{inst}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
6 Расстояние между неподвижными опорами	$L = 30 \text{ м}$
7 Коэффициент трения используемых подвижных опор на участке	$\mu = 0,18$
8 Расстояние от базового материала до трубы	500 мм
9 Агрессивность среды на объекте строительства	Неагрессивная среда по СП 28.13330
10 Требуемый срок службы проектируемых опор	25 лет
11 Требования к сейсмостойкости опор	Не предъявляют
12 Требования к огнестойкости опор	Не предъявляют

Г.3.2 Схема расположения неподвижных опор представлена на рисунке Г.11.



$F_n$  – нагрузка на неподвижную опору;  $L$  – расстояние между неподвижными опорами;  $S$  – величина плеча;  $X$  – расширение трубопровода, равное  $\Delta L$

Рисунок Г.11 – Расположение неподвижных опор

Необходимо найти нагрузку на неподвижную опору и подобрать подходящую неподвижную опору из модульных систем.

Расчет проводят в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта организации.

Разница температур [согласно формуле (A.2) настоящего стандарта организации]:

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\text{inst}} = 90 - 10 = 80.$$

Тепловое расширение трубы [согласно формуле (A.8) настоящего стандарта организации]:

$$\Delta L = \Delta T \cdot \frac{L}{2} \cdot \alpha = 80 \cdot \frac{30}{2} \cdot 0,012 = 14,4 \text{ мм.}$$

Минимальное плечо компенсации [согласно формуле (A.3) настоящего стандарта организации]:

$$S = \sqrt{\frac{3E}{2\sigma_{zul}}} \cdot \sqrt{\Delta L \cdot AD} = \sqrt{\frac{3 \cdot 195 \cdot 10^3}{2 \cdot 206}} \cdot \sqrt{0,0144 \cdot 0,057} = 1,0796 \text{ м.}$$

Определяют нормативные нагрузки:

- нагрузку от расширения [согласно формуле (A.5) настоящего стандарта организации]:

$$F_E = E \cdot I \cdot \frac{\Delta L \cdot 3}{s^3} = 195 \cdot 10^3 \cdot 18,6 \cdot 10^4 \cdot \frac{14,4 \cdot 3}{(1,0796 \cdot 10^3)^3} = 1245 \text{ Н} = 1,25 \text{ кН;}$$

- нагрузку от трения [согласно формуле (A.6) настоящего стандарта организации]:

$$F_R = \mu \cdot M \cdot L = 0,18 \cdot 8,1 \cdot 15 = 21,87 \text{ кг} = 0,22 \text{ кН;}$$

- нормативную нагрузку на неподвижную опору [согласно формуле (A.4) настоящего стандарта организации]:

$$F_H = F_R + F_E = 1,25 + 0,22 = 1,47 \text{ кН.}$$

Принимают использование неподвижной опоры (рисунок Г.12) с нормативной несущей способностью в осевом направлении 2 кН, максимальное допустимое расстояние от базового материала – 700 мм согласно данным технического паспорта на опору.



Рисунок Г.12

Проверяют несущую способность [согласно формуле (6.2) настоящего стандарта организации]:

$$F_H \cdot \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_c \leq S_{norm} / \gamma_m,$$

$$1,47 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \leq 2 / 1,$$

$$1,76 \text{ кН} \leq 2 \text{ кН.}$$

Условие по несущей способности выполняется (использование 88 %).

Проверяют расстояние от базового материала:

$$500 \text{ мм} \leq 700 \text{ мм.}$$

Данная опора подходит по несущей способности и расстоянию от базового материала.

#### Г.4 Пример 4. Расчет осевой нагрузки на неподвижную опору на вертикальном участке с осевым компенсатором

##### Г.4.1 Исходные данные

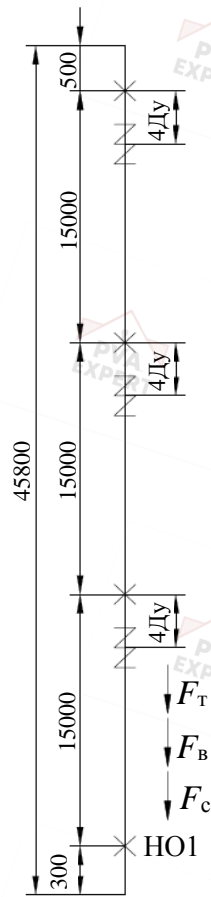
Исходные данные приведены в таблице Г.13.

Таблица Г.13

1 Описание участка	Вертикальный участок трубопровода системы теплоснабжения Т1
2 Характеристики трубопровода	Материал трубы – сталь, условный диаметр Ду80, площадь сечения $S = 0,00094 \text{ м}^2$ , масса 1 пог. м трубопровода (с учетом воды и изоляции) $M = 18,5 \text{ кг/пог. м}$

3 Рабочее давление в системе	$P = 10$ бар
4 Количество этажей в здании	$N = 15$
5 Высота этажей в здании	$H = 3$ м
6 Максимальная температура теплоносителя «подача»	$T_{\max} = 80$ °С
7 Минимальная температура стояка в момент монтажа труб и врезки компенсаторов	$T_{\min} = -10$ °С
8 Характеристики используемых компенсаторов	<p>Диаметр <math>D_u = 80</math> мм.  Диаметр <math>D_k = 119</math> мм.  Эффективная площадь сильфона <math>S_{\text{эф}} = 76</math> см<sup>2</sup>.  Осевой ход <math>+32/-10</math> мм («+» – сжатие; «-» – удлинение).  Общая длина <math>L_o = 295</math> мм.  Диаметр патрубка <math>D_n = 89</math> мм.  Жесткость осевого хода <math>G = 47</math> кН/м.  Коэффициент запаса <math>k = 1,07</math></p>
9 Расстояние от базового материала до трубы	300 мм
10 Агрессивность среды на объекте строительства	Неагрессивная среда по СП 28.13330
11 Требуемый срок службы проектируемых опор	25 лет
12 Требования к сейсмостойкости опор	Не предъявляются
13 Требования к огнестойкости опор	Не предъявляются

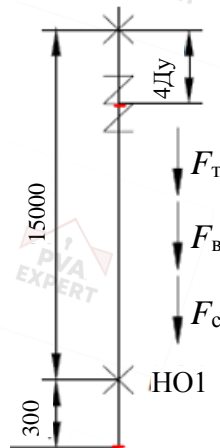
Г.4.2 Нагрузки на неподвижную опору приведены на рисунках Г.13, Г.14.



HO1 – неподвижная опора;  $F_B$  – вес воды;  $F_C$  – нагрузка от сифонного компенсатора;  $F_T$  – вес трубы

Рисунок Г.13

Необходимо найти нагрузку на нижнюю неподвижную опору HO1 и подобрать подходящую неподвижную опору из модульных систем.



Примечание – Обозначения, примененные на рисунке, см. на рисунке Г.13.

Рисунок Г.14

Г.4.3 Расчет проводят в соответствии с разделом 6 настоящего стандарта организации.

#### Г.4.4 Вес трубы

Г.4.4.1 Расчет веса трубы ведут для каждой неподвижной опоры и определяют по формуле (А.28):

$$F_T = M \cdot L \cdot g,$$

где  $L$  – длина расчетного участка трубопровода (участок между двумя сильфонными компенсаторами или от сильфонного компенсатора до низа/верха трубы).

$$L = 15000 - 4D_u + 300 = 15000 - 4 \cdot 80 + 300 = 14980 \text{ мм.}$$

$$F_T = 18,5 \text{ кг/м} \cdot 14,98 \text{ м} \cdot 9,81 = 2718,6 \text{ Н;}$$

вес воды:

$$F_B = S \cdot \rho \cdot L \cdot g \cdot \gamma_f,$$

$$F_B = 0,00094 \cdot 1000 \cdot 45,8 \cdot 9,81 \cdot 1 = 422,3 \text{ Н.}$$

#### Г.4.4.2 Нагрузка от сильфонного компенсатора

Определяют удлинение, мм, на участке по формуле (А.12) настоящего стандарта организации:

$$\Delta L = 0,012 \cdot l \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \cdot k,$$

$$\Delta L_1 = 0,012 \cdot 15 \cdot (80 - (-10)) \cdot 1,07 = 17,334 \text{ мм.}$$

Определяют нагрузку от сильфонного компенсатора на каждом участке по формуле

$$F_c = S_{\text{эф}} \cdot P + \lambda_{\text{ос}} \cdot \Delta L,$$

$$P = 10 \cdot 1,5 \cdot 9,81 = 147,15 \text{ Н/см}^2,$$

$$F_c = 76 \text{ см}^2 \cdot 147,15 \text{ Н/см}^2 + 461,07 \text{ Н/мм} \cdot 1,74 \text{ мм} = 11985,86 \text{ Н.}$$

Нормативная нагрузка на НО1 =  $F_T + F_B + F_c = 2718,6 + 422,3 + 11985,86 = 15,13 \text{ кН.}$

Принимают использование неподвижной опоры с нормативной несущей способностью в осевом направлении 22 кН, максимальное допустимое расстояние от базового материала – 300 мм согласно данным в техническом паспорте на опору (рисунок Г.15).

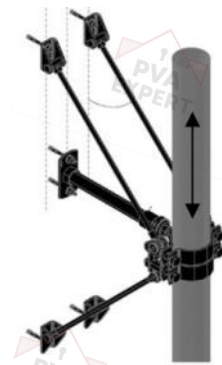


Рисунок Г.15

Проверяют несущую способность [согласно формуле (6.2) настоящего стандарта организации]:

$$F_H \cdot \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot \gamma_c \leq S_{norm} / \gamma_m,$$

$$15,42 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \leq 22 / 1,05,$$

$$18,50 \text{ кН} \leq 20,95 \text{ кН}.$$

Условие по несущей способности опоры выполняется (использование 88 %).

Проверяют расстояние от базового материала:

$$300 \text{ мм} \leq 300 \text{ мм}.$$

Данная опора подходит по несущей способности и расстоянию от базового материала.

## Приложение Д (обязательное)

### Методы и критерии оценки качества элементов модульных монтажных систем

#### Д.1 Общие положения

Д.1.1 Для оценки качества элементов модульных систем в соответствии с их классификацией (см. 4.2 настоящего стандарта организации) должна быть проведена оценка технических характеристик.

Технические характеристики могут включать в себя геометрическую форму и размеры, механические свойства материалов и изделий, предельно допустимые деформации и усилия. Значения предельно допустимых деформаций устанавливает производитель для основных направлений элемента/узла модульной системы. Предельно допустимые усилия – нормативные значения предельно допустимых усилий из условия прочности относительно основных направлений  $S_{norm}$  (нормативная несущая способность) и значения предельно допустимых усилий из условия эксплуатационной пригодности относительно основных направлений  $S_{exp}$  (эксплуатационная несущая способность). Предельно допустимые деформации и усилия из условия эксплуатационной пригодности допускается определять только для основных рабочих направлений. Основные направления соответствуют локальным осям элементов модульной системы  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Основные рабочие направления – направления локальных осей, относительно которых на элемент или узел во время их эксплуатации действует нагрузка в преобладающем количестве случаев. Основные рабочие направления определяются характером применения элементов модульной системы.

Д.1.2 Нормативные значения предельно допустимых усилий из условия прочности  $S_{norm}$  могут быть определены:

- методом аналитического расчета;
- методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов;
- экспериментальным методом (методом испытаний образцов) согласно Ж.4.1–Ж.4.7 настоящего стандарта организации.

Значения предельно допустимых усилий из условия эксплуатационной пригодности  $S_{exp}$  могут быть определены:

- методом аналитического расчета;
- методом расчета профильными инженерными программными комплексами;
- экспериментальным методом (методом испытаний образцов) согласно Ж.3.1–Ж.3.4 настоящего стандарта организации;

- формуле  $S_{exp} = S_{norm}/\gamma_{serv}$ , где  $\gamma_{serv}$  – коэффициент пересчета, определяемый в соответствии с таблицей Д.1.

Таблица Д.1

Конструктивный элемент стальной модульной монтажной системы	Коэффициент пересчета $\gamma_{serv}$
Угловой соединительный элемент	3,85
Опорный элемент	5,1
Прочие соединительные элементы модульной системы	3,2

Д.1.3 На конструктивный элемент/узел крепления модульной системы составляют технический паспорт. Технический паспорт может быть оформлен в виде самостоятельного документа (далее – отдельный технический паспорт) или входить в комплект, включающей несколько технических паспортов (далее – комплект технических паспортов).

Отдельный технический паспорт должен иметь титульный лист по форме, приведенной в К.1 приложения К настоящего стандарта организации.

На титульном листе к отдельному техническому паспорту указывают:

- номер технического паспорта;
- наименование конструктивного элемента модульной системы;
- информацию, что технический паспорт выпущен в соответствии с настоящим стандартом организации;
- наименование организации, выпустившей технический паспорт;
- дату выпуска отдельного технического паспорта;
- подпись и печать организации, выпустившей технический паспорт;

В отдельном техническом паспорте по форме, приведенной в К.2 приложения К настоящего стандарта организации, указывают:

- номер технического паспорта;
- наименование конструктивного элемента;
- изображение конструктивного элемента;
- материал, из которого произведен конструктивный элемент;
- тип и минимальная толщина защитного покрытия;
- наименование типа соединителя (при наличии в узле);
- нормативные несущие способности конструктивного элемента (а также сварных швов и соединителей при их наличии);
- эксплуатационные несущие способности конструктивного элемента (а также сварных швов и соединителей при их наличии);
- условия совместного действия нагрузок для конструктивного элемента (а также для сварных швов и соединителей при их наличии);
- руководство по монтажу конструктивного элемента/узла модульной системы;
- список использованных источников (опционально).

В техническом паспорте допускается не указывать несущие способности сварных швов, если все их значения превышают соответствующие значения несущих способностей остальных составляющих узла.

Взамен отображения отдельных таблиц с нормативными несущими способностями стальной части элемента, нормативными несущими способностями сварных швов и нормативными несущими способностями монтажных болтов и гаек, с помощью которых крепится элемент, допускается отображение одной сводной таблицы, содержащей меньшие значения нормативных несущих способностей среди всех составляющих узла, а также общее условие совместного действия силовых факторов на узел (по прочности).

Допускается указывать эксплуатационные несущие способности при одной определенной деформации либо ряд эксплуатационных несущих способностей при различных деформациях для удобства применения значений в различных условиях эксплуатационной пригодности. Взамен таблицы (либо в дополнение к ней) допускается отображение эксплуатационных несущих способностей в формате графика их зависимости от деформаций.

Комплект технических паспортов включает в себя титульный лист и содержание, оформленные по форме, приведенной в К.3 приложения К настоящего стандарта организации, и технические паспорта по форме, приведенной в К.2 приложения К настоящего стандарта организации.

На титульном листе к комплекту технических паспортов указывают:

- наименование комплекта технических паспортов;
  - информацию об оформлении комплекта технических паспортов в соответствии с настоящим стандартом организации;
  - наименование организации, выпустившей технический паспорт;
  - дату выпуска комплекта технических паспортов;
  - подпись и печать организации, выпустившей технический паспорт;
- В содержании комплекта технических паспортов указывают:
- перечень технических паспортов на элементы монтажных систем, входящих в комплект.

Д.1.4 При наличии технических характеристик элементов модульной системы, полученных ранее при оценке системы на основании испытаний и (или) расчетов, допускается сокращать минимальную программу оценки при выполнении следующих требований:

- методика проведенной ранее оценки не должна противоречить методике, описанной в настоящем приложении;
- продукция, подлежащая оценке, должна иметь идентичные геометрические размеры и механические характеристики материала изделия в сравнении с продукцией, испытанной и (или) рассчитанной ранее;
- проверочные испытания и (или) расчеты должны быть проведены для основных рабочих направлений элементов;

- при проведении проверочной оценки должно быть испытано и(или) рассчитано не менее 15 % всех элементов монтажной системы, которая подлежит оценке;
- при проверочной оценке должны быть испытаны и (или) рассчитаны как минимум два типа профиля, два типа консолей, четыре типа соединительных элементов, четыре типа опорных элементов, два типа хомутов, два типа монтажной гайки, два типа подвижных элементов и четыре типа неподвижных опор в сборе (при наличии данных типов элементов в монтажной системе, подлежащей оценке);
- если в модульной системе, подлежащей оценке, присутствуют элементы с идентичными геометрическими размерами, но с различным материалом изделия либо с различным антикоррозионным покрытием, проверочной оценке подвергается равное количество элементов с различными вариантами материала изделия и антикоррозионного покрытия;
- если результаты проверочных тестов/расчетов отличаются от данных, полученных ранее, не более чем на 10 %, то все параметры принимают по этим данным;
- в случае если результаты оценки отличаются от данных, полученных ранее более чем на 10 %, допускается проведение повторной оценки увеличенного в два раза объема элементов. Если результаты оценки увеличенного объема элементов не отличаются от данных, полученных ранее, более чем на 10 %, то все параметры принимают по этим данным;
- если результаты оценки увеличенного объема элементов отличаются от данных, полученных ранее, более чем на 10 %, то необходимо проведение оценки 100 % элементов системы.

## Д.2 Хомут

Д.2.1 В таблице Д.2 приведены:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- максимально допустимая деформация в основных рабочих направлениях;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.2 – Технические характеристики хомута

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов

	монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Максимально допустимая деформация	Максимально допустимую деформацию для хомутов принимают равной наибольшему из двух значений: 1,5 мм и 2 % диаметра хомута. Величина максимально допустимой деформации является критерием достижения предельных состояний второй группы при определении несущей способности
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Для хомута должно быть определено сопротивление растяжению путем проведения испытаний образцов в соответствии с перечислением г) Д.2.2.3. Определение искомых величин должно осуществляться в соответствии с порядком, изложенным в настоящем стандарте организации

### Д.2.2 Порядок определения несущей способности хомута

Д.2.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  элемента. Для хомута направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.1;

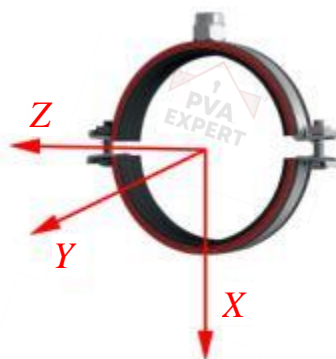


Рисунок Д.1 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  хомута

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают первое и второе предельные состояния. Для тех усилий, предельные значения которых решено не определять, принимается, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимые значения нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равными нулю в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных незначительных нагрузок в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.2.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные значения усилий, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.2.2.1. Для хомутов следует применять экспериментальный метод (натурные испытания образцов).

Д.2.2.3 Определение предельных значений усилий, приложенных вдоль основных направлений, экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам должны прилагаться документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

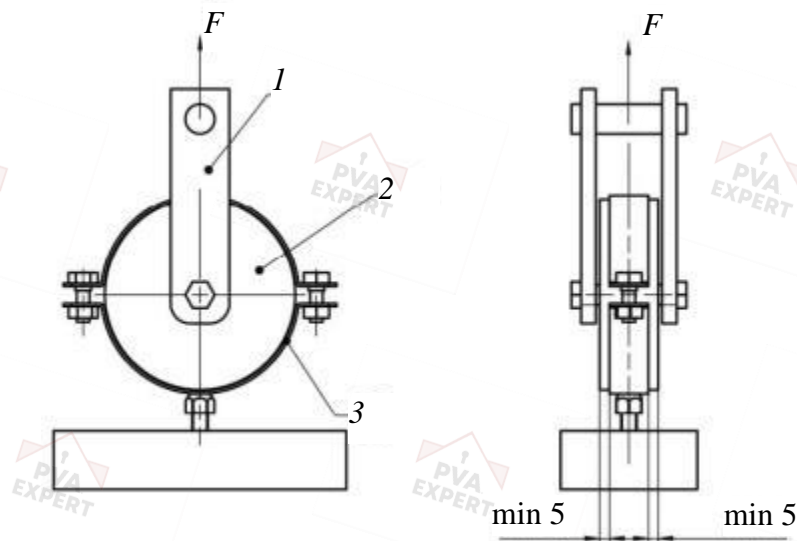
- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;
- г) испытания хомутов, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.2;



1 – датчик нагрузки; 2 – болванка (имитация трубы); 3 – хомут

Рисунок Д.2 – Схема проведения испытаний трубного хомута

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для хомута приведены в таблице Д.3. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж.

Таблица Д.3 – Предельные усилия, определяемые для хомута методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
$\pm Z$ (растяжение)	$\pm F_{z,t}$	$\delta_{\pm F_{z,t}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Опционально

Для определения несущей способности всего ассортимента хомутов необходимо либо провести серии испытаний всех типоразмеров, либо сократить количество серий испытаний, руководствуясь следующими положениями: диапазон зажимов труб сгруппирован в подгруппы, внутри которых должны быть идентичны следующие свойства:

- 1) геометрия поперечного сечения стального обжимного кольца трубного хомута,
- 2) спецификация материалов хомута,
- 3) закрывающий механизм,
- 4) соединение между резьбовым элементом и стальной полосой хомута трубы,
- 5) резьбовой элемент,
- 6) материал и геометрия поперечного сечения резиновой прокладки.

Как минимум, самые большие и самые малые типоразмеры каждой из этих подгрупп должны быть испытаны. Для каждого трубного хомута, выбранного в качестве образца испытаний, должно быть проведено не менее пяти испытаний в соответствии со следующими положениями: трубный хомут должен быть установлен на болванке (имитация трубы) в соответствии с руководством производителя. Таким образом, результаты испытаний несущей способности могут быть применены ко всей подгруппе.

Болванка (имитация трубы) должна соответствовать максимальному диаметру из диапазона зажима испытываемого образца. Ширина болванки должна быть больше ширины хомута трубы не менее чем на 10 мм. Хомут с болванкой должен быть установлен на испытательную машину для проведения испытаний на растяжение в соответствии со схемой, представленной на рисунке Д.2. Испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определить, исходя из деформации образца 10 мм/мин. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей.

Кроме нормативной несущей способности для хомутов определяется эксплуатационная несущая способность, соответствующая достижению предельной деформации (критерий второй группы предельных состояний).

Образцы испытаний должны быть собраны в соответствии с руководством производителя по монтажу. Значение максимально допустимой деформации, при которой сохраняется возможность эксплуатации, должно быть указано производителем модульной системы в техническом паспорте на трубный хомут. Для трубных

хомутов, если иное не указано производителем, максимально допустимая деформация должна быть максимальной из двух значений: 1,5 мм и 2 % наибольшего диаметра из диапазона трубного хомута.

Предварительное напряжение хомута определяют в соответствии с таблицами Д.4 и Д.5. Таким образом, трубный хомут является конструкцией с предварительным напряжением. Допускается снижение величины преднапряжения. Если деформация, возникающая при создании преднапряжения, достигает уровня максимально допустимой деформации, то преднапряжение не следует увеличивать до значения, приведенного в таблицах Д.4 и Д.5. В этом случае испытания проводят на образцах с пониженным значением преднапряжения. Через 30 с после преднапряжения образца показания датчика устанавливают в нулевое положение.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем значений нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определить, исходя из деформации образца 10 мм/мин.

В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей.

Предельно допустимое значение усилия, исходя из условия эксплуатационной пригодности, определяют как минимальное значение нагрузки в серии испытаний при предельном значении деформации.

Диаграммы зависимости деформации от нагрузки, свойства материала (предел текучести, временное сопротивление), размеры и геометрия элементов, используемых для испытаний, должны быть зафиксированы в протоколе испытаний. К материалам и изделиям, применяемым при производстве испытываемых образцов трубных хомутов, следует прилагать документы оценки соответствия производителя. Механические и другие свойства материалов и изделий должны соответствовать заявленным производителем в соответствии с действующими НД;

Таблица Д.4 – Значение усилия предварительного напряжения для хомутов трубопроводов водоснабжения, отопления и спринклерных установок

Диаметр болванки (трубы) испытательного образца, мм	Значение усилия преднапряжения, Н
17,2	80
21,3	
26,9	
33,7	
44,5	100
48,3	125
51,0	135
57,0	180
60,3	200
63,5	
76,1	290
82,5	360
88,9	400
101,6	520
108,0	560
114,3	590
127,0	730
133,0	760
139,7	800
152,4	970
159,0	1030
168,3	1090
177,8	1280
193,7	1560
219,1	1990
244,5	2220
273,0	2490
323,9	3330
355,6	4120
406,4	5180
508,0	8100

Таблица Д.5 – Значение усилия предварительного напряжения для хомутов воздухопроводов систем вентиляции и кондиционирования

Диаметр болванки (трубы) испытательного образца, мм	Значение усилия преднапряжения, Н
71	80
80	
90	
100	
112	100
125	
140	
150	
160	
180	
200	180
224	
250	
280	
300	
315	
355	300
400	
450	
500	
560	
600	
630	300
710	
800	
900	
1000	
1120	
1250	300
1400	
1600	
1800	
2000	

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.2.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.2.2.1–Д.2.2.3, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Определенные значения несущей способности и соответствующие им значения деформаций приводят в отчете.

Д.2.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) хомута приведена на рисунке Е.1 приложения Е.

### Д.3 Консоль (кронштейн)

Д.3.1 В таблице Д.6 приведены технические характеристики консоли:

- геометрическая форма и размеры;
- геометрические характеристики поперечного сечения профиля/консоли;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

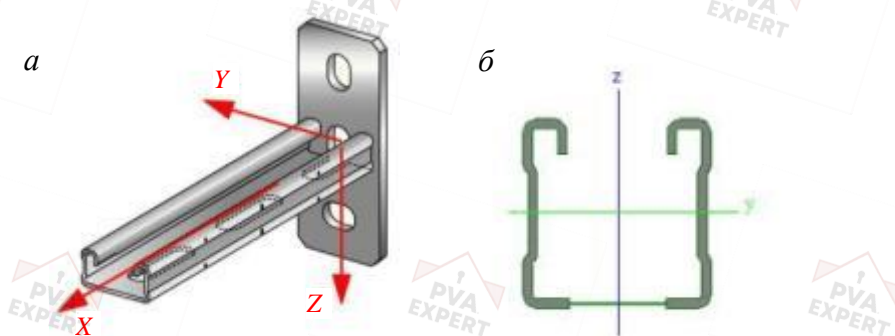
Т а б л и ц а Д.6 – Технические характеристики консоли

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует производить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем – предельные величины внешних нагрузок, соответствующие достижению предельных состояний первой и второй групп

### Д.3.2 Порядок определения несущей способности профиля или консоли (кронштейн)

Д.3.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для консоли направление локальных осей следует принимать как показано на рисунке Д.3: ось  $X$  – вдоль консоли, оси  $Y$  и  $Z$  – в плоскости поперечного сечения консоли;



а – консоль; б – поперечное сечение консоли

Рисунок Д.3 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  консоли

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $+F_y$ ,  $-F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $+F_y$ ,  $-F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимается, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных незначительных нагрузок в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.3.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, прово-

дующей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные значения нагрузок, выбранных в соответствии с Д.3.2.1, перечисление в). Для консоли рекомендуется определить значения всех нагрузок, указанных в Д.3.2.1, перечисление в).

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для консоли рекомендуется использовать расчетные методы;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.3.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее 5 шт. для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для консоли приведены в таблице Д.7. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Таблица Д.7 – Предельные усилия, определяемые для консоли методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
$\pm Z$ (поперечная сила)	$\pm F_{z,t}$	$\delta_{\pm F_{z,t}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,t}$	$\delta_{M_{x,t}}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,t}$	$\delta_{M_{y,t}}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,t}$	$\delta_{M_{z,t}}$	Опционально

д) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.3.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) выполняют в соответствии с требованиями таблицы Д.8.

Таблица Д.8 – Предельные усилия, определяемые для консоли методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально

Окончание таблицы Д.8

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
$\pm Z$ (поперечная сила)	$\pm F_{z,a}$	$\delta_{\pm F_{z,a}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,a}$	$\delta_{\pm F_{y,a}}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,a}$	$\delta_{M_{x,a}}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,a}$	$\delta_{M_{y,a}}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,a}$	$\delta_{M_{z,a}}$	Опционально

Д.3.2.5 Определение предельных значений осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
- приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей X, Y, Z;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) выполняют в соответствии с требованиями таблицы Д.9.

Т а б л и ц а Д.9 – Предельные усилия, определяемые для консоли методом расчета профильными инженерными программными комплексами

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
$\pm Z$ (поперечная сила)	$\pm F_{z,fem}$	$\delta_{\pm F_{z,fem}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,fem}$	$\delta_{\pm F_{y,fem}}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,fem}$	$\delta_{M_{x,fem}}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,fem}$	$\delta_{M_{y,fem}}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,fem}$	$\delta_{M_{z,fem}}$	Опционально

Д.3.2.6 Определение значений предельных величин осевых усилий и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельных усилий допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.3.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.3.2.2], за нормативное значение несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки  $(+F_x, -F_x, F_y, +F_z, -F_z, M_x, M_y, M_z)$  принимают наименьшее значение из определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельного усилия, его принимают равным нулю и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной вдоль оси  $X$ :

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение значения деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей значению силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,t},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,a},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,fem};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной вдоль оси  $X$ :

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,t},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,a},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,fem};$$

в) определение нормативного значения растягивающей поперечной силы, приложенной по оси  $Y$ :

$$F_y = \min(+F_{y,t}, +F_{y,a}, +F_{y,fem}, -F_{y,t}, -F_{y,a}, -F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

$$\text{если } F_y = +F_{y,t}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{+F_y,t},$$

$$\text{если } F_y = +F_{y,a}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{+F_y,a},$$

$$\text{если } F_y = +F_{y,fem}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{+F_y,fem},$$

$$\text{если } F_y = -F_{y,t}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{-F_y,t},$$

$$\text{если } F_y = -F_{y,a}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{-F_y,a},$$

$$\text{если } F_y = -F_{y,fem}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{-F_y,fem};$$

г) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной по оси  $Z$ :

$$F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem}, -F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

если  $F_z = +F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{+F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = +F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{+F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = +F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{+F_{z,fem}}$ ,

если  $F_z = -F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{-F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = -F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{-F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = -F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{-F_{z,fem}}$ ;

д) определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $X$ :

$$M_x = \min(M_{x,t}, M_{x,a}, M_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_x}$ , соответствующей величине силы  $M_x$ :

если  $M_x = M_{x,t}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,t}}$ ,

если  $M_x = M_{x,a}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,a}}$ ,

если  $M_x = M_{x,fem}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,fem}}$ ;

е) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Y$ :

$$M_y = \min(M_{y,t}, M_{y,a}, M_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_y}$ , соответствующей величине силы  $M_y$ :

если  $M_y = M_{y,t}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,t}}$ ,

если  $M_y = M_{y,a}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,a}}$ ,

если  $M_y = M_{y,fem}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,fem}}$ ;

ж) определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $Z$ :

$$M_z = \min(M_{z,t}, M_{z,a}, M_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_z}$ , соответствующей величине силы  $M_z$ :

если  $M_z = M_{z,t}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,t}}$ ,

если  $M_z = M_{z,a}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,a}}$ ,

если  $M_z = M_{z,fem}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,fem}}$ .

Д.3.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.3.2.1–Д.3.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.3.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.3.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) консоли приведена на рисунке Е.2 приложения Е.

#### Д.4 Угловой соединительный элемент

Д.4.1 В таблице Д.10 приведены технические характеристики углового соединительного элемента:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

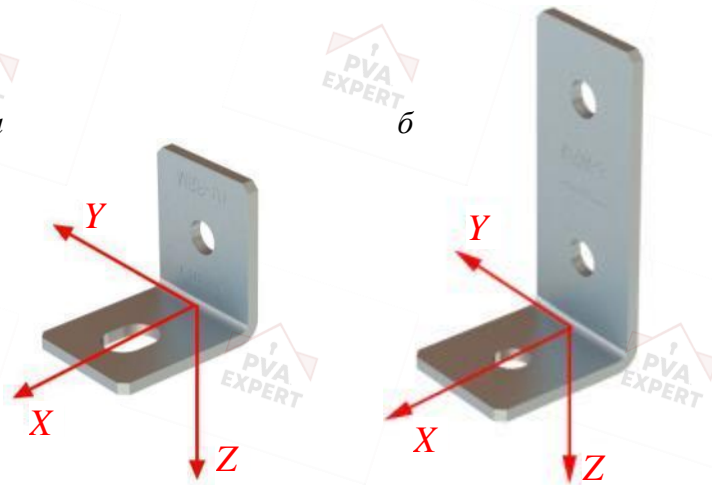
Т а б л и ц а Д.10 – Технические характеристики углового соединительного элемента

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для углового соединительного элемента, а также в соответствии с действующими НД

#### Д.4.2 Порядок определения несущей способности углового соединительного элемента в виде равнополочного и неравнополочного уголков

Д.4.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для равнополочного уголка направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.4, а: оси  $X$  и  $Z$  – вдоль полки,  $Y$  – перпендикулярно осям  $X$  и  $Z$ . Для неравнополочного уголка направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.4, б: ось  $X$  вдоль короткой полки,  $Z$  – вдоль длинной полки,  $Y$  – перпендикулярно осям  $X$  и  $Z$ ;



а – направление осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  равнополочного уголка;  
 б – направление осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  неравнополочного уголка

Рисунок Д.4 – Расположение локальных осей углового соединительного элемента

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Несущие способности элемента по направлениям, не используемым в процессе эксплуатации, приравниваются к нулю в техническом паспорте. При этом допускается воздействие незначительных случайных нагрузок в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.4.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные значения нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.4.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:  
 - экспериментальный метод (натурные испытания образцов);

- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов);
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.4.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натуральных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

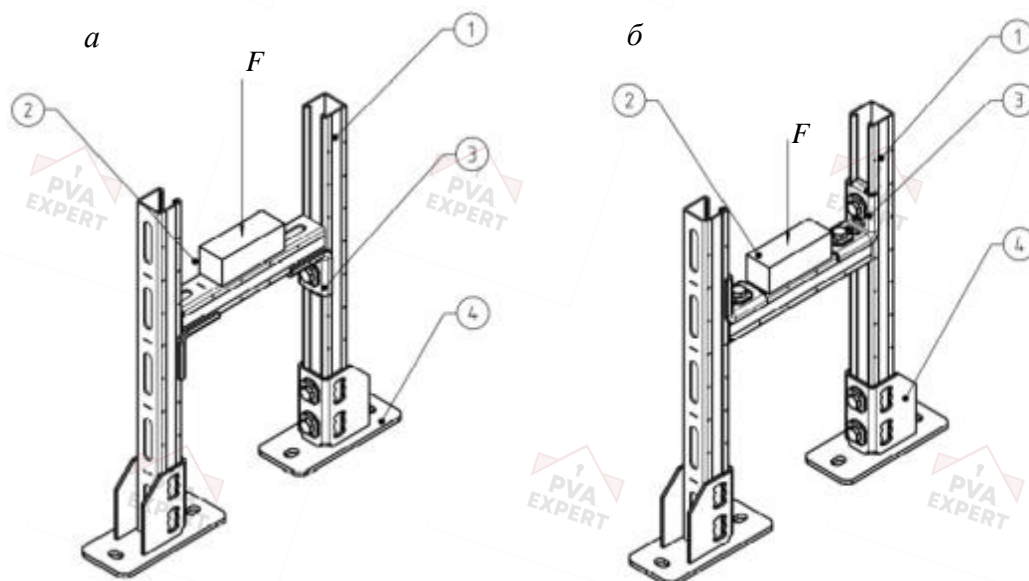
в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,
- наносят разметку,
- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,
- проводят пробное нагружение;

г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяются монтажные профили с одинаковыми формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытываемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями большей толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания углового соединительного элемента на сжатие и растяжение, предусмотренные программой испытаний, должны быть проведены в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.5;



*а* – схема проведения испытаний на сжатие (угловые соединительные элементы под горизонтальным профилем); *б* – схема проведения испытаний на растяжение (угловые соединительные элементы над горизонтальным профилем)

1 – профиль модульной системы; 2 – распределитель нагрузки; 3 – угловой соединительный элемент (коннектор); 4 – опорный элемент (пятка)

Рисунок Д.5 – Схемы проведения испытаний углового соединительного элемента

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные значения усилий для углового соединительного элемента приведены в таблице Д.11. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж. Деформации допускается фиксировать в точке приложения нагрузки;

Таблица Д.11 – Предельные усилия, определяемые для углового соединительного элемента методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение) <sup>1)</sup>	$+F_{x,t} (M_{y,t2})$	$\delta_{+F_{x,t}} (\delta_{M_{y,t2}})$	Опционально

Окончание таблицы Д.11

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
$+Z$ (сжатие)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Обязательно
$-Z$ (растяжение) <sup>2)</sup>	$-F_{z,t}(M_{y,t1})$	$\delta_{-F_{z,t}}(\delta_{M_{y,t1}})$	Обязательно
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Опционально
Относит. $X$ (кручение)	$M_{x,t}$	$\delta_{M_{x,t}}$	Опционально
Относит. $Z$ (кручение)	$M_{z,t}$	$\delta_{M_{z,t}}$	Опционально
<sup>1)</sup> $M_{y,t2}$ определяется как производная от $-F_{x,t}$ . <sup>2)</sup> $M_{y,t1}$ определяется как производная от $+F_{z,t}$ .			

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.4.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.12.

Т а б л и ц а Д.12 – Предельные усилия, определяемые для углового соединительного элемента методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$+X$ (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
$+Z$ (сжатие)	$+F_{z,a}$	$\delta_{+F_{z,a}}$	Опционально
$-Z$ (растяжение)	$-F_{z,a}$	$\delta_{-F_{z,a}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,a}$	$\delta_{\pm F_{y,a}}$	Опционально
Относит. $X$ (кручение)	$M_{x,a}$	$\delta_{M_{x,a}}$	Опционально
Относит. $Z$ (кручение)	$M_{z,a}$	$\delta_{M_{z,a}}$	Опционально
Относит. $Y$ (изгиб)	$M_{y,a}$	$\delta_{M_{y,a}}$	Опционально

Д.4.2.5 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
- приложение нагрузок на элемент относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.13.

Таблица Д.13 – Предельные усилия, определяемые для углового соединительного элемента методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
+Z (сжатие)	$+F_{z,fem}$	$\delta_{+F_{z,fem}}$	Опционально
-Z (растяжение)	$-F_{z,fem}$	$\delta_{-F_{z,fem}}$	Опционально
$\pm Y$ (поперечная сила)	$\pm F_{y,fem}$	$\delta_{\pm F_{y,fem}}$	Опционально
Относит. $X$ (кручение)	$M_{x,fem}$	$\delta_{M_{x,fem}}$	Опционально
Относит. $Z$ (кручение)	$M_{z,fem}$	$\delta_{M_{z,fem}}$	Опционально
Относит. $Y$ (изгиб)	$M_{y,fem}$	$\delta_{M_{y,fem}}$	Опционально

Д.4.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельных усилий допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.4.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.4.2.2], за нормативное значение несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) принимают наименьшее значение из определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для

определения предельного усилия, то его принимают равным нулю, и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной вдоль оси  $X$ :

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,t},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,a},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,fem};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной вдоль оси  $X$ :

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,t},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,a},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,fem};$$

в) определение нормативного значения растягивающей поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора (осевая сила, приложенная вдоль оси  $Y$ ):

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

$$\text{если } F_y = F_{y,t}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,t},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,a}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,a},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,fem}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,fem};$$

г) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной вдоль оси  $Z$ :

$$+F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_z}$ , соответствующей величине силы  $+F_z$ :

$$\text{если } +F_z = +F_{z,t}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,t},$$

$$\text{если } +F_z = +F_{z,a}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,a},$$

$$\text{если } +F_z = +F_{z,fem}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,fem};$$

д) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по оси  $Z$ :

$$-F_z = \min(-F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_z}$ , соответствующей величине силы  $-F_z$ :

$$\text{если } -F_z = -F_{z,t}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_z,t},$$

$$\text{если } -F_z = -F_{z,a}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_z,a},$$

если  $-F_z = -F_{z,fem}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,fem}}$ ;

е) определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $X$ :

$$M_x = \min(M_{x,t}, M_{x,a}, M_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_x}$ , соответствующей величине силы  $M_x$ :

если  $M_x = M_{x,t}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,t}}$ ,

если  $M_x = M_{x,a}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,a}}$ ,

если  $M_x = M_{x,fem}$ , то  $\delta_{M_x} = \delta_{M_{x,fem}}$ ;

ж) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Y$ :

$$M_y = \min(M_{y,t}, M_{y,a}, M_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_y}$ , соответствующей величине силы  $M_y$ :

если  $M_y = M_{y,t}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,t}}$ ,

если  $M_y = M_{y,a}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,a}}$ ,

если  $M_y = M_{y,fem}$ , то  $\delta_{M_y} = \delta_{M_{y,fem}}$ ;

и) определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $Z$ :

$$M_z = \min(M_{z,t}, M_{z,a}, M_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_z}$ , соответствующей величине силы  $M_z$ :

если  $M_z = M_{z,t}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,t}}$ ,

если  $M_z = M_{z,a}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,a}}$ ,

если  $M_z = M_{z,fem}$ , то  $\delta_{M_z} = \delta_{M_{z,fem}}$ .

Д.4.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.4.2.1–Д.4.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.4.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.4.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) углового соединительного элемента приведена на рисунке Е.3 приложения Е.

## Д.5 Опорный элемент

Д.5.1 В таблице Д.14 приведены технические характеристики опорного элемента:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.14 – Технические характеристики опорного элемента

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для опорного элемента, а также в соответствии с действующими НД. Для опорного элемента должна быть определена предельная величина растягивающей силы. Определение предельных значений нагрузок иного характера – опционально

### Д.5.2 Порядок определения несущей способности опорного элемента

Д.5.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для опорного элемента направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.6: ось  $X$  – перпендикулярно опорной пластине,  $Z$  – вдоль длинной стороны опорной пластины,  $Y$  – вдоль короткой стороны опорной пластины;

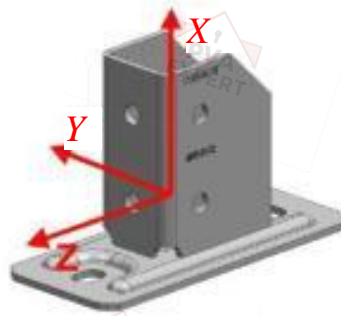


Рисунок Д.6 – Расположение локальных осей опорного элемента

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Несущие способности элемента по направлениям, не используемым в процессе эксплуатации, приравниваются к нулю в техническом паспорте. При этом допускается воздействие незначительных случайных нагрузок в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.5.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные значения нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.5.2.1. Для профиля/консоли рекомендуется определить значения всех нагрузок, указанных в перечислении в) Д.5.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для опорного соединительного элемента рекомендуется использовать два

метода: аналитический расчет и натурные испытания образцов. Испытания следует проводить на растяжение вдоль оси  $X$ , а также рекомендуется проводить испытания на поперечную силу, приложенную по направлению оси  $Z$ ;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.5.2.3 Определение предельных величин нагрузок экспериментальным методом (методом натуральных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

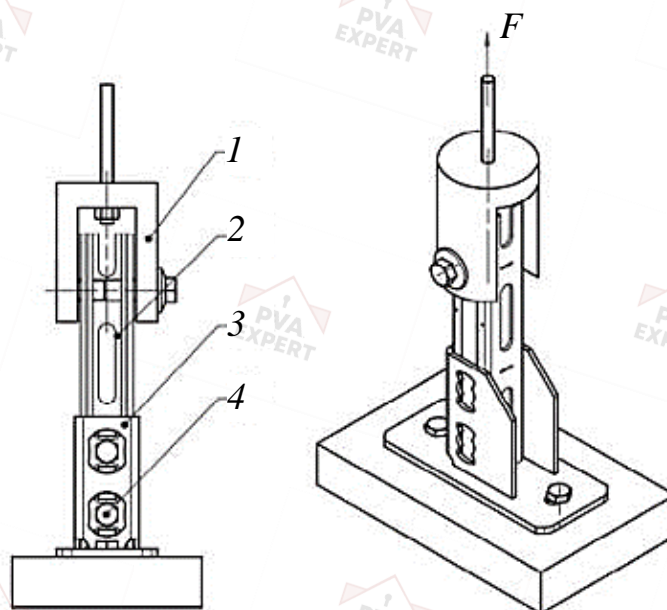
- проводят сборку испытательной установки,
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,
- наносят разметку,
- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,
- проводят пробное нагружение;

г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяют монтажные профили с одинаковыми формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытываемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями большей толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания опорного соединительного элемента, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, представленной

на рисунке Д.7;



1 – датчик силы; 2 – профиль; 3 – опорный элемент (коннектор); 4 – крепеж

Рисунок Д.7 – Схема проведения испытаний опорного элемента

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Предельные усилия, определяемые методом испытаний для опорного элемента, приведены в таблице Д.15. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Таблица Д.15 – Предельные усилия, определяемые для опорного элемента методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)*	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
+Z (поперечная сила)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Опционально
-Z (поперечная сила)	$-F_{z,t}$	$\delta_{-F_{z,t}}$	Опционально
+Y (поперечная сила)	$+F_{y,t}$	$\delta_{+F_{y,t}}$	Опционально
-Y (поперечная сила)	$-F_{y,t}$	$\delta_{-F_{y,t}}$	Опционально

Окончание таблицы Д.15

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
Относит. $Y$ (изгиб)	$M_{y,t}$	$\delta_{M_{y,t}}$	Опционально
Относит. $X$ (кручение)	$M_{x,t}$	$\delta_{M_{x,t}}$	Опционально
Относит. $Z$ (изгиб)	$M_{z,t}$	$\delta_{M_{z,t}}$	Опционально

Примечание – В случае если конструкцией монтажной системы и руководством по ее монтажу предусмотрено отсутствие зазора между торцом профиля и опорной пластиной опорного элемента, допускается не проводить испытания на сжатие по оси  $X$ , приняв значение несущей способности, полученное при проведении испытаний на растяжение.

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.5.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.16.

Таблица Д.16 – Предельные усилия, определяемые для опорного элемента методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+ $X$ (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
- $X$ (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
+ $Z$ (поперечная сила)	$+F_{z,a}$	$\delta_{+F_{z,a}}$	Опционально
- $Z$ (поперечная сила)	$-F_{z,a}$	$\delta_{-F_{z,a}}$	Опционально
+ $Y$ (поперечная сила)	$+F_{y,a}$	$\delta_{+F_{y,a}}$	Опционально
- $Y$ (поперечная сила)	$-F_{y,a}$	$\delta_{-F_{y,a}}$	Опционально
Относит. $Y$ (изгиб)	$M_{y,a}$	$\delta_{M_{y,a}}$	Опционально
Относит. $X$ (кручение)	$M_{x,a}$	$\delta_{M_{x,a}}$	Опционально
Относит. $Z$ (изгиб)	$M_{z,a}$	$\delta_{M_{z,a}}$	Опционально

Д.5.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
- приложение нагрузок на элемент относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) (см. таблицу Д.17).

Таблица Д.17 – Предельные усилия, определяемые для опорного элемента методом расчета с применением инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
+Z (поперечная сила)	$+F_{z,fem}$	$\delta_{+F_{z,fem}}$	Опционально
-Z (поперечная сила)	$-F_{z,fem}$	$\delta_{-F_{z,fem}}$	Опционально
+Y (поперечная сила)	$+F_{y,fem}$	$\delta_{+F_{y,fem}}$	Опционально
-Y (поперечная сила)	$-F_{y,fem}$	$\delta_{-F_{y,fem}}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,fem}$	$\delta_{M_{y,fem}}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,fem}$	$\delta_{M_{x,fem}}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,fem}$	$\delta_{M_{z,fem}}$	Опционально

Д.5.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельных усилий допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.5.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.5.2.2], за нормативное значение несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) принимают наименьшее значение из определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельного усилия, его принимают равным нулю и считают, что дан-

ную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси  $X$ :

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

если  $+F_x = +F_{x,t}$ , то  $\delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,t}$ ,

если  $+F_x = +F_{x,a}$ , то  $\delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,a}$ ,

если  $+F_x = +F_{x,fem}$ , то  $\delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,fem}$ ;

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси  $X$ :

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

если  $-F_x = -F_{x,t}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,t}$ ,

если  $-F_x = -F_{x,a}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,a}$ ,

если  $-F_x = -F_{x,fem}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,fem}$ ;

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Y$ :

$$+F_y = \min(+F_{y,t}, +F_{y,a}, +F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_y}$ , соответствующей величине силы  $+F_y$ :

если  $+F_y = +F_{y,t}$ , то  $\delta_{+F_y} = \delta_{+F_y,t}$ ,

если  $+F_y = +F_{y,a}$ , то  $\delta_{+F_y} = \delta_{+F_y,a}$ ,

если  $+F_y = +F_{y,fem}$ , то  $\delta_{+F_y} = \delta_{+F_y,fem}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора в противоположном направлении оси  $Y$ :

$$-F_y = \min(-F_{y,t}, -F_{y,a}, -F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_y}$ , соответствующей величине силы  $-F_y$ :

если  $-F_y = -F_{y,t}$ , то  $\delta_{-F_y} = \delta_{-F_y,t}$ ,

если  $-F_y = -F_{y,a}$ , то  $\delta_{-F_y} = \delta_{-F_y,a}$ ,

если  $-F_y = -F_{y,fem}$ , то  $\delta_{-F_y} = \delta_{-F_y,fem}$ ;

д) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$+F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_z}$ , соответствующей величине силы  $+F_z$ :

если  $+F_z = +F_{z,t}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,t}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,a}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,a}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,fem}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_z,fem}$ ;

е) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора в противоположном направлении оси  $Z$ :

$$-F_z = \min(-F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_z}$ , соответствующей величине силы  $-F_z$ :

$$\text{если } -F_z = -F_{z,t}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,t}},$$

$$\text{если } -F_z = -F_{z,a}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,a}},$$

$$\text{если } -F_z = -F_{z,fem}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,fem}};$$

ж) определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $X$ :

$$M_x = \min(M_{x,t}, M_{x,a}, M_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_x}$ , соответствующей величине силы  $M_x$ :

$$\text{если } M_x = M_{x,t}, \text{ то } \delta_{M_x} = \delta_{M_{x,t}},$$

$$\text{если } M_x = M_{x,a}, \text{ то } \delta_{M_x} = \delta_{M_{x,a}},$$

$$\text{если } M_x = M_{x,fem}, \text{ то } \delta_{M_x} = \delta_{M_{x,fem}};$$

и) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Y$ :

$$M_y = \min(M_{y,t}, M_{y,a}, M_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_y}$ , соответствующей величине силы  $M_y$ :

$$\text{если } M_y = M_{y,t}, \text{ то } \delta_{M_y} = \delta_{M_{y,t}},$$

$$\text{если } M_y = M_{y,a}, \text{ то } \delta_{M_y} = \delta_{M_{y,a}},$$

$$\text{если } M_y = M_{y,fem}, \text{ то } \delta_{M_y} = \delta_{M_{y,fem}};$$

к) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Z$ :

$$M_z = \min(M_{z,t}, M_{z,a}, M_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{M_z}$ , соответствующей величине силы  $M_z$ :

$$\text{если } M_z = M_{z,t}, \text{ то } \delta_{M_z} = \delta_{M_{z,t}},$$

$$\text{если } M_z = M_{z,a}, \text{ то } \delta_{M_z} = \delta_{M_{z,a}},$$

$$\text{если } M_z = M_{z,fem}, \text{ то } \delta_{M_z} = \delta_{M_{z,fem}}.$$

Д.5.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.5.2.1–Д.5.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.5.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.5.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) опорного элемента приведена на рисунке Е.4 приложения Е.

## Д.6 Шпилька

Д.6.1 В таблице Д.18 приведены технические характеристики шпильки:

- размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные несущие способности ( $S_{norm}$ ).

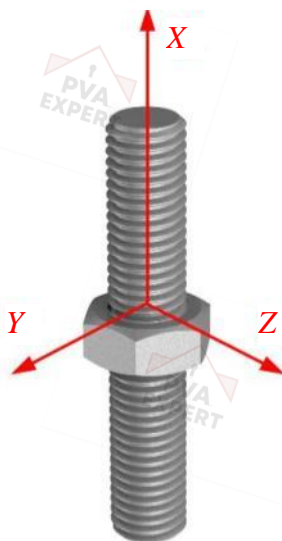
Таблица Д.18 – Технические характеристики шпильки

Размеры	Размеры шпилек должны соответствовать ГОСТ 22042, ГОСТ ISO 4759-1 или другим НД на крепежное изделие. Контроль размеров изделия осуществляют в соответствии с НД на крепежное изделие
Механические характеристики материала изделия	Механические характеристики крепежного изделия определяют в соответствии с ГОСТ ISO 898-1 или другим НД на крепежное изделие
Нормативные несущие способности ( $S_{norm}$ )	Несущую способность крепежного изделия определяют в соответствии с ГОСТ ISO 898-1 или другим НД на крепежное изделие

### Д.6.2 Порядок определения несущей способности шпильки

Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для шпильки направление локальных осей рекомендуется принимать, как показано на рисунке Д.8;

Рисунок Д.8 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  шпильки

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ ISO 898-1 или другим НД на крепежное изделие. Для шпильки  $F_x$  – несущая способность шпильки на растяжение,  $F_y$  и  $F_z$  – несущая способность шпильки на

срез,  $M_x$  – несущая способность шпильки на кручение,  $M_y$  и  $M_z$  – несущая способность шпильки на изгиб.

Д.6.2 На основании действий, проведенных в соответствии с перечислениями а)–в) Д.6.1, формируют отчет об определении несущей способности шпильки. Определенные величины несущей способности и соответствующие им величины деформаций приводятся в отчете в табличном виде.

Д.6.3 Производителем крепежного изделия (шпильки) предоставляется документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация о соответствии) в соответствии с НД на крепежное изделие. Технический паспорт на шпильку не требуется.

### Д.7 Монтажная гайка для крепления хомута

Д.7.1 В таблице Д.19 приведены технические характеристики монтажной гайки для крепления хомута:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.19 – Технические характеристики монтажной гайки для крепления хомута

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877, ГОСТ 1759.1, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 10446, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металлоизделие, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)

Окончание таблицы Д.19

<p>Нормативные и эксплуатационные несущие способности (<math>S_{norm}</math>; <math>S_{exp}</math>)</p>	<p>Несущая способность элемента модульных систем – предельные величины внешних нагрузок, соответствующие достижению первого и второго предельных состояний.</p> <p>Для монтажной гайки должна быть определена несущая способность на вырыв. Определение несущей способности на сдвиг и на сжатие – рекомендуется, но не обязательно. Определение величин несущей способности следует осуществлять в соответствии с порядком, изложенным в настоящем стандарте организации</p>
---	---

### Д.7.2 Порядок определения несущей способности монтажной гайки для крепления хомута

Д.7.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для монтажной гайки для крепления хомута направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.9;

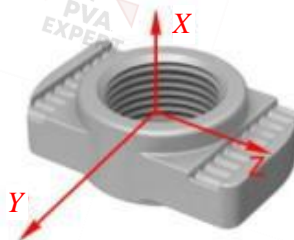


Рисунок Д.9 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  монтажной гайки для крепления хомута

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действия силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю в

техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 10446, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие.

Д.7.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.7.2.1. Для монтажной гайки для крепления хомута следует применять экспериментальный метод (натурные испытания образцов).

Д.7.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

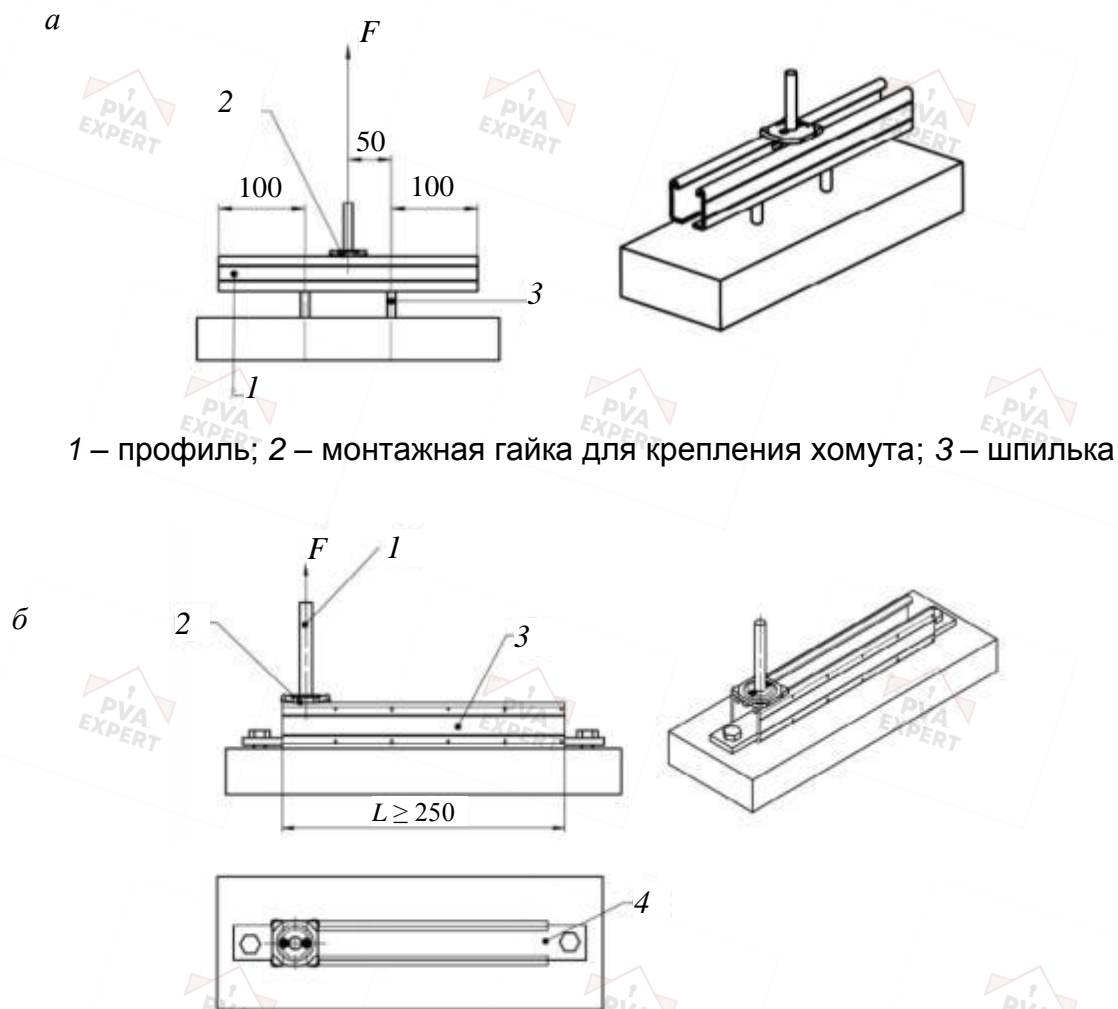
- проводят пробное нагружение;

г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяют монтажные профили с одинаковыми формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытываемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями

большой толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания монтажной гайки на вырыв из профиля, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.10;



1 – профиль; 2 – монтажная гайка для крепления хомута; 3 – шпилька

а – схема проведения испытаний на вырыв из середины профиля; б – схема проведения испытаний на вырыв из края профиля; 1 – шпилька; 2 – монтажная гайка для крепления хомута; 3 – профиль; 4 – фиксирующее устройство

Рисунок Д.10 – Схемы проведения испытаний на вырыв монтажной гайки для крепления хомута

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предель-

ные величины усилий для монтажной гайки для крепления хомута приведены в таблице Д.20. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж.

Таблица Д.20 – Предельные усилия, определяемые для монтажной гайки для крепления хомута методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (вырыв)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Обязательно
$\pm Z$ (сдвиг)	$\pm F_{z,t}$	$\delta_{\pm F_{z,t}}$	Опционально
$\pm Y$ (сдвиг)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Опционально

В испытаниях на вырыв вдоль оси  $X$  допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки для крепления хомута с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы. Испытания следует проводить в две серии:

- 1-я серия испытаний – на образцах с монтажной гайкой, установленной в середине профиля по схеме на рисунке Д.10, а;
- 2-я серия испытаний – на образцах с монтажной гайкой, установленной в краю профиля по схеме на рисунке Д.10, б.

Допускается проводить только одну серию испытаний на вырыв с установкой монтажной гайки для крепления хомута в краю профиля по схеме, приведенной на рисунке Д.10, б. При одной серии испытаний результаты испытаний на вырыв из края профиля принимают и для случая, при котором монтажная гайка для крепления хомута установлена в середине профиля.

Также допускается проводить серии испытаний с установкой монтажной гайки для крепления хомута в промежуточном положении между центром и краем профиля, чтобы оценить несущую способность на вырыв монтажной гайки для крепления хомута из профиля на определенном расстоянии от края профиля. Для каждого варианта расположения монтажной гайки для крепления хомута требуется проведение серии испытаний, как описано ниже.

При испытании монтажной гайки для крепления хомута, установленной в краю профиля (а также на другом расстоянии от края профиля) в соответствии со схемой на рисунке Д.10, б, необходимо учитывать следующие положения:

- закрепление профиля на испытательном стенде не должно влиять на результаты испытания. Средства закрепления профиля на испытательном стенде должны выдерживать изгиб и не должны соприкасаться со стенками профиля и с монтажной гайкой для крепления хомута; должно быть исключено влияние средств закрепления профиля на монтажную гайку;

- длина профиля должна быть не менее 250 мм.

При испытании монтажной гайки для крепления хомута, установленной в середине профиля по схеме на рисунке Д.10, а, необходимо учитывать следующие положения:

- монтажную гайку для крепления хомута устанавливают в середине профиля в соответствии с инструкциями предприятия-производителя по монтажу;

- длина профиля между креплениями должна составлять 100 мм;

- профиль фиксируют на испытательном стенде резьбовыми шпильками, которые проходят через отверстия, предусмотренные в нижней полке профиля, и гайкой, крепящей профиль к шпильке;

- сборку конструкции, используемой в качестве образца испытаний для определения предельной величины осевой силы, следует осуществлять в соответствии с инструкциями предприятия-производителя по монтажу.

Нагрузка на испытываемый образец передается через установочный винт класса прочности 4.6 по ГОСТ ISO 898-1. Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определять, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей.

В испытаниях на сжатие вдоль оси  $X$  допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки для крепления хомута с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы.

В испытаниях на сдвиг вдоль профиля поперечной силой, приложенной по оси  $Y$ , допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки для крепления хомута с наименьшим усилием затяжки и наибольшим диаметром (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек того же или меньшего диаметра резьбы, крепление которых осуществляется с таким же или большим усилием затяжки.

В испытаниях на сдвиг поперек профиля поперечной силой, приложенной по оси  $Z$ , допускается проводить испытания на сдвиг поперек профиля на образцах монтажной гайки для крепления хомута с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы;

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения резуль-

татов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.7.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.7.2.1–Д.7.2.3, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Отдельные элементы узла крепления, такие как резьбовая шпилька или плоская шайба, допускается рассчитывать аналитическим методом. Определенные значения величин несущей способности, соответствующих им величин деформаций и величины крутящего момента затяжки резьбового соединения, на который были затянуты испытанные образцы, приводят в данном отчете.

Д.7.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) монтажной гайки для крепления хомута приведена на рисунке Е.5 приложения Е.

## Д.8 Фиксирующая шайба

Д.8.1 В таблице Д.21 приведены технические характеристики фиксирующей шайбы:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ )

Т а б л и ц а Д.21 – Технические характеристики фиксирующей шайбы

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877, ГОСТ 1759.1, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)

Окончание таблицы Д.21

<p>Нормативные и эксплуатационные несущие способности (<math>S_{norm}</math>; <math>S_{exp}</math>)</p>	<p>Несущая способность фиксирующей шайбы – предельные величины внешних нагрузок, соответствующие достижению первого и второго предельных состояний.</p> <p>Для монтажной гайки должна быть определена несущая способность на вырыв. Определение несущей способности на сдвиг и на сжатие – рекомендуется, но не обязательно. Определение величин несущей способности следует осуществлять в соответствии с порядком, изложенным в настоящем стандарте организации</p>
---	---

### Д.8.2 Порядок определения несущей способности фиксирующей шайбы

Д.8.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для фиксирующей шайбы направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.11;

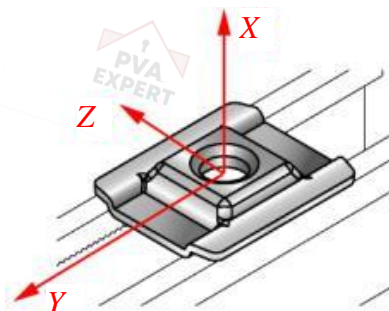


Рисунок Д.11 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  фиксирующей шайбы

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю в

техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 либо другим НД на металлоизделие.

Д.8.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные значения нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.8.2.1. Для фиксирующей шайбы следует применять экспериментальный метод (натурные испытания образцов).

Д.8.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

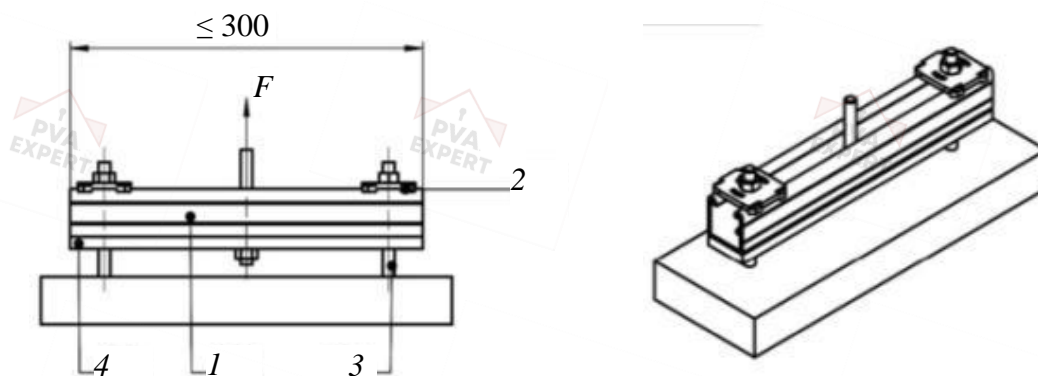
- проводят пробное нагружение;

г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяются монтажные профили с одинаковыми формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытываемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями

большой толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания фиксирующей шайбы на изгиб, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.12;



1 – профиль; 2 – фиксирующая шайба; 3 – шпилька; 4 – распределитель нагрузки

Рисунок Д.12 – Схема проведения испытаний фиксирующей шайбы на изгиб

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для фиксирующей шайбы приведены в таблице Д.22. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж.

Т а б л и ц а Д.22 – Предельные усилия, определяемые для фиксирующей шайбы методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (изгиб)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
$\pm Z$ (сдвиг)	$\pm F_{z,t}$	$\delta_{\pm F_{z,t}}$	Опционально
$\pm Y$ (сдвиг)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Опционально

При проведении испытаний на изгиб от силы, приложенной вдоль оси X, на испытательных образцах фиксирующие шайбы устанавливают на краю профиля.

Также может быть оценена несущая способность при любом другом расположении фиксирующей шайбы от края профиля. Для каждого варианта расположения фиксирующей шайбы требуется проведение серии испытаний, как описано ниже. Испытания проводят в соответствии со схемой, представленной на рисунке Д.12:

- закрепление профиля на испытательном стенде не должно влиять на результаты испытания;

- длина профиля не должна превышать 300 мм;

- нагрузку следует прикладывать в нижней стороне профиля с помощью пластины, распределяющей нагрузку. Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определить, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей. Величину полученной разрушающей нагрузки делят на 2 (поскольку в испытываемой конструкции две фиксирующие шайбы);

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.8.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.8.2.1–Д.8.2.3, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Определенные значения величин несущей способности и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.8.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) фиксирующей шайбы приведена на рисунке Е.6 приложения Е.

## **Д.9 Монтажная гайка/монтажный болт (соединитель)**

Д.9.1 В таблице Д.23 приведены технические характеристики монтажной гайки/монтажного болта (соединителя) (далее – соединитель, за исключением случаев, когда требование относится именно к монтажной гайке или монтажному болту):

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

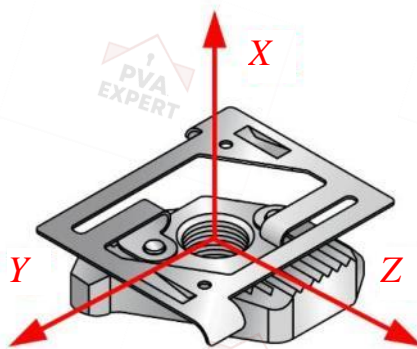
Т а б л и ц а Д.23 – Технические характеристики соединителя

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877, ГОСТ 1759.1, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 10446, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металлоизделие, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем – предельные величины внешних нагрузок, соответствующие достижению предельных состояний первой и второй групп. Для соединителя должна быть определена несущая способность на вырыв, на сдвиг и на сжатие. Определение величин несущей способности следует осуществлять в соответствии с порядком, изложенным в настоящем стандарте организации

### Д.9.2 Порядок определения несущей способности соединителя

Д.9.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентация локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для соединителя направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.13;

Рисунок Д.13 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  соединителя

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действия силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 10446, ГОСТ ISO 3269 либо другим НД на металлоизделие.

Д.9.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.9.2.1. Для монтажной гайки следует применять экспериментальный метод (натурные испытания образцов).

Д.9.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натуральных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам должны прилагаться документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее 5 шт. для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

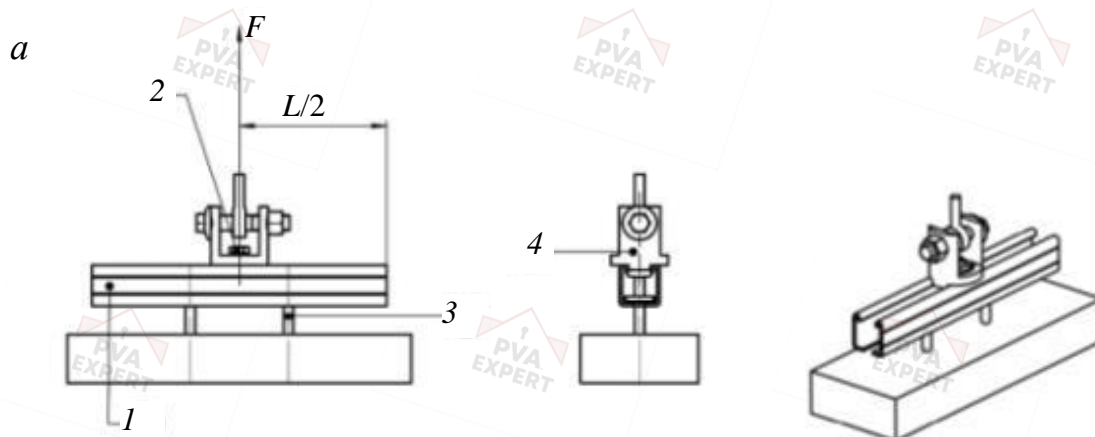
- проводят сборку испытательной установки,
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,
- наносят разметку,
- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

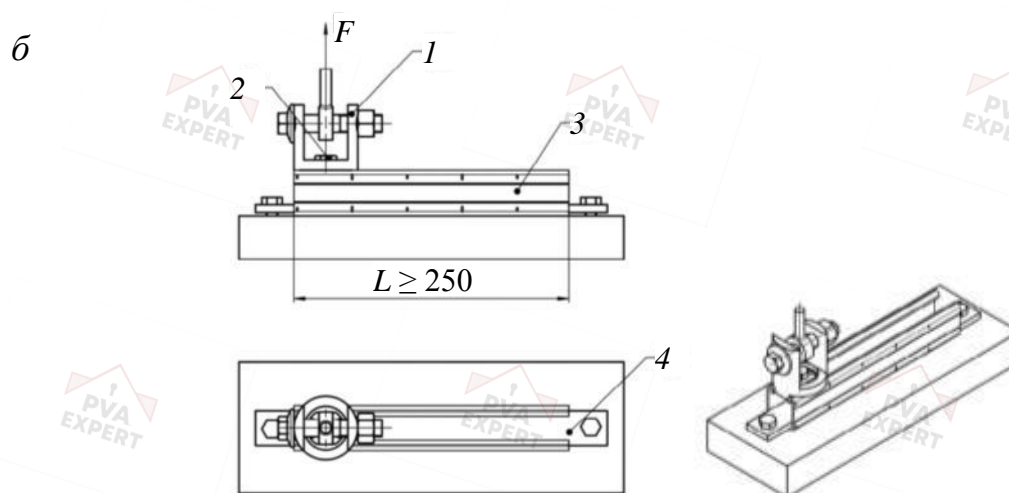
г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяют монтажные профили с одинаковыми формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытываемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями большей толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания монтажной гайки на вырыв из профиля, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.14;

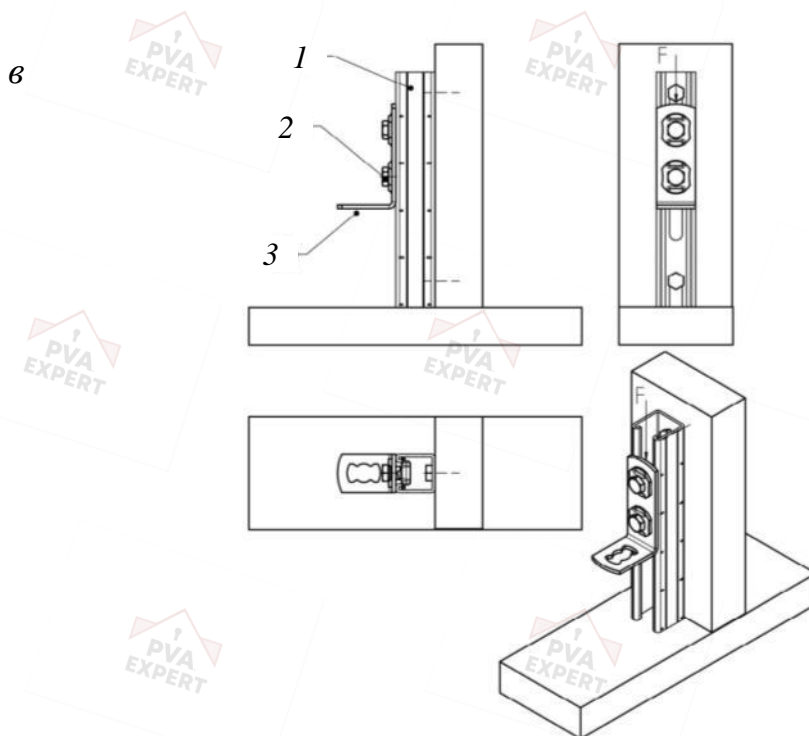


1 – профиль; 2 – соединитель; 3 – шпилька; 4 – переходный соединительный элемент



1 – переходный соединительный элемент; 2 – соединитель; 3 – профиль; 4 – фиксирующее устройство

Рисунок Д.14 – Схемы проведения испытаний соединителя, лист 1



1 – профиль; 2 – соединитель;  
3 – уголкового соединительный элемент

*a* – схема проведения испытаний на вырыв из середины профиля;  
*б* – схема проведения испытаний на вырыв из края профиля;  
*в* – схема проведения испытаний на сдвиг вдоль профиля

Рисунок Д.14 – Схемы проведения испытаний соединителя, лист 2

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевая нагрузка определяется программой испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для опорного элемента приведены в таблице Д.24. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж.

Таблица Д.24 – Предельные усилия, определяемые для соединителя методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (вырыв)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно

Окончание таблицы Д.24

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Обязательно
$\pm Z$ (сдвиг)	$\pm F_{z,t}$	$\delta_{\pm F_{z,t}}$	Опционально
$\pm Y$ (сдвиг)	$\pm F_{y,t}$	$\delta_{\pm F_{y,t}}$	Обязательно

В испытаниях на вырыв вдоль оси  $X$  допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы. Испытания следует проводить в две серии:

- 1-я серия испытаний – на образцах с монтажной гайкой, установленной в середине профиля по схеме на рисунке Д.14, *а*;
- 2-я серия испытаний – на образцах с монтажной гайкой, установленной в краю профиля по схеме на рисунке Д.14, *б*.

Допускается проводить только одну серию испытаний на вырыв с установкой монтажной гайки в краю профиля по схеме, приведенной на рисунке Д.14, *б*. При одной серии испытаний результаты испытаний на вырыв из края профиля принимают и для случая, при котором монтажная гайка установлена в середине профиля.

Также допускается проводить серии испытаний с установкой монтажной гайки в промежуточном положении между центром и краем профиля, чтобы оценить несущую способность на вырыв монтажной гайки из профиля на определенном расстоянии от края профиля. Для каждого варианта расположения монтажной гайки требуется проведение серии испытаний, как описано ниже.

При испытании монтажной гайки, установленной в краю профиля (а также на другом расстоянии от края профиля) в соответствии со схемой на рисунке Д.14, *б*, необходимо учитывать следующие положения:

- закрепление профиля на испытательном стенде не должно влиять на результаты испытания. Средства закрепления профиля на испытательном стенде должны выдерживать изгиб и не должны соприкасаться со стенками профиля и с монтажной гайкой. Должно быть исключено влияние средств закрепления профиля на монтажную гайку;

- длина профиля должна быть не менее 250 мм.

При испытании монтажной гайки, установленной в середине профиля по схеме на рисунке Д.14, *а*, необходимо учитывать следующие положения:

- монтажную гайку устанавливают в середине профиля в соответствии с инструкциями производителя по монтажу;

- длина профиля между креплениями должна составлять 100 мм;

- профиль фиксируют на испытательном стенде резьбовыми шпильками, кото-

рые проходят через отверстия, предусмотренные в нижней полке профиля, и гайкой, крепящей профиль к шпильке;

- сборка конструкции, используемой в качестве образца испытаний для определения предельной величины осевой силы, должна осуществляться в соответствии с инструкциями производителя по монтажу;

При необходимости используется переходной соединяющий элемент для передачи нагрузки на соединитель. Конструкция переходного соединяющего элемента должна имитировать реальную работу конструкции.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определить, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и другие конструктивные элементы и детали.

В испытаниях на сжатие вдоль оси  $X$  допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы;

В испытаниях на сдвиг вдоль профиля поперечной силой, приложенной по оси  $Y$ , допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки с наименьшим усилием затяжки и наибольшим диаметром (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек того же или меньшего диаметра резьбы, крепление которых осуществляется с таким же или большим усилием затяжки.

Цель данной серии испытаний – определение сопротивления сдвигу соединителя, установленного в профиле. Испытания проводят в соответствии со схемой, представленной на рисунке Д.14, в. Заднюю стенку профиля фиксируют на испытательном стенде. Испытуемая конструкция должна быть закреплена от опрокидывания. Испытуемая конструкция, состоящая из соединителя, профиля и углового соединяющего элемента, должна быть собрана в соответствии с инструкциями по монтажу производителя.

В зависимости от типа углового соединительного элемента для его соединения с профилем допускается использовать более одного соединителя. Должен быть испытан вариант конструкции, в которой используется один соединитель. Нагрузка во время испытаний должна быть приложена по центру полки углового соединительного элемента, как можно ближе к профилю, как показано на рисунке Д.14, в.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определить, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до

разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковую конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и другие конструктивные элементы и детали.

В техническом паспорте на соединитель должен быть указан тип профиля, на котором были произведены испытания, а также тип защитного покрытия этого профиля и толщина защитного покрытия.

В испытаниях на сдвиг поперек профиля поперечной силой, приложенной по оси Z, допускается проводить испытания на образцах монтажной гайки с наименьшим диаметром резьбы (как наихудшие), приняв полученные результаты и для оценки несущей способности монтажных гаек с большим диаметром резьбы;

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.9.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.9.2.1–Д.9.2.3, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Определенные значения величин несущей способности, соответствующих им величин деформаций и величины крутящего момента затяжки резьбового соединения, на который были затянуты испытанные образцы, приводят в данном отчете.

Д.9.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) соединителя приведена на рисунке Е.7 приложения Е.

## Д.10 Профиль монтажной системы

Д.10.1 В таблице Д.25 приведены технические характеристики профиля монтажной системы (далее – профиль):

- геометрическая форма и размеры;
- геометрические характеристики поперечного сечения профиля;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.25 – Технические характеристики профиля

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
--------------------------------	---

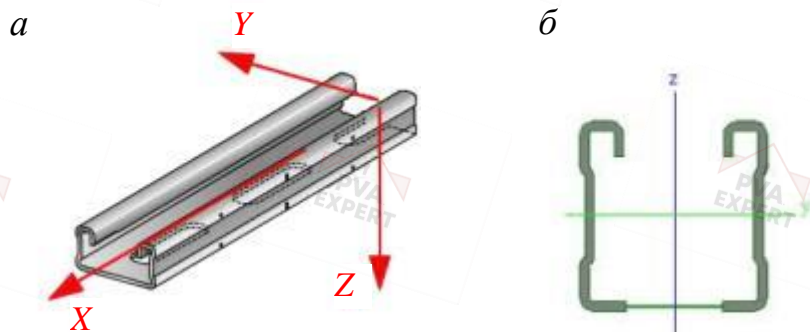
Окончание таблицы Д.25

Геометрические характеристики поперечного сечения профиля	Определяются геометрические характеристики поперечного сечения профиля/консоли (кронштейна) в соответствии с перечислением б) Д.9.1 и фиксируются в техническом паспорте на профиль.
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Определяют экспериментальным методом (методом испытания натуральных образцов) в соответствии с порядком, описанным в Д.10.2

### Д.10.2 Порядок определения геометрических характеристик профиля и механических характеристик материала профиля

Д.10.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного профиля в конструкции. На основании этого необходимо определить:

а) направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для профиля направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.15: ось  $X$  – вдоль профиля, оси  $Y$  и  $Z$  – в плоскости поперечного сечения профиля:



$a$  – общий вид профиля;  $b$  – поперечное сечение профиля

Рисунок Д.15 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  профиля

б) геометрические характеристики поперечного сечения профиля относительно локальных осей  $Y$  и  $Z$  (см. рисунок Д.15, б), которые указывают в техническом паспорте на профиль:

- тип сечения в соответствии с СП 16.13330,
- площадь поперечного сечения,
- площади среза поперечного сечения,
- расположение центра тяжести сечения,
- расположение центра сдвига сечения,
- расположение центра изгиба сечения,
- статические моменты инерции поперечного полусечения относительно локальных осей,
- моменты инерции поперечного сечения относительно локальных осей,
- моменты сопротивления поперечного сечения относительно локальных осей,
- момент инерции чистого кручения поперечного сечения,
- секториальный момент инерции сечения,
- секториальный момент сопротивления сечения,
- секториальная координата сечения,
- радиусы инерции поперечного сечения относительно локальных осей;

в) механические характеристики металла профиля – в соответствии с НД на стальной прокат, из которого произведен профиль модульной системы. Методы испытаний и правила приемки стального проката определяют в соответствии с ГОСТ 1497, ГОСТ 11701 или другим НД на стальной прокат. В соответствии с установленной процедурой должны быть оформлен протокол испытаний и выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия). Механические свойства стали профиля должны соответствовать требованиям СП 16.13330 или СП 260.1325800;

г) необходимость применения в соответствии с ГОСТ 9.301 или другим действующим НД покрытий, защищающих профиль от коррозии. Тип покрытия и НД, в соответствии с которым оно выполнено, указывают в техническом паспорте на профиль монтажной системы.

Д.10.2.2 Определение несущей способности на вырыв из нижнего отверстия профиля определяется экспериментальным методом (методом натуральных испытанных образцов) в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

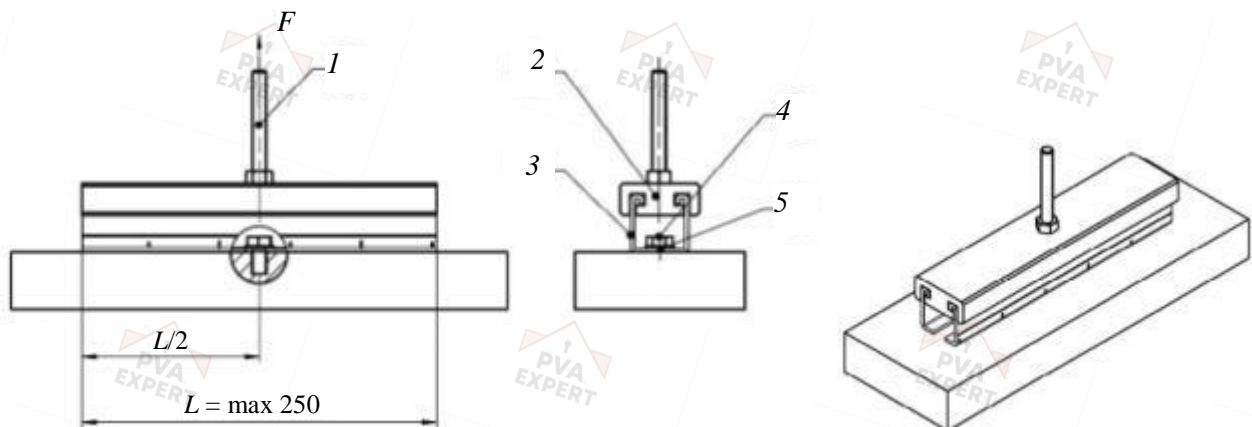
в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытуемого конструктивного элемента,
- наносят разметку,
- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,
- проводят пробное нагружение;

г) допускается сокращать количество серий испытаний в тех случаях, когда в монтажной системе применяют монтажные профили с одинаковой формой поперечного сечения, габаритами поперечного сечения и перфорацией, но различающиеся по толщине стенки. В этом случае в конструкции испытуемых образцов допускается применять монтажные профили меньшей толщины, а результаты испытаний этих образцов допускается использовать в качестве результатов для аналогичных узлов с монтажными профилями большей толщины.

Использовать результаты испытаний образцов с монтажными профилями большей толщины для аналогичных узлов с монтажными профилями меньшей толщины не допускается;

д) испытания профиля на вырыв из нижнего отверстия, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.16;



1 – шпилька; 2 – опорная часть; 3 – профиль монтажной системы; 4 – болт с шестигранной головкой; 5 – плоская шайба

Рисунок Д.16 – Схема проведения испытаний профиля на вырыв из нижнего отверстия

е) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для опорного элемента приведены в таблице Д.26. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж.

Таблица Д.26 – Предельные усилия, определяемых для соединителя методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+Z (вырыв)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Обязательно

При проведении испытаний на вырыв из нижнего отверстия (вдоль оси Z) испытуемый образец профиля должен иметь максимальную длину 250 мм и крепиться к несущему материалу с помощью болта с шестигранной головкой по ГОСТ Р ИСО 4014 с шайбой по ГОСТ ISO 7092 либо по другому действующему НД. Профиль крепится болтом на испытательном стенде через отверстие, расположенное в нижней полке профиля в середине его длины. Если отверстие овальное, то болт должен быть расположен в центре отверстия. Комбинации болтов и шайб, приведенные в таблице Д.27, рекомендуются к применению в образцах для испытаний профилей на вырыв. С профилем в монтажной системе также допускается применять любые другие сочетания болтов и шайб, не указанных в таблице Д.27, в том случае, если выполнены испытания профиля на вырыв с применяемыми крепежными изделиями.

Таблица Д.27 – Рекомендованные комбинации болтов и шайб для проведения испытаний на вырыв из нижнего отверстия профиля

№ комбинации	Болт с шестигранной головкой	Плоская шайба
1	Болт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4014 – М8×50-8.8	Шайба 8-200 3V ГОСТ ISO 7092
2	Болт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4014 – М10×50-8.8	Шайба 10-200 3V ГОСТ ISO 7092
3	Болт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 4014 – М12×50-8.8	Шайба 12-200 3V ГОСТ ISO 7092

Нагрузка при испытаниях должна быть приложена по центру профиля с помощью металлической опорной части той же длины, что и профиль, и вставленной в профиль, как показано на схеме на рисунке Д.16.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определять, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковые конструкцию, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей;

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.10.3 На основании действий, проведенных в соответствии с перечислениями а)–ж) Д.10.2.2, формируют отчет об определении несущей способности на вырыв из нижнего отверстия профиля модульной системы. В отчете приводят значения величины осевой силы, определенные в соответствии с Д.10.2.2, и соответствующей ей величины деформации.

Д.10.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) профиля приведена на рисунке Е.8 приложения Е.

### Д.11 Шестигранная гайка

Д.11.1 В таблице Д.28 приведены технические характеристики шестигранной гайки:

- размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные несущие способности ( $S_{norm}$ ).

Т а б л и ц а Д.28 – Технические характеристики шестигранной гайки

Размеры	Размеры гаек должны соответствовать ГОСТ 5915, ГОСТ ISO 4032 или другому НД на крепежное изделие. Контроль размеров изделия осуществляется в соответствии с НД на крепежное изделие
Механические характеристики материала изделия	Механические характеристики крепежного изделия определяют в соответствии с ГОСТ ISO 898-2 или другим НД на крепежное изделие
Нормативные несущие способности ( $S_{norm}$ )	Несущая способность крепежного изделия определяется в соответствии с ГОСТ ISO 898-2 или другим НД на крепежное изделие

**Д.11.2 Порядок определения несущей способности шестигранной гайки**

Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для гайки направление локальных осей рекомендуется принимать, как показано на рисунке Д.10.1;

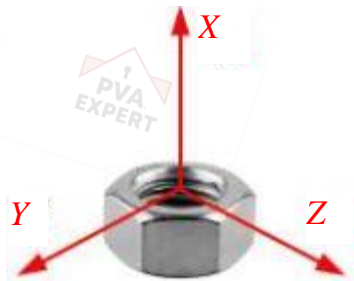


Рисунок Д.17 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  гайки

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ ISO 898-2 или другим НД на крепежное изделие.

Д.11.3 На основании действий, проведенных в соответствии с перечислениями а)–в) Д.11.2, формируют отчет об определении несущей способности гайки. Определенные значения величин несущей способности и соответствующих им величин деформаций приводят в отчете в табличном виде.

Д.11.4 Производителем крепежного изделия (гайки) предоставляется документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация о соответствии) в соответствии с НД на крепежное изделие. Технический паспорт на шестигранную гайку не требуется.

**Д.12 Хомут с предварительным натяжением для неподвижной опоры трубопровода**

Д.12.1 В таблице Д.29 приведены технические характеристики хомута с предварительным натяжением для неподвижной опоры трубопровода (далее – хомут):

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- эксплуатационная несущая способность ( $S_{exp}$ );
- нормативная несущая способность ( $S_{norm}$ ).

Т а б л и ц а Д.29 – Технические характеристики хомута

Геометрическая форма и размеры	<p>Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности.</p> <p>Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам.</p> <p>Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877</p>
Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия).</p>
Эксплуатационная несущая способность ( $S_{exp}$ )	<p>Для хомута с предварительным натяжением должно быть определено сопротивление сдвигу трубы относительно хомута путем проведения испытаний образцов в соответствии с перечислением д) Д.11.3.</p> <p>Величина сопротивления сдвигу обусловлена трением и определяется превышением действующей нагрузки по сравнению с силой трения, удерживающей трубу в хомуте</p>
Нормативная несущая способность ( $S_{norm}$ )	<p>Для хомута может быть определено сопротивление растяжению путем проведения испытаний образцов в соответствии с перечислением г) Д.2.2.3 либо сопротивление может быть принято равным предварительному натяжению хомута.</p> <p>Обязательным условием является определение предельной величины усилия сдвига вдоль оси трубопровода.</p> <p>Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

### Д.12.2 Порядок определения несущей способности хомута

Д.12.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктив-

ного элемента. Для хомута направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.18;

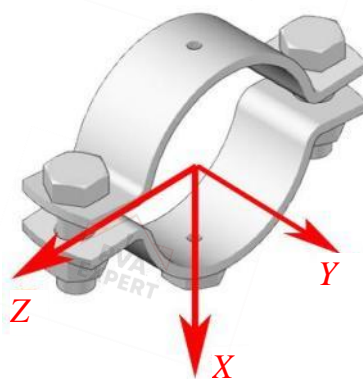


Рисунок Д.18 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  хомута

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы, например,  $+F_x$  и  $-F_x$  обозначают направление действия силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех усилий, предельные значения которых решено не определять, принимается, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равной нулю либо не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.12.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины усилий, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.12.2.1. Для хомутов следует применять экспериментальный метод (натурные испытания образцов).

Д.12.2.3 Определение предельных величин усилий, приложенных вдоль основных направлений, экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

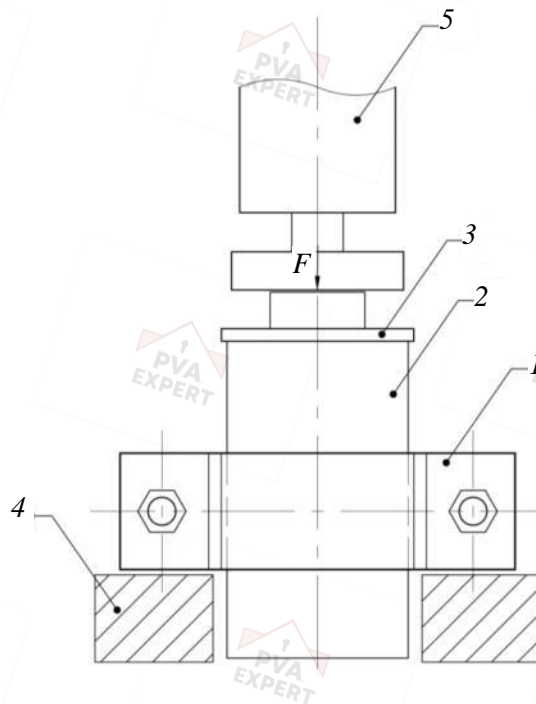
- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания хомутов на растяжение, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.2.

Допускается использовать результат испытания на растяжение образцов с одним хомутом при определении несущей способности на растяжение монтажной системы с несколькими хомутами, умножая несущую способность одиночного хомута на количество хомутов, применяемых в оцениваемой монтажной системе. При этом предельно допустимая нагрузка на монтажную систему не должна превышать несущую способность других конструктивных элементов монтажной системы;

д) испытания хомутов на сдвиг вдоль оси трубопровода, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.19;



1 – хомут; 2 – болванка (имитация трубы); 3 – заглушка для передачи усилия;  
4 – базовый материал; 5 – пресс

Рисунок Д.19 – Схема проведения испытаний трубного хомута на сдвиг вдоль оси трубопровода

е) при проведении испытаний в протоколе испытаний фиксируют:

- диаметр испытуемого хомута,
- количество хомутов в образце испытаний (образец испытаний может иметь более одного хомута),
- другие конструктивные элементы монтажной системы, применявшиеся в испытуемом образце,
- величина предварительного натяжения хомута,
- диаметр трубопровода, использованного в образце при испытаниях,
- тип трубопровода (материал труб, тип защитного покрытия);

ж) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевая нагрузка определяется программой испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для хомута приведены в таблице Д.30. Методика оценки результатов испытаний приведена в Ж.5 приложения Ж.

Таблица Д.30 – Предельные усилия, определяемые для хомута методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
Z (растяжение)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Опционально
Y (сдвиг вдоль оси трубопровода)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Обязательно

Для определения несущей способности хомутов с предварительным натяжением одного типа конструкции, применяемых в неподвижных системах крепления трубопроводов, необходимо провести серии испытаний характерных типоразмеров: наименьший, наибольший и средний. Несущую способность неиспытанных хомутов допускается определять в соответствии с рекомендациями Ж.5 приложения Ж. При этом испытания следует проводить на трубах с одним типом защитного покрытия, что должно обеспечить релевантную величину сил трения и достоверную величину эксплуатационной несущей способности.

Болванка (имитация трубы) должна соответствовать максимальному диаметру из диапазона зажима испытываемого образца. Ширина болванки должна быть больше ширины хомута трубы не менее чем на 10 мм. Хомут с болванкой должен быть установлен на испытательную машину для проведения испытаний в соответствии со схемами, представленными на рисунках Д.2 и Д.19. Испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до достижения недопустимой (или предельной) величины деформации, либо до достижения целевой нагрузки на образец, не превышающей разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определять, исходя из деформации образца 10 мм/мин. Испытания рекомендуется проводить до разрушения образца. В каждой серии испытаний должно быть испытано не менее пяти образцов. Все образцы в серии испытаний должны иметь одинаковые конструкции, размеры, тип профиля, гайки и других конструктивных элементов и деталей.

Образцы испытаний должны быть собраны в соответствии с руководством производителя по монтажу.

Образец должен подвергаться воздействию нагрузки с непрерывным контролем величины нагрузки и перемещения. Шаг нагружения рекомендуется определять, исходя из деформации образца 10 мм/мин.

Значение предельно допустимой величины усилия, исходя из условия эксплу-

атационной пригодности, определяется как минимальное значение из величин нагрузок, полученных при испытаниях, соответствующих предельному значению деформации.

Диаграммы зависимости деформации от нагрузки, свойства материала (предел текучести, временное сопротивление), размеры и геометрия элементов, используемых для испытаний, должны быть зафиксированы в протоколе испытаний. К материалам и изделиям, применяемым при производстве испытываемых образцов трубных хомутов, следует прилагать документы оценки соответствия производителя. Механические и другие свойства материалов и изделий должны соответствовать заявленным производителем в соответствии с действующими НД;

и) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.12.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.12.2.1–Д.12.2.3, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Определенные значения величин несущей способности и соответствующих им величин деформаций приводят в отчете.

Д.12.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) хомута приведена на рисунке Е.9 приложения Е.

### Д.13 Опорный фиксатор оттяжки неподвижной опоры трубопровода

Д.13.1 В таблице Д.31 приведены технические характеристики опорного фиксатора оттяжки неподвижной опоры трубопровода:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.31 – Технические характеристики опорного фиксатора оттяжки

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
--------------------------------	---

Окончание таблицы Д.31

Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	<p>Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению первого и второго предельных состояний, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для опорного фиксатора оттяжки, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для опорного фиксатора оттяжки должна быть определена предельная величина растягивающей силы. Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

### Д.13.2 Порядок определения несущей способности опорного фиксатора оттяжки

Д.13.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для опорного элемента направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.20: ось  $X$  – вдоль прикрепленной оттяжки,  $Z$  – поперек прикрепленной оттяжки в плоскости опорного фиксатора,  $Y$  – поперек прикрепленной оттяжки из плоскости опорного фиксатора;

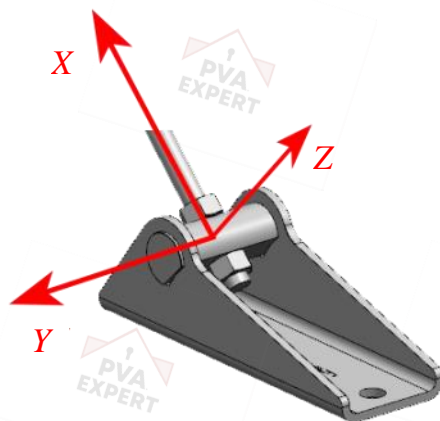


Рисунок Д.20 – Расположение локальных осей X, Y, Z опорного фиксатора оттяжки

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей X, Y и Z соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси X, «-» – в противоположную сторону от направления оси X;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $+F_y$ ,  $-F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен программой испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.13.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.13.2.1. Для опорного фиксатора оттяжки следует определить предельную величину растягивающего усилия  $+F_x$  из указанных в перечислении в) Д.13.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для опорного фиксатора оттяжки следует использовать метод натуральных испытаний образцов для определения несущей способности на растяжение вдоль оси  $X$ . Остальные виды несущей способности могут быть определены, при необходимости, любым из методов, указанных в перечислении а) настоящего подпункта;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.13.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натуральных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

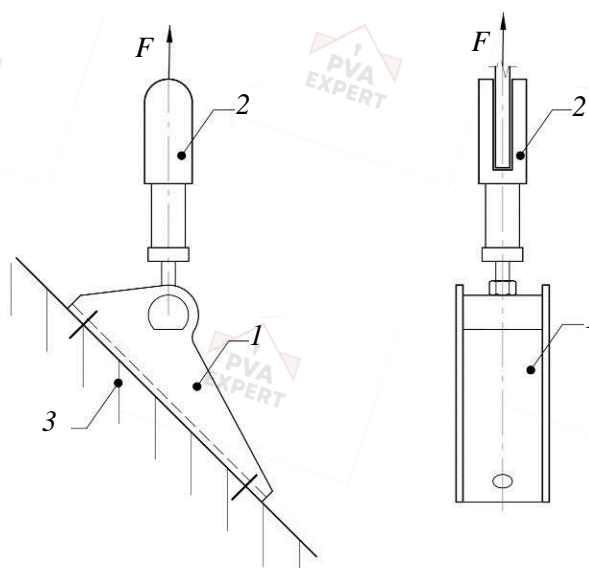
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания опорного фиксатора оттяжки, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.21;



1 – опорный элемент (коннектор); 2 – датчик силы; 3 – базовый материал

Рисунок Д.21 – Схема проведения испытаний опорного фиксатора оттяжки

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для опорного фиксатора оттяжки приведены в таблице Д.32. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Т а б л и ц а Д.32 – Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора оттяжки

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.13.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.33.

Т а б л и ц а Д.33 – Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора оттяжки методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,a}$	$\delta_{F_{z,a}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально

Д.13.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
- приложение нагрузок на элемент относительно локальных осей X, Y, Z.

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.34.

Таблица Д.34 –Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора оттяжки методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,fem}$	$\delta_{F_{z,fem}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально

Д.13.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.13.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.13.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю, и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси X:

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,t}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,a}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси X:

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,t}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,a}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,fem}};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси Y:

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$F_z = \min(F_{z,t}, F_{z,a}, F_{z,fem})$ ;

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

если  $F_z = F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,fem}}$ .

Д.13.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.13.2.1–Д.13.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.13.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.13.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) опорного фиксатора оттяжки приведена на рисунке Е.10 приложения Е.

#### Д.14 Фиксатор оттяжки неподвижной опоры

Д.14.1 В таблице Д.35 приведены технические характеристики фиксатора оттяжки неподвижной опоры:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.35 – Технические характеристики фиксатора оттяжки неподвижной опоры

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
--------------------------------	---

Окончание таблицы Д.35

Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	<p>Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению первого и второго предельных состояний, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для фиксатора оттяжки неподвижной опоры, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для фиксатора оттяжки неподвижной опоры должна быть определена предельная величина растягивающей силы.</p> <p>Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

#### Д.14.2 Порядок определения несущей способности фиксатора оттяжки неподвижной опоры

Д.14.2.1 Должны быть проанализированы исходные данные и реальная работа конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для фиксатора оттяжки неподвижной опоры направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.22: ось  $X$  – вдоль прикрепленной оттяжки,  $Z$  – поперек прикрепленной оттяжки в плоскости элемента,  $Y$  – поперек прикрепленной оттяжки из плоскости элемента;

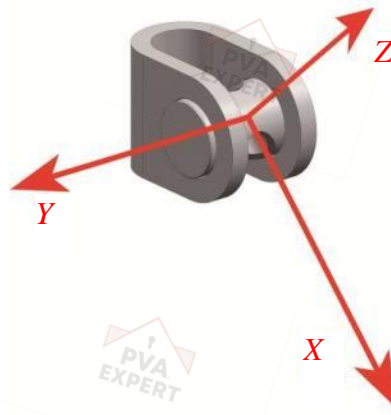


Рисунок Д.22 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  фиксатора оттяжки неподвижной опоры

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действия силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимая величина нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывается равной нулю, или не указывается в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен программой испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

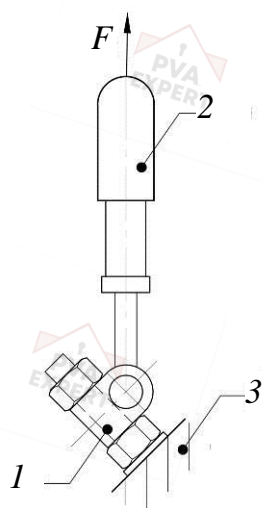
Д.14.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.14.2.1. Для фиксатора оттяжки неподвижной опоры следует определить предельную величину растягивающего усилия  $+F_x$  из указанных в перечислении в) Д.14.2.1.

- а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:
- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),

- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;
- б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для фиксатора оттяжки неподвижной опоры следует использовать метод натуральных испытаний образцов для определения несущей способности на растяжение вдоль оси  $X$ . Остальные виды несущей способности могут быть определены при необходимости любым из методов, перечисленных в перечислении а) Д.14.2.2;
- в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.14.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натуральных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

- а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;
- б) проводят отбор образцов:
  - отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,
  - количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,
  - количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;
- в) проводят подготовку к испытаниям:
  - проводят сборку испытательной установки,
  - образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,
  - наносят разметку,
  - устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,
  - проводят пробное нагружение;
- г) испытания фиксатора оттяжки неподвижной опоры, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.23;



1 – фиксатор оттяжки неподвижной опоры; 2 – датчик силы; 3 – базовый материал

Рисунок Д.23 – Схема проведения испытаний фиксатора оттяжки неподвижной опоры

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для фиксатора оттяжки неподвижной опоры приведены в таблице Д.36. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Т а б л и ц а Д.36 – Предельные усилия, определяемые для фиксатора оттяжки неподвижной опоры

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.14.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.37.

Т а б л и ц а Д.37 – Предельные усилия, определяемые для фиксатора оттяжки неподвижной опоры методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,a}$	$\delta_{F_{z,a}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально

Д.14.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,

- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,

- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,

- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,

- приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей X, Y, Z.

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.38.

Т а б л и ц а Д.38 – Предельные усилия, определяемые для фиксатора оттяжки неподвижной опоры методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,fem}$	$\delta_{F_{z,fem}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально

Д.14.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.14.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.14.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси X:

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,t}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,a}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси X:

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,t}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,a}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,fem}};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси Y:

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$F_z = \min(F_{z,t}, F_{z,a}, F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

если  $F_z = F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,fem}}$ .

Д.14.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.14.2.1–Д.14.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.14.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.14.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) фиксатора оттяжки неподвижной опоры приведена на рисунке Е.11 приложения Е.

### Д.15 Опорный фиксатор неподвижной опоры

Д.15.1 В таблице Д.39 приведены технические характеристики опорного фиксатора неподвижной опоры:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.39 – Технические характеристики опорного фиксатора неподвижной опоры

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
--------------------------------	---

Окончание таблицы Д.39

Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	<p>Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению первого и второго предельных состояний, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для опорного фиксатора неподвижной опоры, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для опорного фиксатора неподвижной опоры должны быть определены предельные величины растягивающей, сжимающей и поперечной сил, а также изгибающих моментов.</p> <p>Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

### Д.15.2 Порядок определения несущей способности опорного фиксатора неподвижной опоры

Д.15.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для опорного фиксатора неподвижной опоры направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.24: ось  $X$  – вдоль прикрепленной стойки (шпильки),  $Z$  – поперек прикрепленной стойки,  $Y$  – поперек прикрепленной стойки;



Рисунок Д.24 – Расположение локальных осей опорного фиксатора неподвижной опоры

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю, или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.15.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.15.2.1. Для опорного фиксатора неподвижной опоры следует определить предельные величины растягивающего усилия  $+F_x$ , сжимающего усилия  $-F_x$ , поперечных сил  $F_y$  и  $F_z$ , изгибающих моментов  $M_y$  и  $M_z$ , из указанных в перечислении в) Д.15.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для опорного фиксатора неподвижной опоры следует использовать метод натурных испытаний образцов для определения несущей способности на растяжение и сжатие вдоль оси  $X$  и для определения предельных поперечных усилий, приложенных по оси  $Z$  и по оси  $Y$  соответственно. Остальные виды несущей способности допускается определять, при необходимости, любым из методов, указанных в перечислении а) настоящего подпункта;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.15.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ 31814;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

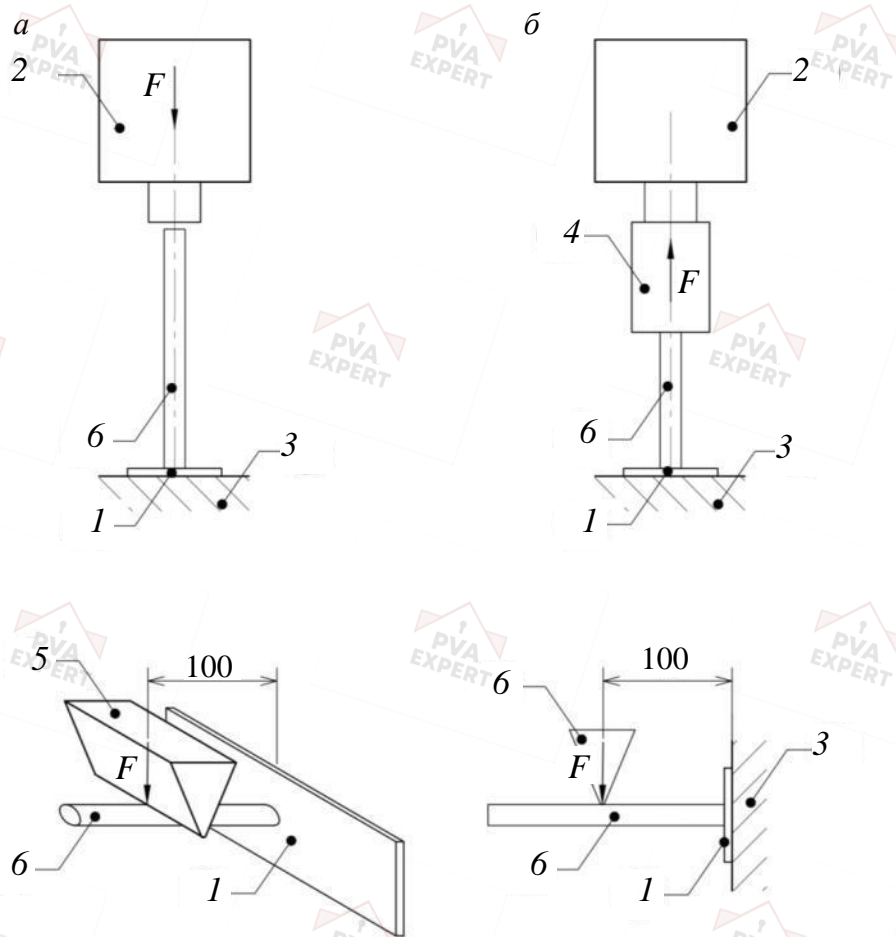
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания опорного фиксатора неподвижной опоры, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.25;



*a* – схема испытаний на сжатие вдоль оси  $X$ ; *б* – схема испытаний на растяжение вдоль оси  $X$ ; *в* – схема испытаний на поперечную силу вдоль оси  $Z$   
 1 – опорный фиксатор неподвижной опоры; 2 – датчик силы; 3 – базовый материал;  
 4 – резьбовой фиксатор; 5 – распределитель нагрузки; 6 – опорная стойка

Рисунок Д.25 – Схемы проведения испытаний опорного фиксатора неподвижной опоры, лист 2

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для опорного фиксатора неподвижной опоры приведены в таблице Д.40. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Таблица Д.40 – Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора неподвижной опоры

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Обязательно
Z (поперечная сила)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Обязательно
Y (поперечная сила)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Обязательно
Относит. X (кручение)	$M_{x,t}$	$\delta_{M_{x,t}}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,t}$	$\delta_{M_{z,t}}$	Обязательно*
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,t}$	$\delta_{M_{y,t}}$	Обязательно**

\* Изгибающий момент относительно оси Z определяют, как производную величину при проведении испытаний на действие поперечной силы  $F_y$ .

\*\* Изгибающий момент относительно оси Y определяют как производную величину при проведении испытаний на действие поперечной силы  $F_z$ .

ж) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.15.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.41.

Таблица Д.41 – Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора неподвижной опоры методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально

Окончание таблицы Д.41

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
Z (поперечная сила)	$F_{z,a}$	$\delta_{Fz,a}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,a}$	$\delta_{Fy,a}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,a}$	$\delta_{Mx,a}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,a}$	$\delta_{Mz,a}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,a}$	$\delta_{My,a}$	Опционально

Д.15.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
- приложение нагрузок на элемент относительно локальных осей X, Y, Z;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.42.

Т а б л и ц а Д.42 – Предельные усилия, определяемые для опорного фиксатора неподвижной опоры методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+Fx,fem}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-Fx,fem}$	Опционально
+Z (поперечная сила)	$F_{z,fem}$	$\delta_{Fz,fem}$	Опционально
+Y (поперечная сила)	$F_{y,fem}$	$\delta_{Fy,fem}$	Опционально
Относит. X (кручение)	$M_{x,fem}$	$\delta_{Mx,fem}$	Опционально
Относит. Z (изгиб)	$M_{z,fem}$	$\delta_{Mz,fem}$	Опционально
Относит. Y (изгиб)	$M_{y,fem}$	$\delta_{My,fem}$	Опционально

Д.15.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.15.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.15.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки  $(+F_x, -F_x, F_y, F_z)$  принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяется для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю и принимают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси  $X$ :

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,t},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,a},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_x,fem};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси  $X$ :

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,t},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,a},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_x,fem};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Y$ :

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

$$\text{если } F_y = F_{y,t}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,t},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,a}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,a},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,fem}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_y,fem};$$

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$F_z = \min(F_{z,t}, F_{z,a}, F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

$$\text{если } F_z = F_{z,t}, \text{ то } \delta_{F_z} = \delta_{F_z,t},$$

$$\text{если } F_z = F_{z,a}, \text{ то } \delta_{F_z} = \delta_{F_z,a},$$

если  $F_z = F_{z,fem}$ , то  $\delta_{Fz} = \delta_{Fz,fem}$ .

а) Определение нормативного значения крутящего момента, приложенного относительно оси  $X$ :

$$M_x = \min(M_{x,t}, M_{x,a}, M_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{Mx}$ , соответствующей величине силы  $M_x$ :

если  $M_x = M_{x,t}$ , то  $\delta_{Mx} = \delta_{Mx,t}$ ,

если  $M_x = M_{x,a}$ , то  $\delta_{Mx} = \delta_{Mx,a}$ ,

если  $M_x = M_{x,fem}$ , то  $\delta_{Mx} = \delta_{Mx,fem}$ ;

б) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Y$ :

$$M_y = \min(M_{y,t}, M_{y,a}, M_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{My}$ , соответствующей величине силы  $M_y$ :

если  $M_y = M_{y,t}$ , то  $\delta_{My} = \delta_{My,t}$ ,

если  $M_y = M_{y,a}$ , то  $\delta_{My} = \delta_{My,a}$ ,

если  $M_y = M_{y,fem}$ , то  $\delta_{My} = \delta_{My,fem}$ ;

в) определение нормативного значения изгибающего момента, приложенного относительно оси  $Z$ :

$$M_z = \min(M_{z,t}, M_{z,a}, M_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{Mz}$ , соответствующей величине силы  $M_z$ :

если  $M_z = M_{z,t}$ , то  $\delta_{Mz} = \delta_{Mz,t}$ ,

если  $M_z = M_{z,a}$ , то  $\delta_{Mz} = \delta_{Mz,a}$ ,

если  $M_z = M_{z,fem}$ , то  $\delta_{Mz} = \delta_{Mz,fem}$ .

Д.15.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.15.2.1–Д.15.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.15.2.6, и соответствующие им величины деформаций приводятся в данном отчете.

Д.15.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) опорного фиксатора неподвижной опоры приведена на рисунке Е.14 приложения Е.

## Д.16 Переходник для крепления трубного хомута к опорной стойке

Д.16.1 В таблице Д.43 приведены технические характеристики переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.43 – Технические характеристики переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке

Геометрическая форма и размеры	<p>Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности.</p> <p>Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам.</p> <p>Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877</p>
Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	<p>Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для переходника крепления трубного хомута к опорной стойке, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке должна быть определена предельная величина растягивающей силы.</p> <p>Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

### Д.16.2 Порядок определения несущей способности переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке

Д.16.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.26: ось  $X$  – вдоль направления прикрепленной опорной стойки,  $Z$  – поперек прикрепленной стойки,  $Y$  – поперек прикрепленной стойки;

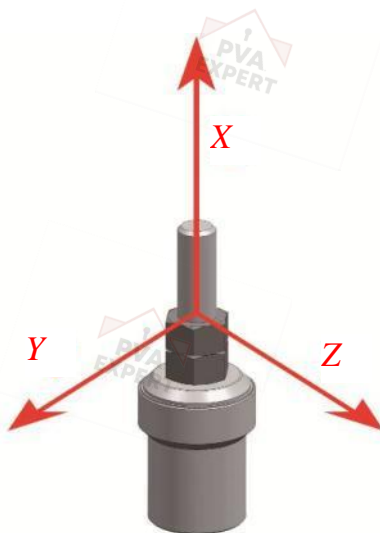


Рисунок Д.26 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправленно оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.16.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.16.2.1. Для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке: следует определить предельные величины растягивающего усилия  $+F_x$  и сжимающего усилия  $-F_x$  из указанных в перечислении в) Д.16.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для переходника крепления трубного хомута к опорной стойке следует использовать метод натурных испытаний образцов для определения несущей способности на растяжение и сжатие вдоль оси  $X$ . Остальные виды несущей способности могут быть определены, при необходимости, любым из методов, указанных в перечислении а) Д.16.2.2;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.16.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

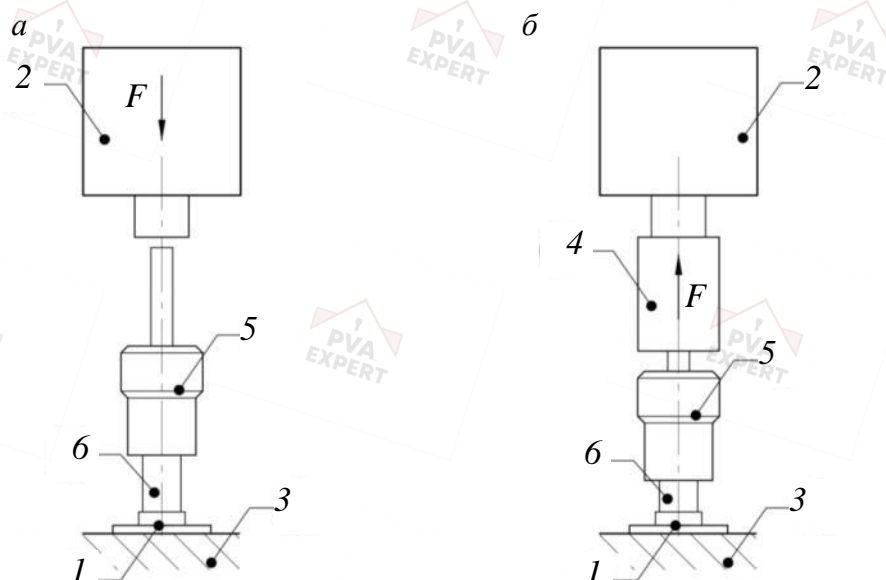
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.27;



*а* – схема испытаний на сжатие вдоль оси *X*; *б* – схема испытаний на растяжение вдоль оси *X*

1 – элемент крепления опорной стойки трубного хомута к базовому материалу; 2 – датчик силы; 3 – базовый материал; 4 – резьбовой фиксатор; 5 – переходник крепления трубного хомута к опорной стойке; 6 – опорная стойка

Рисунок Д.27 – Схемы проведения испытаний переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке приведены в таблице Д.44. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Т а б л и ц а Д.44 – Предельные усилия, определяемые для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+ <i>X</i> (растяжение)	+ $F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно

Окончание таблицы Д.44

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Обязательно
$Z$ (поперечная сила)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Опционально
$Y$ (поперечная сила)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.16.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.45.

Т а б л и ц а Д.45 – Предельные усилия, определяемые для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$+X$ (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
$Z$ (поперечная сила)	$F_{z,a}$	$\delta_{F_{z,a}}$	Опционально
$Y$ (поперечная сила)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально

Д.16.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

- а) создание расчетной модели:
- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
  - присвоение жесткостных характеристик элементам модели,

- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,
  - назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
  - приложение нагрузок на элемент относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.46.

Т а б л и ц а Д.46 – Предельные усилия, определяемые для переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$+X$ (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
$-X$ (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
$+Z$ (поперечная сила)	$F_{z,fem}$	$\delta_{F_{z,fem}}$	Опционально
$+Y$ (поперечная сила)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально

Д.16.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки могут применяться как один из методов, указанных в перечислении а) Д.16.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.16.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю и принимают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси  $X$ :

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,t}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,a}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси  $X$ :

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

если  $-F_x = -F_{x,t}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,t}}$ ,

если  $-F_x = -F_{x,a}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,a}}$ ,

если  $-F_x = -F_{x,fem}$ , то  $\delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,fem}}$ ;

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Y$ :

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$F_z = \min(F_{z,t}, F_{z,a}, F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

если  $F_z = F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,fem}}$ .

Д.16.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.16.2.1–Д.16.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.16.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.16.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) переходника для крепления трубного хомута к опорной стойке приведена на рисунке Е.13 приложения Е.

## Д.17 Опорный элемент для двух и более трубных хомутов

Д.17.1 В таблице Д.47 приведены технические характеристики опорного элемента для двух и более трубных элементов:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.47 – Технические характеристики опорного элемента для двух и более трубных хомутов

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для опорного элемента для двух и более трубных хомутов, а также в соответствии с действующими НД. Для опорного элемента для двух и более трубных хомутов должны быть определены предельные величины: отрывающей и сжимающей силы, усилие сдвига, действующее вдоль или поперек трубопровода. Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально

#### Д.17.2 Порядок определения несущей способности опорного элемента для двух и более трубных хомутов

Д.17.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для опорного элемента для двух и более трубных хомутов направ-

ление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.28: ось  $X$  – вдоль направления трубопровода,  $Z$  – перпендикулярно трубопроводу в плоскости трубопровода,  $Y$  – перпендикулярно трубопроводу из плоскости трубопровода;

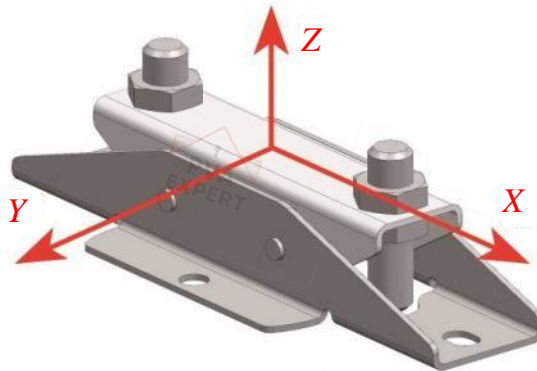


Рисунок Д.28 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  опорного элемента для двух и более трубных хомутов

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен программой испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.17.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.17.2.1. Для опорного элемента для двух и более трубных хомутов: следует определить предельные величины усилия сдвига  $F_x$ , усилие сдвига  $F_y$ , усилие отрыва  $+F_z$  и сжатия  $-F_z$  из указанных в перечислении в) Д.17.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для опорного элемента для двух и более трубных хомутов следует использовать метод натурных испытаний образцов для определения несущей способности на сдвиг по оси  $X$ , сдвиг по оси  $Y$ , отрыв и сжатие по оси  $Z$ . Остальные виды несущей способности могут быть определены, при необходимости, любым из методов, приведенных в перечислении а) настоящего подпункта;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.17.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания опорного элемента для двух и более трубных хомутов, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.29;

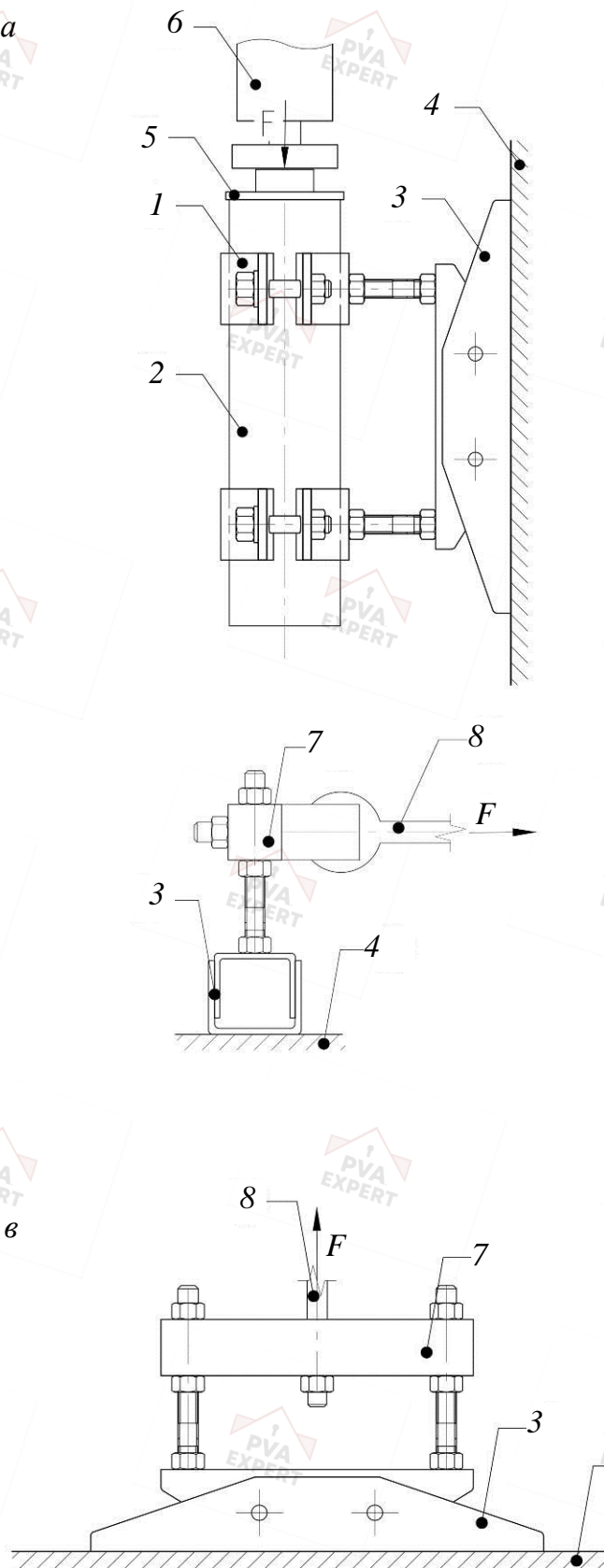
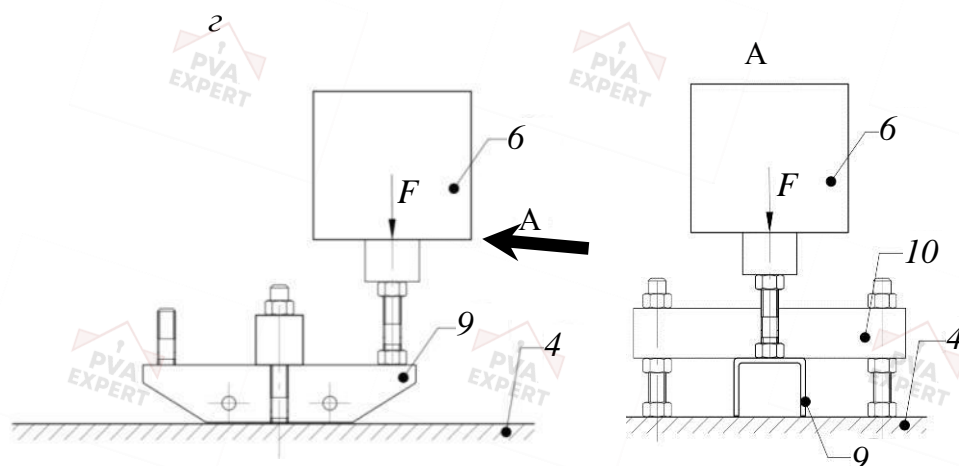


Рисунок Д.29 – Схемы проведения испытаний опорного элемента для двух и более трубных хомутов, лист 1



*a* – схема испытаний на сдвиг вдоль оси *X*; *б* – схема испытаний на сдвиг вдоль оси *Y*; *в* – схема испытаний на отрыв вдоль оси *Z*; *г* – схема испытаний на сжатие вдоль оси *Z*

1 – трубный хомут; 2 – болванка (имитация трубы); 3 – опорный элемент для двух и более трубных хомутов; 4 – базовый материал; 5 – заглушка для передачи усилия; 6 – пресс; 7 – распределитель усилия; 8 – датчик усилия; 9 – верхняя составная часть опорного элемента для двух и более трубных хомутов; 10 – оснастка для крепления на испытаниях

Рисунок Д.29 – Схемы проведения испытаний опорного элемента для двух и более трубных хомутов, лист 2

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для опорного элемента для двух и более трубных хомутов приведены в таблице Д.48. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Таблица Д.48 – Предельные усилия, определяемые для опорного элемента для двух и более трубных хомутов методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
<i>X</i> (сдвиг)	$F_{x,t}$	$\delta_{F_{x,t}}$	Обязательно
<i>Y</i> (сдвиг)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Обязательно

Окончание таблицы Д.48

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+Z (отрыв)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Обязательно
-Z (сжатие)	$-F_{z,t}$	$\delta_{-F_{z,t}}$	Обязательно

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.17.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.49.

Таблица Д.49 – Предельные усилия, определяемых для опорного элемента для двух и более трубных хомутов методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
X (сдвиг)	$F_{x,a}$	$\delta_{F_{x,a}}$	Опционально
Y (сдвиг)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально
+Z (отрыв)	$+F_{z,a}$	$\delta_{+F_{z,a}}$	Опционально
-Z (сжатие)	$-F_{z,a}$	$\delta_{-F_{z,a}}$	Опционально

Д.17.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

- а) создание расчетной модели:
- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,
  - присвоение жесткостных характеристик элементам модели,
  - присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,

- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,
  - приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) по таблице Д.50.

Таблица Д.50 – Предельные усилия, определяемые для опорного элемента для двух и более трубных хомутов методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$X$ (сдвиг)	$F_{x,fem}$	$\delta_{F_{x,fem}}$	Опционально
$Y$ (сдвиг)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально
$+Z$ (отрыв)	$+F_{z,fem}$	$\delta_{+F_{z,fem}}$	Опционально
$-Z$ (сжатие)	$-F_{z,fem}$	$\delta_{-F_{z,fem}}$	Опционально

Д.17.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.17.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.17.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяется для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси  $X$ :

$$F_x = \min(F_{x,t}, F_{x,a}, F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_x}$ , соответствующей величине силы  $F_x$ :

$$\text{если } F_x = F_{x,t}, \text{ то } \delta_{F_x} = \delta_{F_{x,t}},$$

$$\text{если } F_x = F_{x,a}, \text{ то } \delta_{F_x} = \delta_{F_{x,a}},$$

$$\text{если } F_x = F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{F_x} = \delta_{F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Y$ :

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$+F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem})$ ;

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $+F_z$ :

если  $+F_z = +F_{z,t}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,t}}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,a}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,a}}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,fem}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$-F_z = \min(-F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem})$ ;

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $-F_z$ :

если  $-F_z = -F_{z,t}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,t}}$ ,

если  $-F_z = -F_{z,a}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,a}}$ ,

если  $-F_z = -F_{z,fem}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,fem}}$ .

Д.17.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.17.2.1–Д.17.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.17.2.6, и соответствующие им величины деформаций приводят в данном отчете.

Д.17.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) опорного элемента для двух и более трубных хомутов приведена на рисунке Е.14 приложения Е.

## Д.18 Неподвижная опора трубопровода в сборе

Д.18.1 В таблице Д.51 приведены технические характеристики неподвижной опоры трубопровода в сборе:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

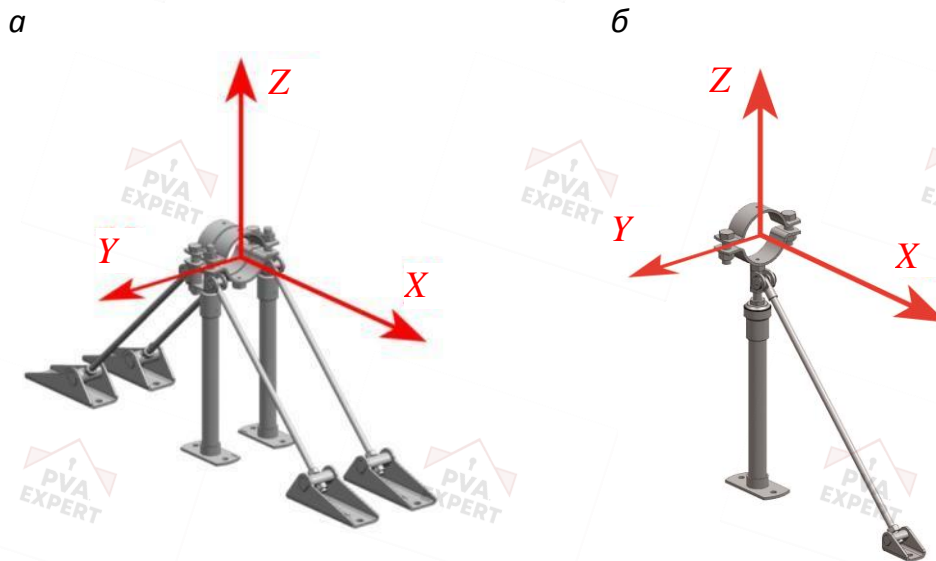
Т а б л и ц а Д.51 – Технические характеристики неподвижной опоры трубопровода в сборе

<p>Геометрическая форма и размеры</p>	<p>Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности.</p> <p>Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам.</p> <p>Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы составных конструктивных элементов неподвижной опоры следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877.</p> <p>Для неподвижной опоры трубопровода в сборе контроль геометрической формы и размеров определяется в соответствии с требованиями НД на монтаж подобных конструкций и инструкцией производителя</p>
<p>Механические характеристики материала изделия</p>	<p>Механические свойства металла составных конструктивных элементов неподвижной опоры должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
<p>Нормативные и эксплуатационные несущие способности (<math>S_{norm}</math>; <math>S_{exp}</math>)</p>	<p>Несущая способность неподвижной опоры в сборе, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для неподвижной опоры в сборе должны быть определены предельные величины осевых сил, действующих вдоль главных локальных осей опоры (направление осей – см. рисунок Д.30).</p> <p>Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально</p>

## Д.18.2 Порядок определения несущей способности неподвижной опоры трубопровода в сборе

Д.18.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для неподвижной опоры трубопровода в сборе направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.30: ось  $X$  – вдоль направления трубопровода,  $Z$  – перпендикулярно трубопроводу в плоскости трубопровода,  $Y$  – перпендикулярно трубопроводу из плоскости трубопровода;



а – симметричная неподвижная опора; б – несимметричная неподвижная опора

Рисунок Д.30 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  неподвижной опоры трубопровода в сборе

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знак «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначает направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен в программе испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.18.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.18.2.1. Для неподвижной опоры трубопровода в сборе: следует определить предельные величины усилий  $+F_x$  и  $-F_x$ , приложенных вдоль оси трубопровода, усилия  $F_y$ , приложенного поперек оси трубопровода из плоскости трубопровода, усилий отрыва  $+F_z$  и сжатия  $-F_z$ , приложенных поперек оси трубопровода в плоскости трубопровода, из указанных в перечислении в) Д.18.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для неподвижной опоры трубопровода в сборе рекомендуется использовать один из двух методов: метод натурных испытаний образцов неподвижной опоры в сборе либо аналитический метод для определения несущей способности на сдвиг по оси  $X$  и в противоположном направлении оси  $X$ , сдвиг по оси  $Y$ , отрыв и сжатие по оси  $Z$ . При использовании аналитического метода несущую способность опоры в сборе определяют, используя известную несущую способность всех ее составных конструктивных элементов (частей и деталей), определенную в соответствии с Д.1–Д.17, включая шпильки, гайки, оттяжки и прочие конструктивные элементы.

Для симметричных неподвижных опор допускается принимать несущую способность на сдвиг по оси  $X$  равной несущей способности в противоположном направлении оси  $X$ . Для несимметричных неподвижных опор несущую способность вдоль оси  $X$  и в противоположном направлении оси  $X$  определяют разными сериями испытаний с нагрузкой, приложенной в направлении, вдоль которого определяется предельная осевая сила;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.18.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

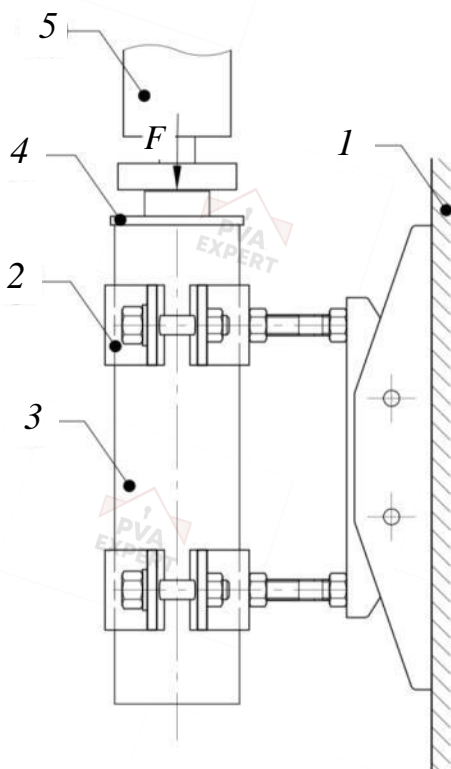
- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания неподвижной опоры трубопровода в сборе, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.31;

а



б

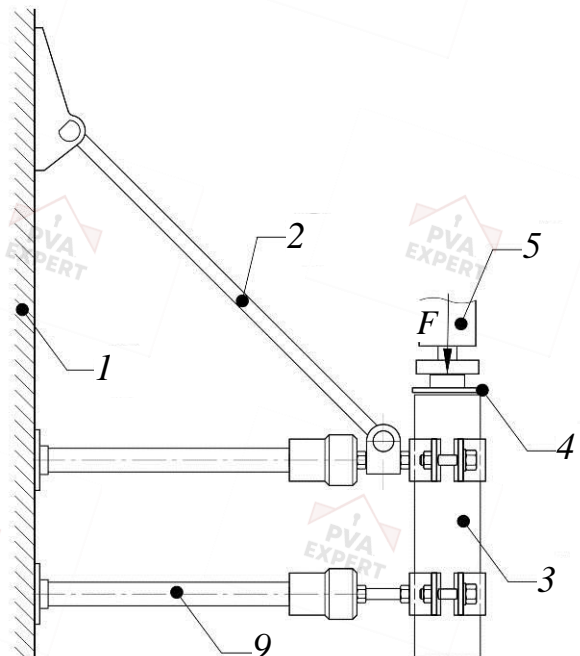


Рисунок Д.31 – Схемы проведения испытаний неподвижной опоры трубопровода в сборе, лист 1

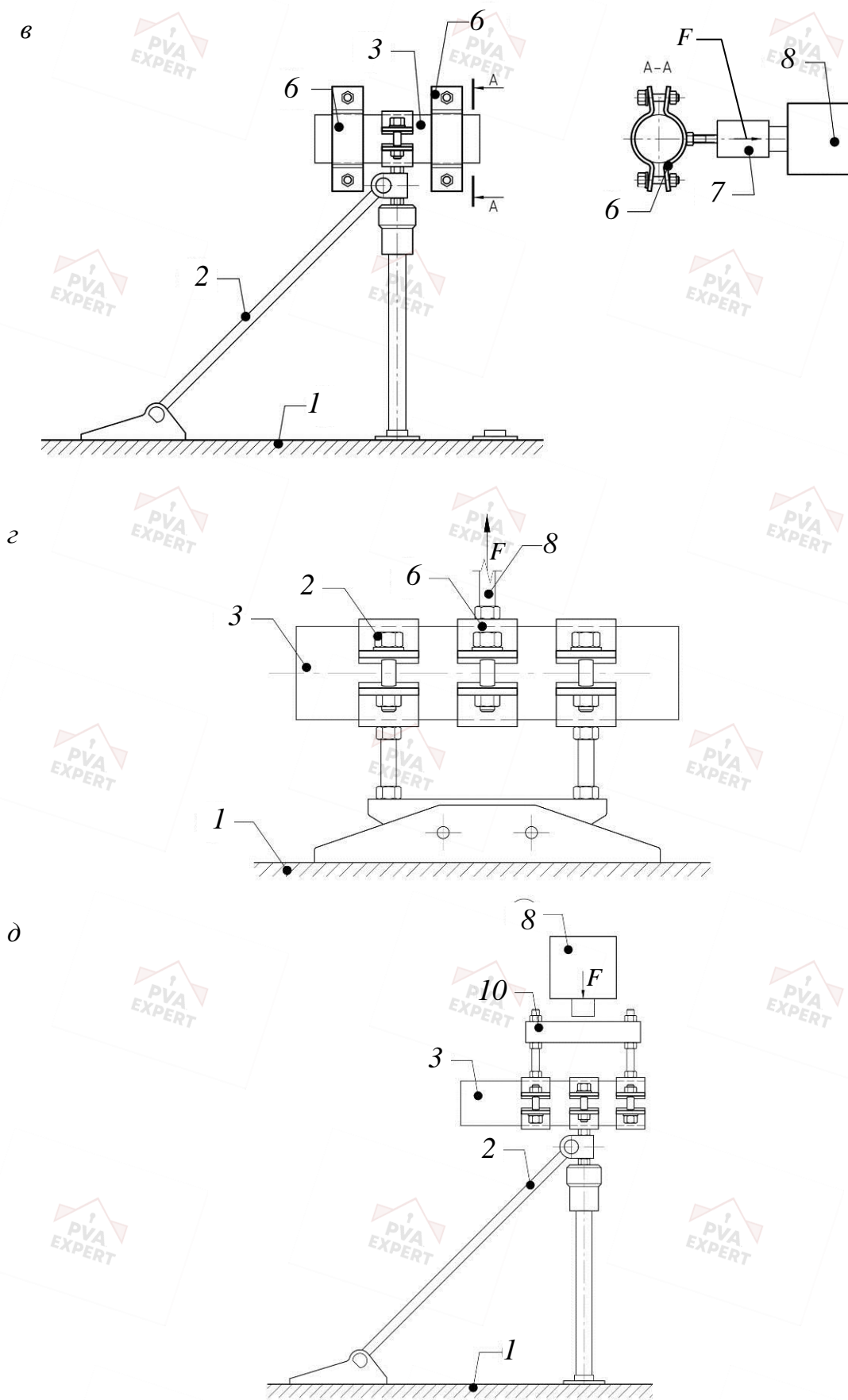


Рисунок Д.31 – Схемы проведения испытаний неподвижной опоры трубопровода в сборе, лист 2

$a$  – схема испытаний симметричной опоры на сдвиг вдоль оси  $X$ ;  $b$  – схема испытаний несимметричной опоры на сдвиг вдоль оси  $X$ ;  $v$  – схема испытаний на сдвиг вдоль оси  $Y$ ;  $z$  – схема испытаний на отрыв вдоль оси  $Z$ ;  $d$  – схема испытаний на сжатие вдоль оси  $Z$

1 – базовый материал; 2 – неподвижная опора трубопровода в сборе;  
3 – болванка (имитация трубы); 4 – заглушка для передачи усилия; 5 – пресс;  
6 – трубный хомут для передачи нагрузки; 7 – резьбовой фиксатор; 8 – датчик усилия; 9 – вспомогательная стойка для образца, неподвижная опора которого имеет только одну стойку (хомут вспомогательной стойки не затянут на усилии);  
10 – распределитель усилия

Рисунок Д.31 – Схемы проведения испытаний неподвижной опоры трубопровода в сборе, лист 3

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для неподвижной опоры трубопровода в сборе приведены в таблице Д.52. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Т а б л и ц а Д.52 – Предельные усилия, определяемые для неподвижной опоры трубопровода в сборе методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (сдвиг)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Опционально
-X (сдвиг)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
Y (сдвиг)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально
+Z (отрыв)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Опционально
-Z (сжатие)	$-F_{z,t}$	$\delta_{-F_{z,t}}$	Опционально

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.18.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) определение несущей способности составных частей в соответствии с релевантными методами, указанными в Д.1–Д.17;

в) расчет несущей способности неподвижной опоры в сборе, используя известную несущую способность его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.), следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.53.

Т а б л и ц а Д.53 – Предельные усилия, определяемые для неподвижной опоры трубопровода в сборе методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (сдвиг)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сдвиг)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
Y (сдвиг)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально
+Z (отрыв)	$+F_{z,a}$	$\delta_{+F_{z,a}}$	Опционально
-Z (сжатие)	$-F_{z,a}$	$\delta_{-F_{z,a}}$	Опционально

Д.18.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,

- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,

- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,

- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,

- приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей X, Y, Z;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.54.

Т а б л и ц а Д.54 – Предельные усилия, определяемые для неподвижной опоры трубопровода в сборе методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (сдвиг)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сдвиг)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
Y (сдвиг)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально
+Z (отрыв)	$+F_{z,fem}$	$\delta_{+F_{z,fem}}$	Опционально
-Z (сжатие)	$-F_{z,fem}$	$\delta_{-F_{z,fem}}$	Опционально

Д.18.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки могут применяться как один из методов, указанных в перечислении а) Д.18.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.18.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю, и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси X:

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,t}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,a}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси X:

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,t}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,a}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,fem}};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси Y:

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$+F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_z}$ , соответствующей величине силы  $+F_z$ :

если  $+F_z = +F_{z,t}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,t}}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,a}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,a}}$ ,

если  $+F_z = +F_{z,fem}$ , то  $\delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,fem}}$ ;

д) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$-F_z = \min(-F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_z}$ , соответствующей величине силы  $-F_z$ :

если  $-F_z = -F_{z,t}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,t}}$ ,

если  $-F_z = -F_{z,a}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,a}}$ ,

если  $-F_z = -F_{z,fem}$ , то  $\delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,fem}}$ .

Д.18.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.18.2.1–Д.18.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.18.2.6, и соответствующих им величин деформаций приводят в данном отчете.

Д.18.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) неподвижной опоры трубопровода в сборе приведена на рисунке Е.15 приложения Е.

### Д.19 Подвижный опорный элемент

Д.19.1 В таблице Д.55 приведены технические характеристики подвижного опорного элемента:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.55 – Технические характеристики подвижного опорного элемента

Геометрическая форма и размеры	<p>Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности.</p> <p>Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам.</p> <p>Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877</p>
Механические характеристики материала изделия	<p>Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм.</p> <p>Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)</p>
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ; $S_{exp}$ )	<p>Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для подвижного опорного элемента, а также в соответствии с действующими НД.</p> <p>Для подвижного опорного элемента должны быть определены предельные величины отрывающей и сжимающей сил. Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально.</p> <p>В качестве эксплуатационных характеристик в техническом паспорте на подвижный опорный элемент должны быть указаны величина амплитуды перемещения вдоль оси трубопровода, которое предусмотрено его конструкцией, и величина коэффициента трения для перемещений вдоль оси трубопровода</p>

### Д.19.2 Порядок определения несущей способности подвижного (скользящего, роликового) опорного элемента

Д.19.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для подвижного опорного элемента направление локальных осей

следует принимать, как показано на рисунке Д.32: ось  $X$  – вдоль направления трубопровода,  $Z$  – перпендикулярно трубопроводу в плоскости трубопровода,  $Y$  – перпендикулярно трубопроводу из плоскости трубопровода;

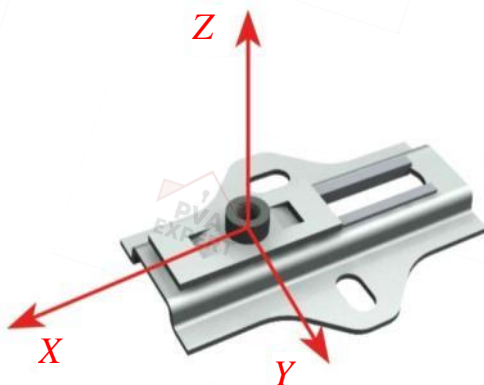


Рисунок Д.32 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  подвижного опорного элемента

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действия силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен программой испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.19.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.19.2.1. Для подвижного опорного элемента: следует определить предельные величины усилия отрыва  $+F_z$  и сжатия  $-F_z$  из указанных в перечислении в) Д.19.2.1, а также коэффициент трения вдоль оси  $X$ .

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для подвижного опорного элемента следует использовать метод натурных испытаний образцов для определения несущей способности на отрыв и сжатие по оси  $Z$ , а также коэффициента трения вдоль оси  $X$ . Остальные виды несущей способности допускается определять, при необходимости, любым из методов, приведенных в перечислении а) Д.19.2.2;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.19.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

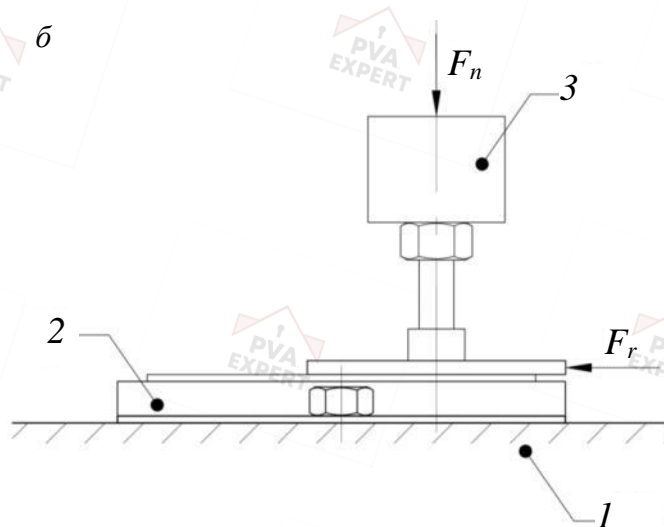
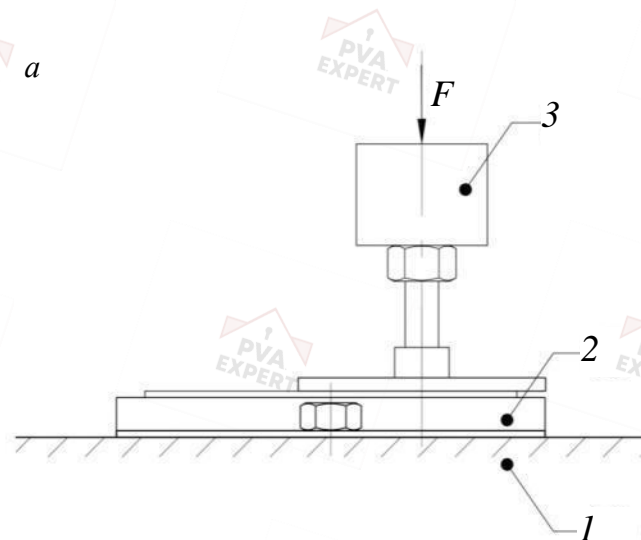
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания подвижного (скользящего/роликового) опорного элемента, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемами, приведенными на рисунке Д.33;



*a* – схема испытаний на отрыв и сжатие по оси *Z*; *б* – схема испытаний на определение коэффициента трения вдоль оси *X*

1 – базовый материал; 2 – подвижный опорный элемент; 3 – датчик усилия

Рисунок Д.33 – Схемы проведения испытаний подвижного опорного элемента

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Критерием достижения целевой нагрузки для силы, приложенной по оси *X* (вдоль оси трубопровода) является преодоление силы трения, то есть величина такой целевой нагрузки определяется состоянием системы, при котором она приходит в движение (наступает проскальзывание или качение подвижной опоры). Целевые нагрузки определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для подвижного опорного элемента приведены в таблице Д.56.

Т а б л и ц а Д.56 – Предельные усилия, определяемые для подвижного опорного элемента методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$X$ (трение)	$F_{x,t}$	$\delta_{F_{x,t}}$	Обязательно
$Y$ (сдвиг)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально
$+Z$ (отрыв)	$+F_{z,t}$	$\delta_{+F_{z,t}}$	Обязательно
$-Z$ (сжатие)	$-F_{z,t}$	$\delta_{-F_{z,t}}$	Обязательно

Помимо перечисленных усилий методом испытаний для подвижного опорного (скользящего/роликового) элемента обязательно определяют величину коэффициента трения при перемещении вдоль оси  $X$  (вдоль трубопровода).

Испытания на определение коэффициента трения подвижного опорного (скользящего/роликового) элемента проводят с помощью трибометра, как показано на рисунке Д.33, б. При проведении испытаний к образцу прикладывают нормальную сжимающую силу  $F_n$ . Для преодоления силы трения, возникающей при действии нормальной сжимающей нагрузки  $F_n$ , прикладывают нагрузку вдоль оси  $X$  –  $F_r$ , которая вызывает скольжение образца.

Усилие сжатия  $F_n$ , прикладываемое к образцу (нормальная сила) при проведении данных испытаний, не должно превышать несущую способность на сжатие  $-F_z$  для испытуемого подвижного опорного (скользящего/роликового) элемента.

Погрешность в точности изменения силы трения не должна превышать 5 % измеряемой величины. Скорость скольжения образцов должна быть в интервале 0,03–0,5 м/с. Общая амплитуда перемещения при испытаниях должна составлять половину максимального значения пути смещения испытуемого подвижного опорного (скользящего/роликового) элемента.

Методика оценки результатов испытаний приведена в Ж.6 приложения Ж;

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.19.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) – по таблице Д.57.

Т а б л и ц а Д.57 – Предельные усилия, определяемые для подвижного опорного элемента методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$Y$ (сдвиг)	$F_{y,a}$	$\delta_{Fy,a}$	Опционально
$+Z$ (отрыв)	$+F_{z,a}$	$\delta_{+Fz,a}$	Опционально
$-Z$ (сжатие)	$-F_{z,a}$	$\delta_{-Fz,a}$	Опционально

Д.19.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,

- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,

- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,

- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,

- приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.58.

Т а б л и ц а Д.58 – Предельные усилия, определяемые для подвижного опорного элемента методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
$Y$ (сдвиг)	$F_{y,fem}$	$\delta_{Fy,fem}$	Опционально
$+Z$ (отрыв)	$+F_{z,fem}$	$\delta_{+Fz,fem}$	Опционально
$-Z$ (сжатие)	$-F_{z,fem}$	$\delta_{-Fz,fem}$	Опционально

Д.19.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.19.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.19.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю, и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения силы, приложенной по направлению оси  $X$ , равной силе трения:

$$F_x = F_{x,t};$$

б) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости трубопровода по направлению оси  $Y$ :

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

$$\text{если } F_y = F_{y,t}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,a}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}},$$

$$\text{если } F_y = F_{y,fem}, \text{ то } \delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$+F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_z}$ , соответствующей величине силы  $+F_z$ :

$$\text{если } +F_z = +F_{z,t}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,t}},$$

$$\text{если } +F_z = +F_{z,a}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,a}},$$

$$\text{если } +F_z = +F_{z,fem}, \text{ то } \delta_{+F_z} = \delta_{+F_{z,fem}};$$

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$-F_z = \min(-F_{z,t}, -F_{z,a}, -F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_z}$ , соответствующей величине силы  $-F_z$ :

$$\text{если } -F_z = -F_{z,t}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,t}},$$

$$\text{если } -F_z = -F_{z,a}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,a}},$$

$$\text{если } -F_z = -F_{z,fem}, \text{ то } \delta_{-F_z} = \delta_{-F_{z,fem}}.$$

Д.19.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.19.2.1–Д.19.2.6, формируют отчет об определении несущей способности и коэффициента трения подвижного опорного элемента модульной системы. В данном отчете приводят значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.19.2.6, соот-

ветствующие им величины деформаций, а также величину коэффициента трения, определяемого в зависимости от силы трения, возникающей при действии сдвигающей силы вдоль оси трубопровода.

Д.19.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) подвижного опорного элемента приведена на рисунке Е.16 приложения Е.

## Д.20 Маятниковый подвес

Д.20.1 В таблице Д.59 приведены технические характеристики маятникового подвеса:

- геометрическая форма и размеры;
- механические характеристики материала изделия;
- нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ ,  $S_{exp}$ ).

Т а б л и ц а Д.59 – Технические характеристики маятникового подвеса

Геометрическая форма и размеры	Изображение и чертежи элемента должны быть представлены в отчете об определении его несущей способности. Геометрическая форма и размеры должны быть измерены и соответствовать заводским чертежам. Выполнение измерений геометрических параметров и отклонений формы следует проводить средствами измерений по ГОСТ 26877
Механические характеристики материала изделия	Механические свойства металла должны быть определены по ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. Результаты испытаний должны соответствовать стандарту (или ТУ) на металл, в соответствии с которым выдан документ о качестве (документ оценки соответствия или декларация соответствия)
Нормативные и эксплуатационные несущие способности ( $S_{norm}$ , $S_{exp}$ )	Несущая способность элемента модульных систем, соответствующая достижению предельных состояний первой и второй групп, должна быть определена в соответствии с порядком определения несущей способности, изложенным в настоящем стандарте организации для маятникового подвеса, а также в соответствии с действующими НД. Для маятникового подвеса должна быть определена предельная величина растягивающей силы. Определение предельных величин нагрузок иного характера – опционально

**Д.20.2 Порядок определения несущей способности маятникового подвеса**

Д.20.2.1 Необходимо проанализировать исходные данные и реальную работу конструктивного элемента в конструкции. На основании этого необходимо:

а) определить направление и ориентацию локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  конструктивного элемента. Для маятникового подвеса направление локальных осей следует принимать, как показано на рисунке Д.35: ось  $X$  – вдоль подвеса,  $Z$  – поперек подвеса,  $Y$  – поперек подвеса;

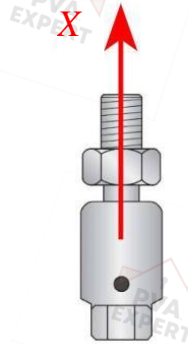


Рисунок Д.34 – Расположение локальных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  маятникового подвеса

б) определить оси, относительно которых действуют осевые нагрузки: осевые силы  $+F_x$ ,  $+F_y$ ,  $+F_z$ ,  $-F_x$ ,  $-F_y$ ,  $-F_z$  и моменты  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ , действующие относительно локальных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Знаки «+» и «-» перед обозначением силы (например,  $+F_x$  и  $-F_x$ ) обозначают направление действие силы: «+» – сонаправлено оси  $X$ , «-» – в противоположную сторону от направления оси  $X$ ;

в) принять решение о том, для каких из осевых нагрузок ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) необходимо определить предельные значения, при которых наступают предельные состояния первой и второй групп. Для тех нагрузок, предельные значения которых решено не определять, принимают, что они не воздействуют на конструктивный элемент в процессе эксплуатации. Допустимое значение нагрузок, не действующих на конструктивный элемент в процессе эксплуатации, указывают равным нулю или не указывают в техническом паспорте. При этом допускается воздействие случайных нагрузок, не значительных по величине, в процессе эксплуатации;

г) определить механические характеристики металла образцов в соответствии с ГОСТ 1497 для конструктивных элементов монтажной системы толщиной металла свыше 3,0 мм и по ГОСТ 11701 при толщине металла до 3,0 мм. В соответствии с ГОСТ 1497–84 (пункт 1.8) размер образцов должен быть определен программой испытаний на определение несущей способности конструктивного элемента либо в НД на модульную систему.

Д.20.2.2 Производителю модульной системы совместно с организацией, проводящей оценку несущей способности, следует выбрать метод, которым будут определены предельные величины нагрузок, выбранных в соответствии с перечислением в) Д.20.2.1. Для маятникового подвеса: следует определить предельную величину растягивающего усилия  $+F_x$  из указанных в перечислении в) Д.20.2.1.

а) Для определения несущей способности применяют следующие методы:

- экспериментальный метод (натурные испытания образцов),
- аналитический расчет (на основании теории сопротивления материалов),
- расчет с применением профильных инженерных программных комплексов;

б) допускается использование одного из перечисленных методов либо одновременное использование нескольких методов для определения несущей способности. Для маятникового подвеса следует использовать метод натурных испытаний образцов для определения несущей способности на растяжение вдоль оси X. Остальные виды несущей способности могут быть определены, при необходимости, любым из методов, приведенных в перечислении а) настоящего подпункта;

в) в случае, когда разными методами определяют предельное значение одной и той же нагрузки, то за предельное значение следует принимать наименьшее из значений, определенных разными методами.

Д.20.2.3 Определение предельных величин осевых нагрузок экспериментальным методом (методом натурных испытаний образцов) выполняют в следующем порядке:

а) разрабатывают программу испытаний, которая должна соответствовать требованиям ГОСТ 19.301;

б) проводят отбор образцов:

- отбор образцов осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 58972. К образцам следует прилагать документы о качестве на материалы и изделия, использованные при изготовлении образцов испытываемого конструктивного элемента. В документах о качестве на материалы и изделия следует указывать их нормативные прочностные характеристики,

- количество образцов одного конструктивного элемента монтажной системы для проведения механических испытаний должно составлять не менее пяти для каждой серии испытаний,

- количество образцов для испытаний указывают в актах отбора и списания образцов в соответствии с ГОСТ Р 58972;

в) проводят подготовку к испытаниям:

- проводят сборку испытательной установки,

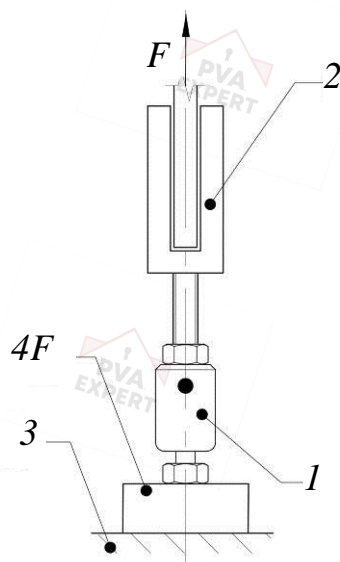
- образец устанавливают на испытательный стенд в соответствии с требованиями руководства по монтажу испытываемого конструктивного элемента,

- наносят разметку,

- устанавливают измерительное оборудование и подключают к персональному компьютеру с профильным программным обеспечением,

- проводят пробное нагружение;

г) испытания маятникового подвеса, предусмотренные программой испытаний, следует проводить в соответствии со схемой, приведенной на рисунке Д.35;



1 – маятниковый подвес; 2 – датчик силы; 3 – базовый материал;  
4 – переходник для крепления к базовому материалу

Рисунок Д.35 – Схема проведения испытаний маятничкового подвеса на растяжение

д) испытания проводят, увеличивая нагрузку на образец до тех пор, пока не наступит его разрушение, либо до тех пор, пока не будет достигнута целевая нагрузка на образец, не превышающая разрушающую нагрузку. Целевую нагрузку определяют в программе испытаний.

Должны быть выполнены испытания и проведена оценка их результатов в соответствии с программой испытаний. Определяемые методом испытаний предельные величины усилий для маятничкового подвеса приведены в таблице Д.60. Методика оценки результатов испытаний приведена в приложении Ж;

Т а б л и ц а Д.60 – Предельные усилия, определяемые для маятничкового подвеса методом испытаний

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,t}$	$\delta_{+F_{x,t}}$	Обязательно
-X (сжатие)	$-F_{x,t}$	$\delta_{-F_{x,t}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,t}$	$\delta_{F_{z,t}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,t}$	$\delta_{F_{y,t}}$	Опционально

е) в случаях установления факта несоответствия условий испытаний реальной работе конструктивного элемента и, как следствие, сильного расхождения результатов испытаний с опытом эксплуатации и результатами, полученными расчетными методами, серии испытаний проводят повторно на вновь отобранных образцах.

Д.20.2.4 Определение предельных величин осевых нагрузок методом аналитического расчета (на основании теории сопротивления материалов) выполняют в следующем порядке:

а) определение геометрических характеристик поперечных сечений конструктивного элемента, влияющих на его несущую способность (моменты сопротивления, моменты инерции, статические моменты инерции относительно локальных осей конструктивного элемента и т. п.);

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.61.

Т а б л и ц а Д.61 – Предельные усилия, определяемые для маятникового подвеса методом аналитического расчета

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,a}$	$\delta_{+F_{x,a}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,a}$	$\delta_{-F_{x,a}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,a}$	$\delta_{F_{z,a}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,a}$	$\delta_{F_{y,a}}$	Опционально

Д.20.2.5 Определение предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов выполняют в следующем порядке:

а) создание расчетной модели:

- создание пространственной геометрической модели конструктивного элемента в программном комплексе,

- присвоение жесткостных характеристик элементам модели,

- присвоение элементам модели прочностных свойств материалов, из которых изготовлен конструктивный элемент,

- назначение граничных условий, отвечающих реальной работе элемента в монтажной системе,

- приложение нагрузок на элемент, относительно локальных осей X, Y, Z;

б) расчет несущей способности конструктивного элемента и его составных частей (металл коннектора, сварные швы, крепежные изделия и т. д.) следует выполнять в соответствии с требованиями таблицы Д.62.

Т а б л и ц а Д.62 – Предельные усилия, определяемые для маятникового подвеса методом расчета с применением профильных инженерных программных комплексов

Приложение усилия относительно локальных осей	Определяемая величина предельного усилия	Соответствующая величина деформации	Необходимость определения
+X (растяжение)	$+F_{x,fem}$	$\delta_{+F_{x,fem}}$	Опционально
-X (сжатие)	$-F_{x,fem}$	$\delta_{-F_{x,fem}}$	Опционально
Z (поперечная сила)	$F_{z,fem}$	$\delta_{F_{z,fem}}$	Опционально
Y (поперечная сила)	$F_{y,fem}$	$\delta_{F_{y,fem}}$	Опционально

Д.20.2.6 Определение значений предельных величин осевых нагрузок и соответствующих им величин деформаций

Для определения предельной величины каждой осевой нагрузки допускается применять как один из методов, указанных в перечислении а) Д.20.2.2, так и несколько методов одновременно. В случаях, когда применяют несколько методов [два или все три из приведенных в перечислении а) Д.20.2.2], за нормативное значение величины несущей способности конструктивного элемента на действие осевой нагрузки ( $+F_x$ ,  $-F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) принимают одно из значений, определенных расчетными методами и натурными испытаниями. В случаях, когда ни один из методов не применяют для определения предельной величины осевой нагрузки, ее значение принимают равным нулю и считают, что данную нагрузку конструктивный элемент не должен воспринимать в процессе эксплуатации:

а) определение нормативного значения растягивающей силы, приложенной по направлению оси X:

$$+F_x = \min(+F_{x,t}, +F_{x,a}, +F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{+F_x}$ , соответствующей величине силы  $+F_x$ :

$$\text{если } +F_x = +F_{x,t}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,t}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,a}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,a}},$$

$$\text{если } +F_x = +F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{+F_x} = \delta_{+F_{x,fem}};$$

б) определение нормативного значения сжимающей силы, приложенной в противоположном направлении оси X:

$$-F_x = \min(-F_{x,t}, -F_{x,a}, -F_{x,fem});$$

определение деформации  $\delta_{-F_x}$ , соответствующей величине силы  $-F_x$ :

$$\text{если } -F_x = -F_{x,t}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,t}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,a}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,a}},$$

$$\text{если } -F_x = -F_{x,fem}, \text{ то } \delta_{-F_x} = \delta_{-F_{x,fem}};$$

в) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси Y:

$$F_y = \min(F_{y,t}, F_{y,a}, F_{y,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_y}$ , соответствующей величине силы  $F_y$ :

если  $F_y = F_{y,t}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,t}}$ ,

если  $F_y = F_{y,a}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,a}}$ ,

если  $F_y = F_{y,fem}$ , то  $\delta_{F_y} = \delta_{F_{y,fem}}$ ;

г) определение нормативного значения поперечной силы, приложенной из плоскости коннектора по направлению оси  $Z$ :

$$F_z = \min(+F_{z,t}, +F_{z,a}, +F_{z,fem});$$

определение деформации  $\delta_{F_z}$ , соответствующей величине силы  $F_z$ :

если  $F_z = F_{z,t}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,t}}$ ,

если  $F_z = F_{z,a}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,a}}$ ,

если  $F_z = F_{z,fem}$ , то  $\delta_{F_z} = \delta_{F_{z,fem}}$ .

Д.20.3 На основании действий, проведенных в соответствии с Д.20.2.1–Д.20.2.6, формируют отчет об определении несущей способности конструктивного элемента модульной системы. Значения величин осевых сил, определенные в соответствии с Д.20.2.6, и соответствующие им величины деформаций приводят в данном отчете.

Д.20.4 Блок-схема определения нормативной и эксплуатационной несущих способностей ( $S_{norm}$ ;  $S_{exp}$ ) маятникового подвеса приведена на рисунке Е.17 приложения Е.

## Приложение Е (справочное)

### Процесс проведения оценки качества элементов модульных систем в блок-схемах

Блок-схемы для проведения оценки качества элементов модульных систем приведены на рисунках Е.1–Е.17.

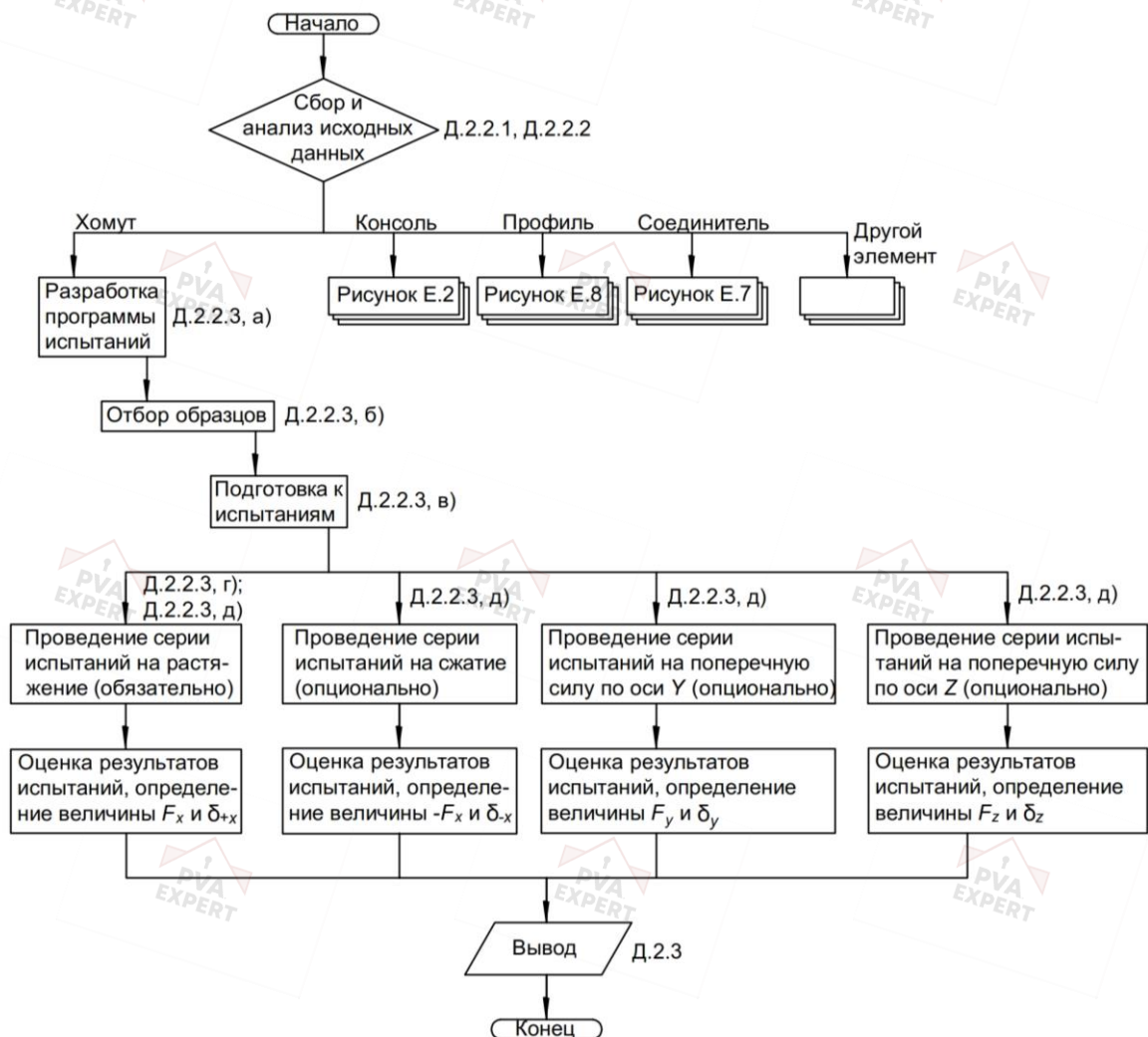


Рисунок Е.1 – Хомут

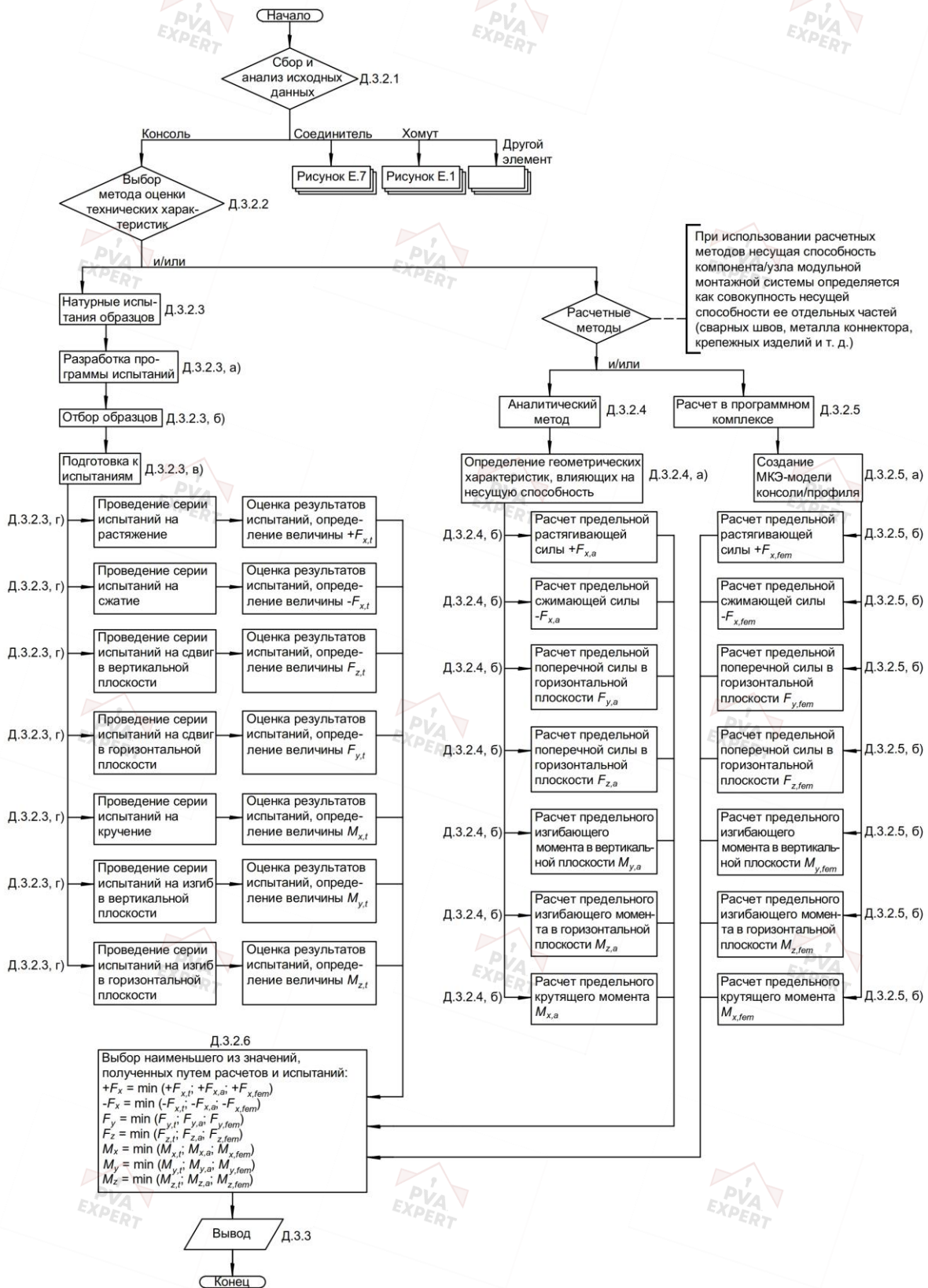


Рисунок Е.2 – Консоль

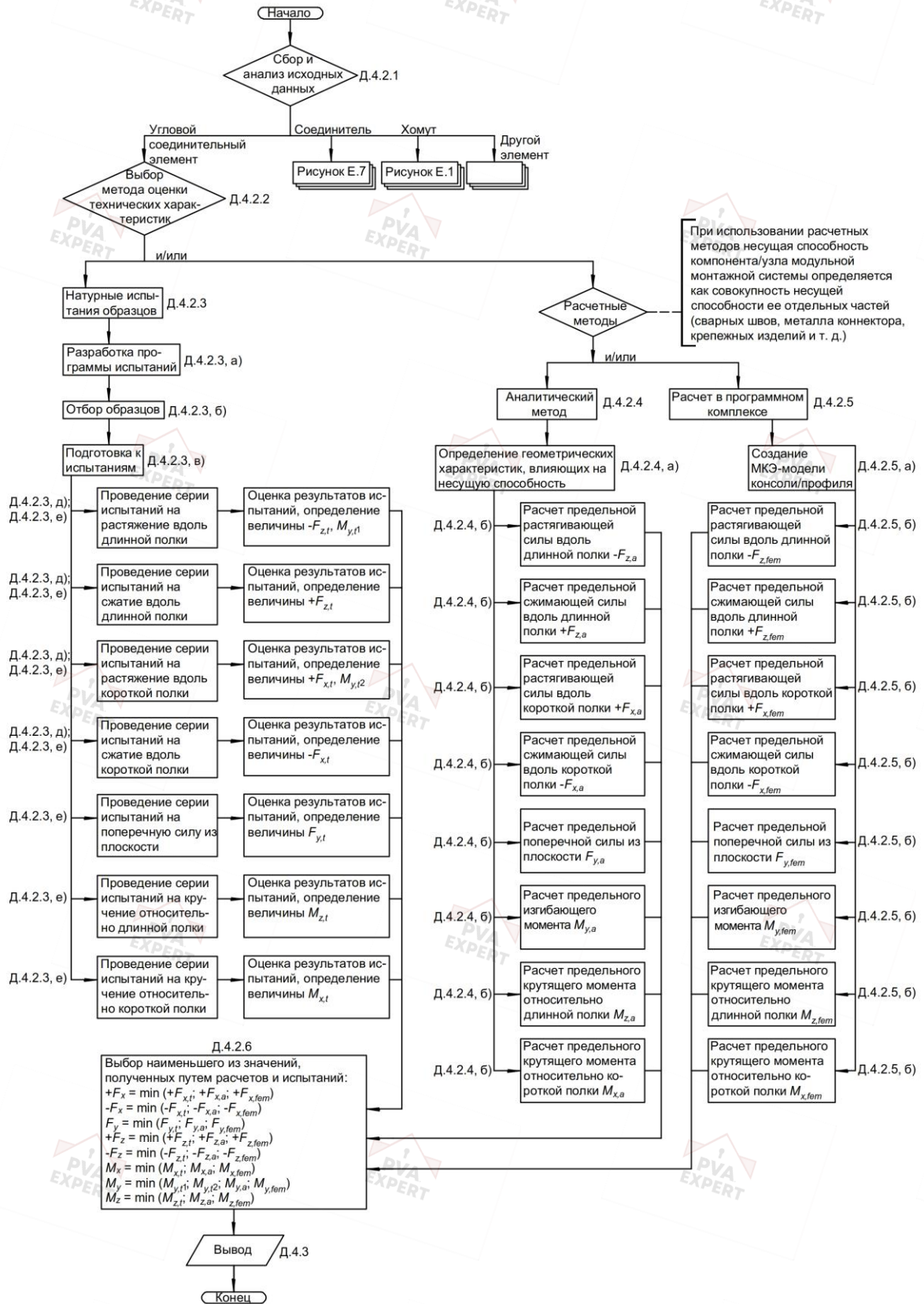


Рисунок Е.3 – Угловой соединительный элемент

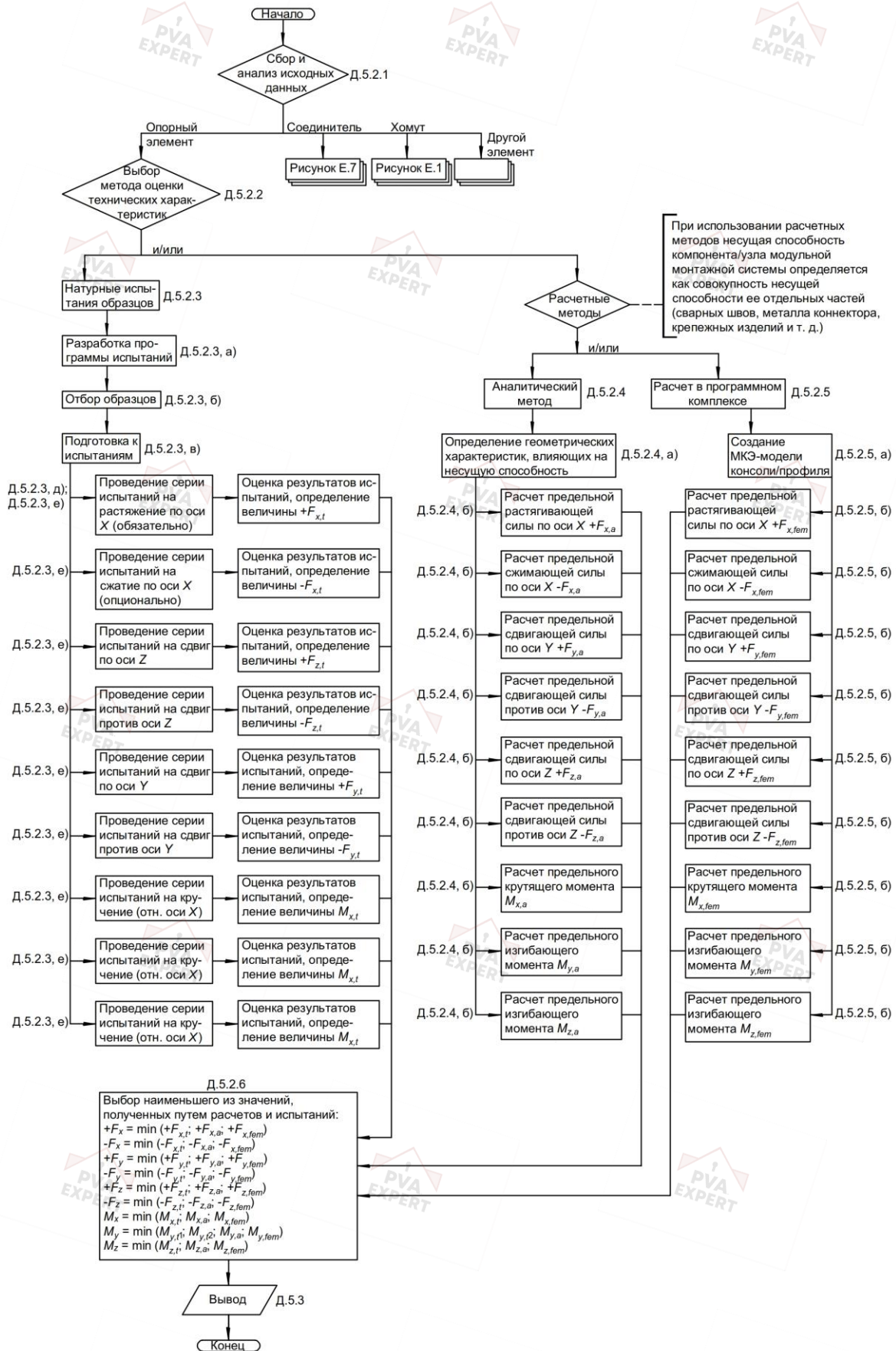


Рисунок Е.4 – Опорный элемент

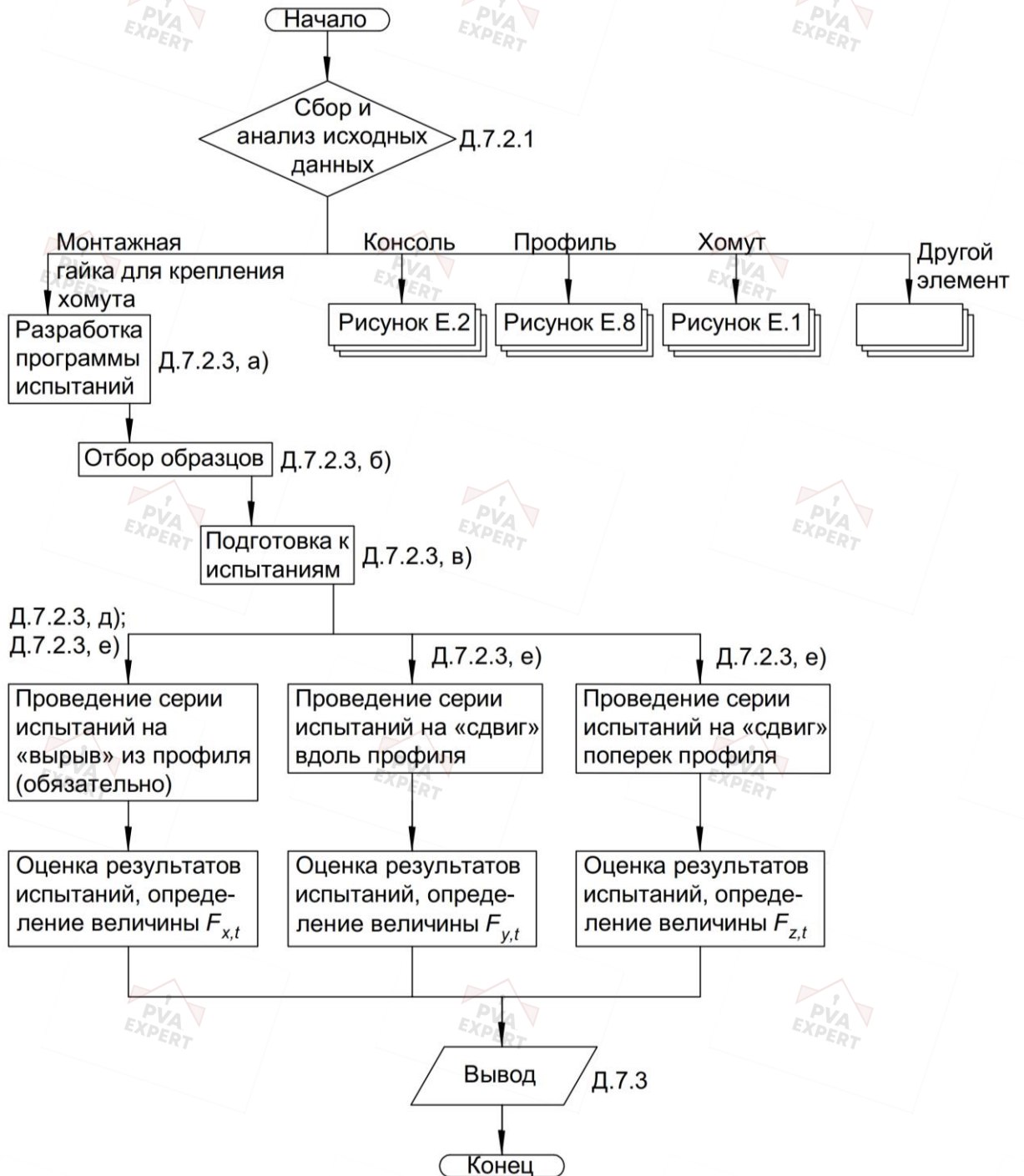


Рисунок Е.5 – Монтажная гайка для крепления хомута

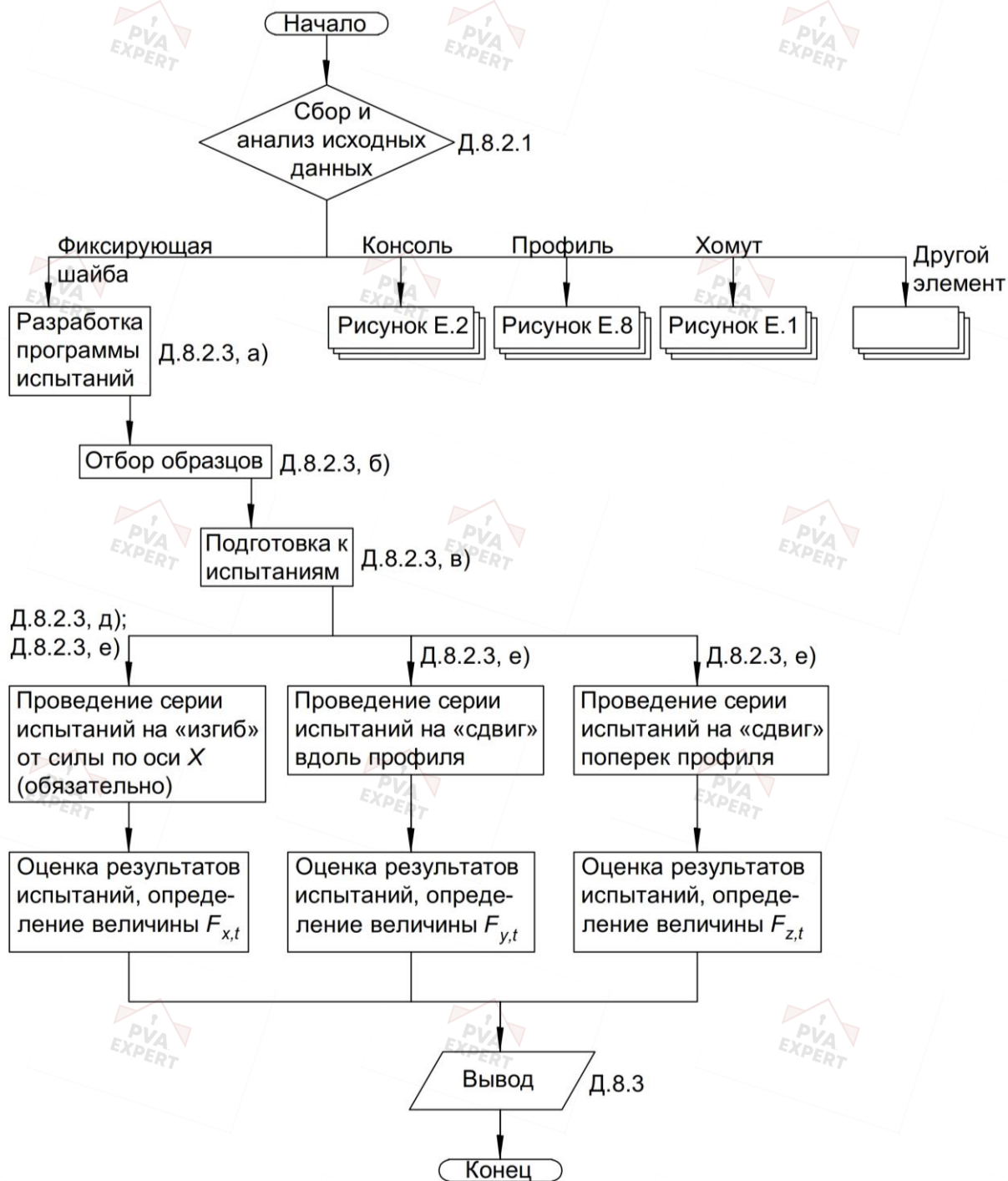


Рисунок Е.6 – Фиксирующая шайба

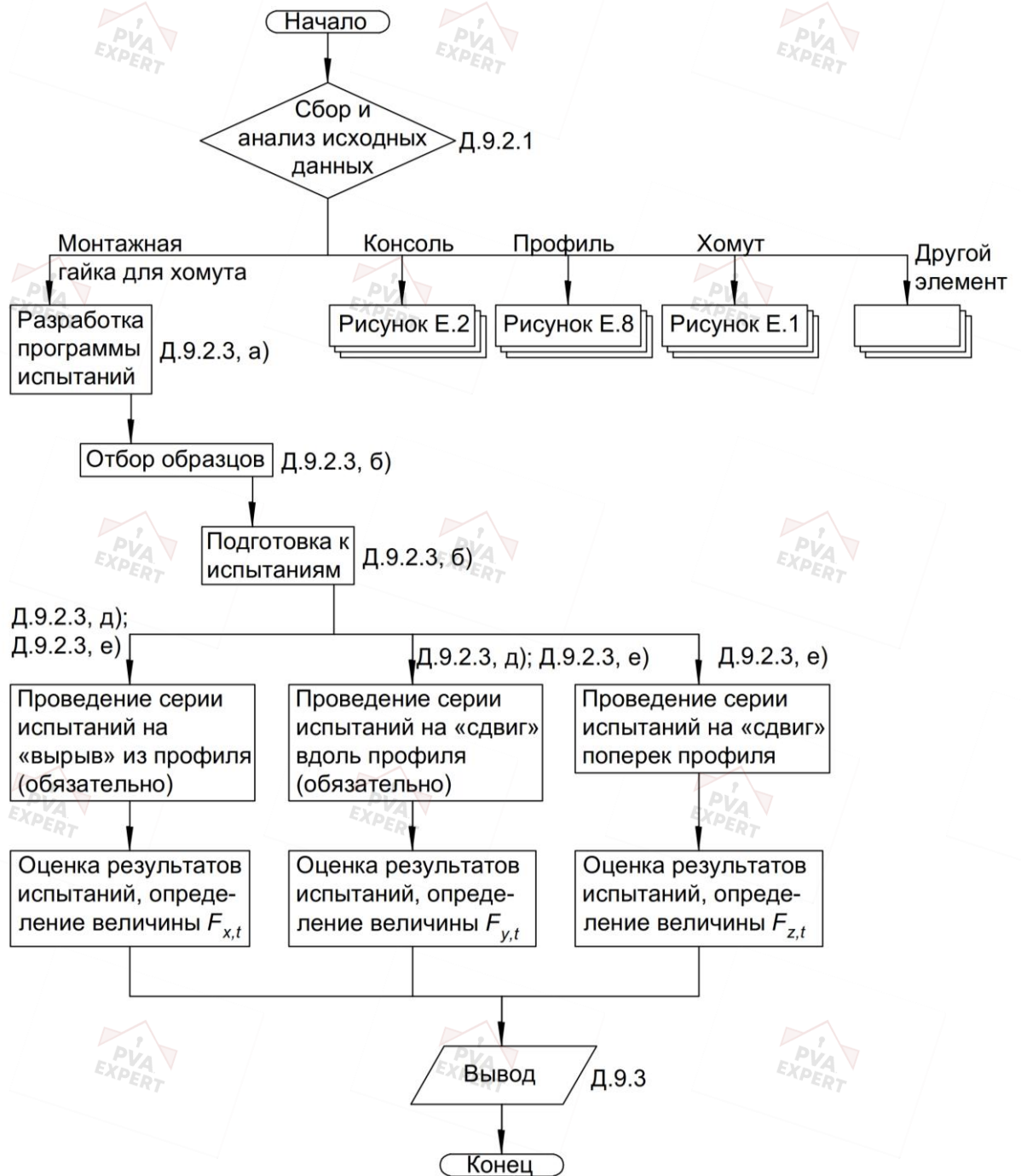


Рисунок Е.7 – Монтажная гайка/монтажный болт

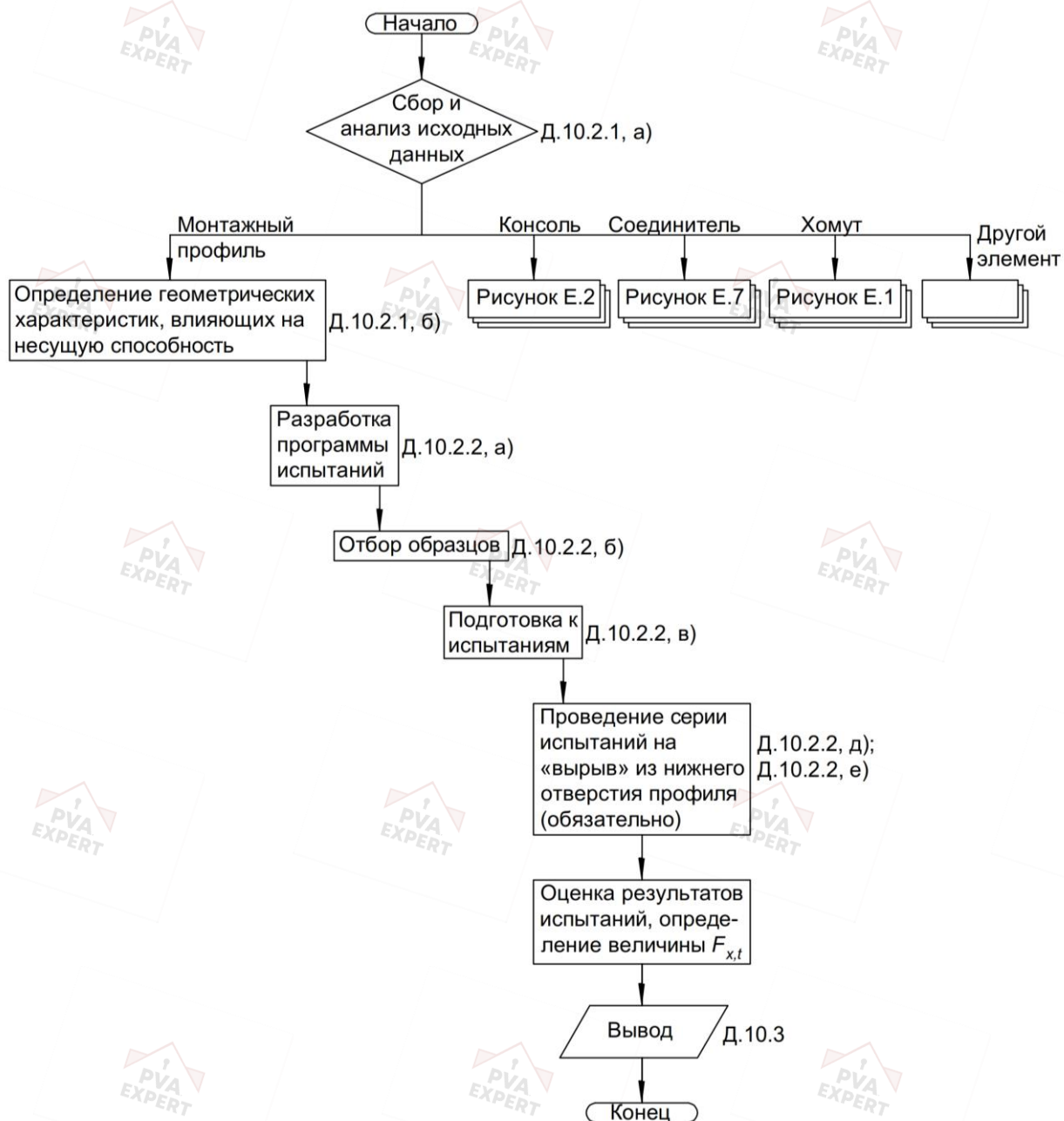


Рисунок Е.8 – Профиль монтажной системы

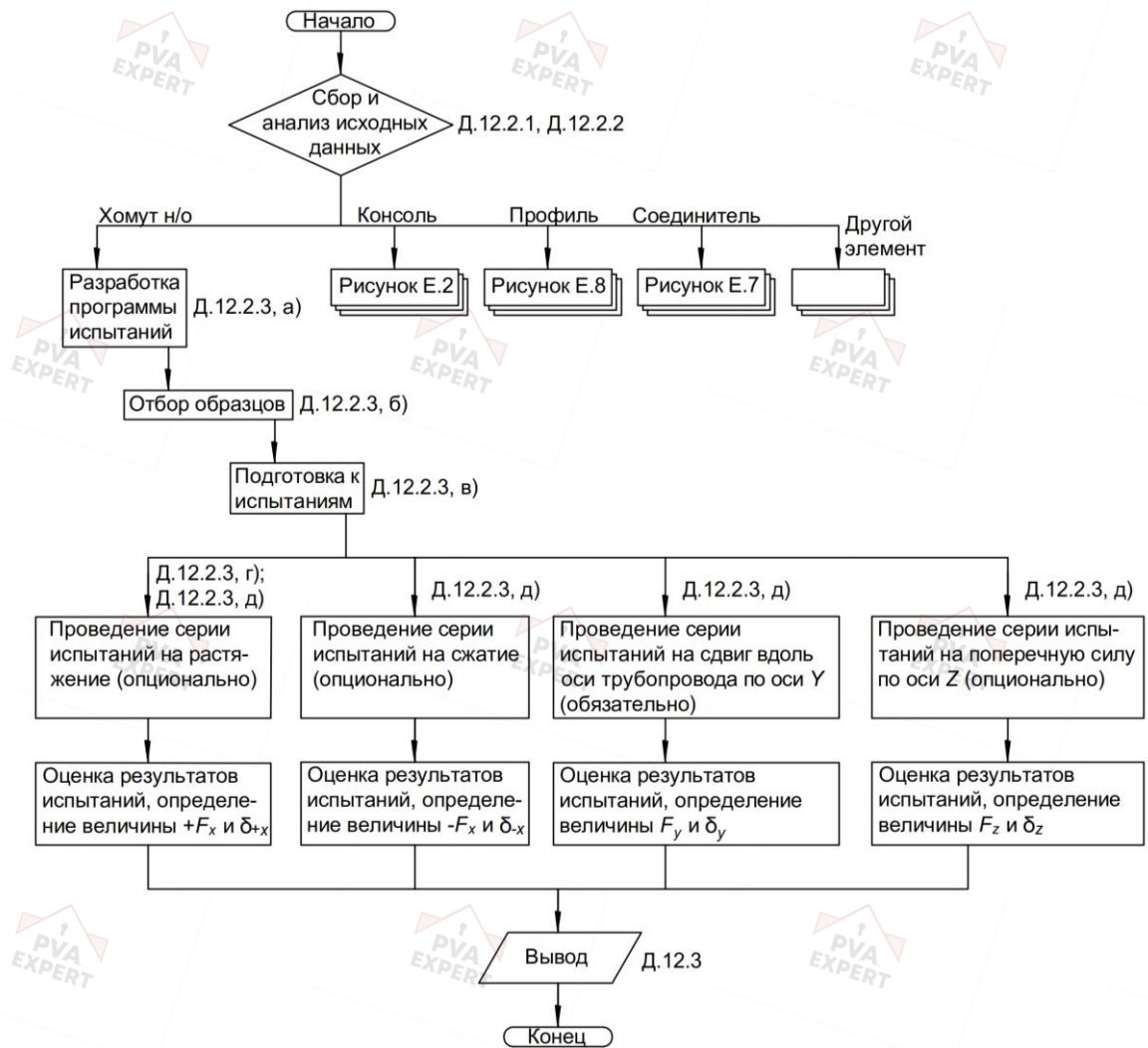


Рисунок Е.9 – Хомут с предварительным натяжением для неподвижной опоры трубопровода

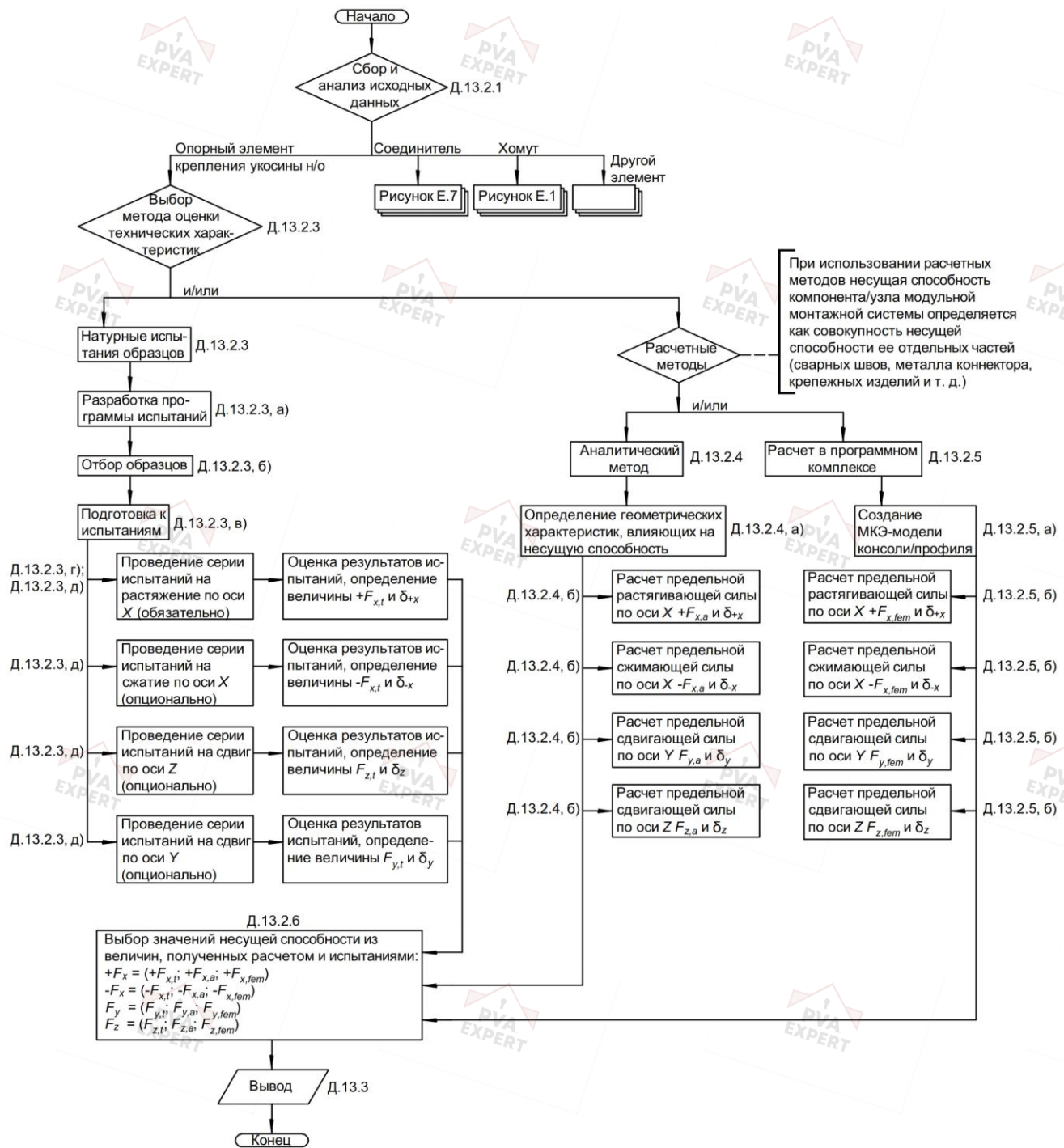


Рисунок Е.10 – Опорный фиксатор оттяжки неподвижной опоры трубопровода

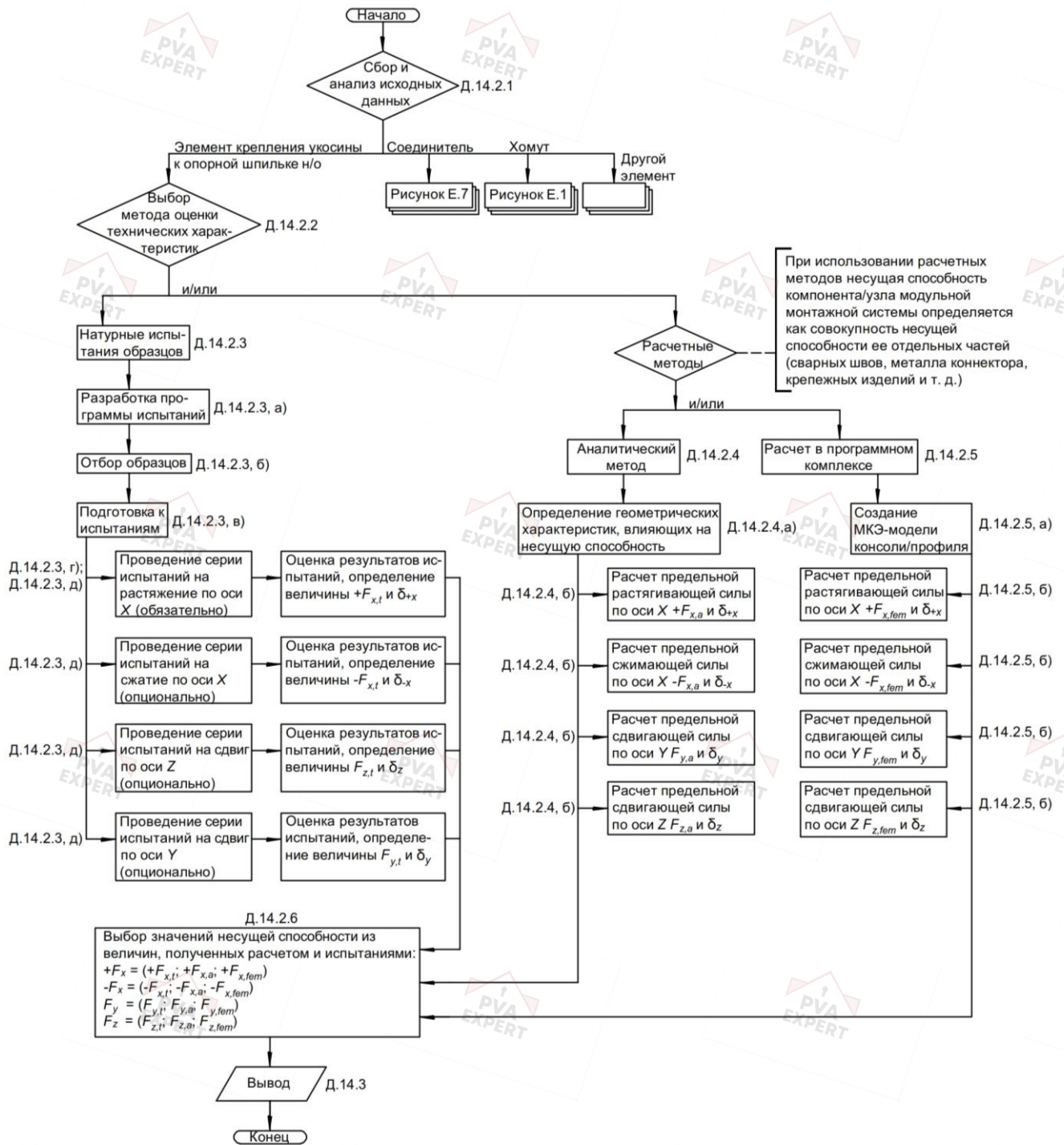


Рисунок Е.11 – Фиксатор оттяжки неподвижной опоры

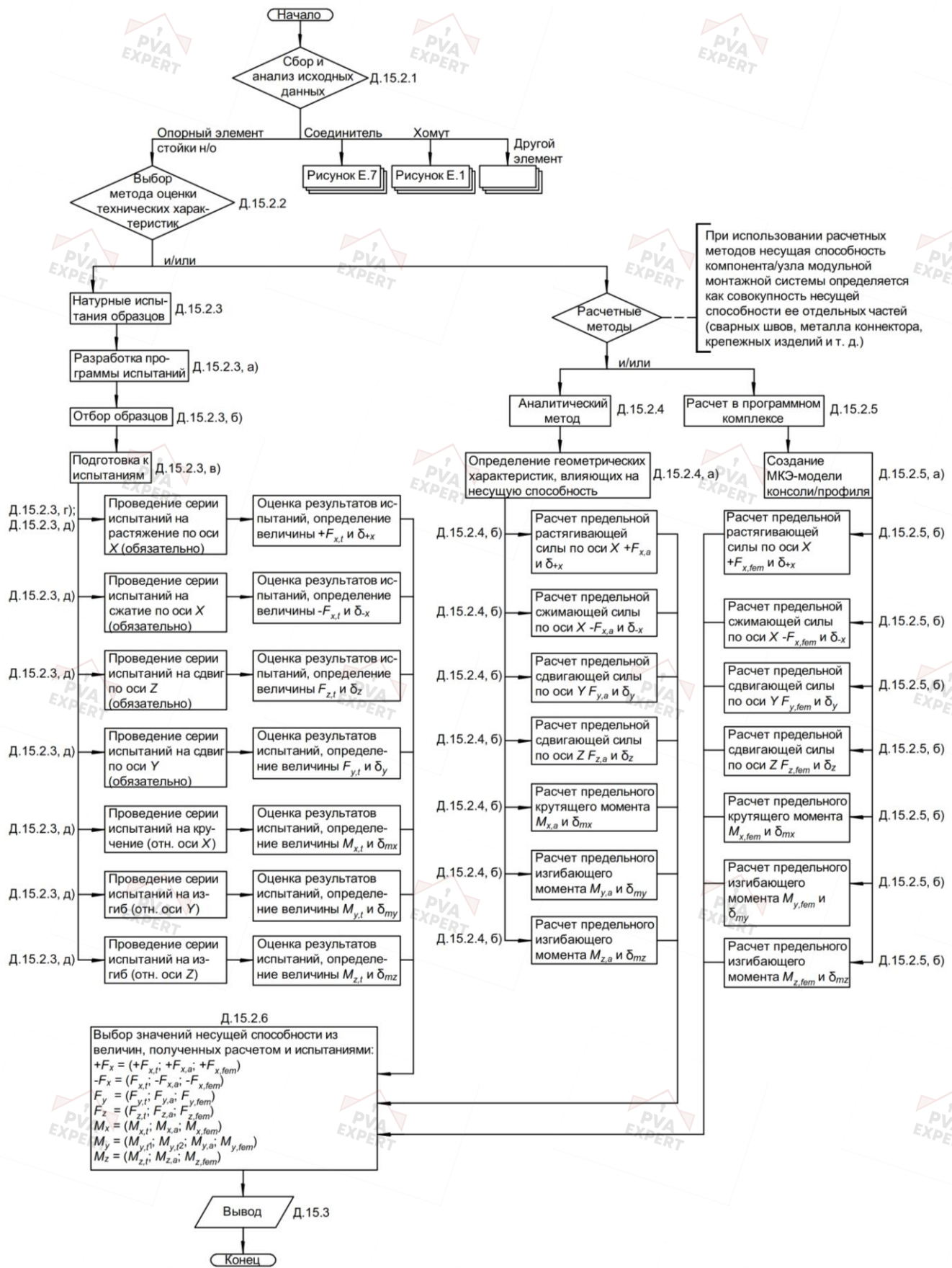


Рисунок Е.12 – Опорный фиксатор неподвижной опоры

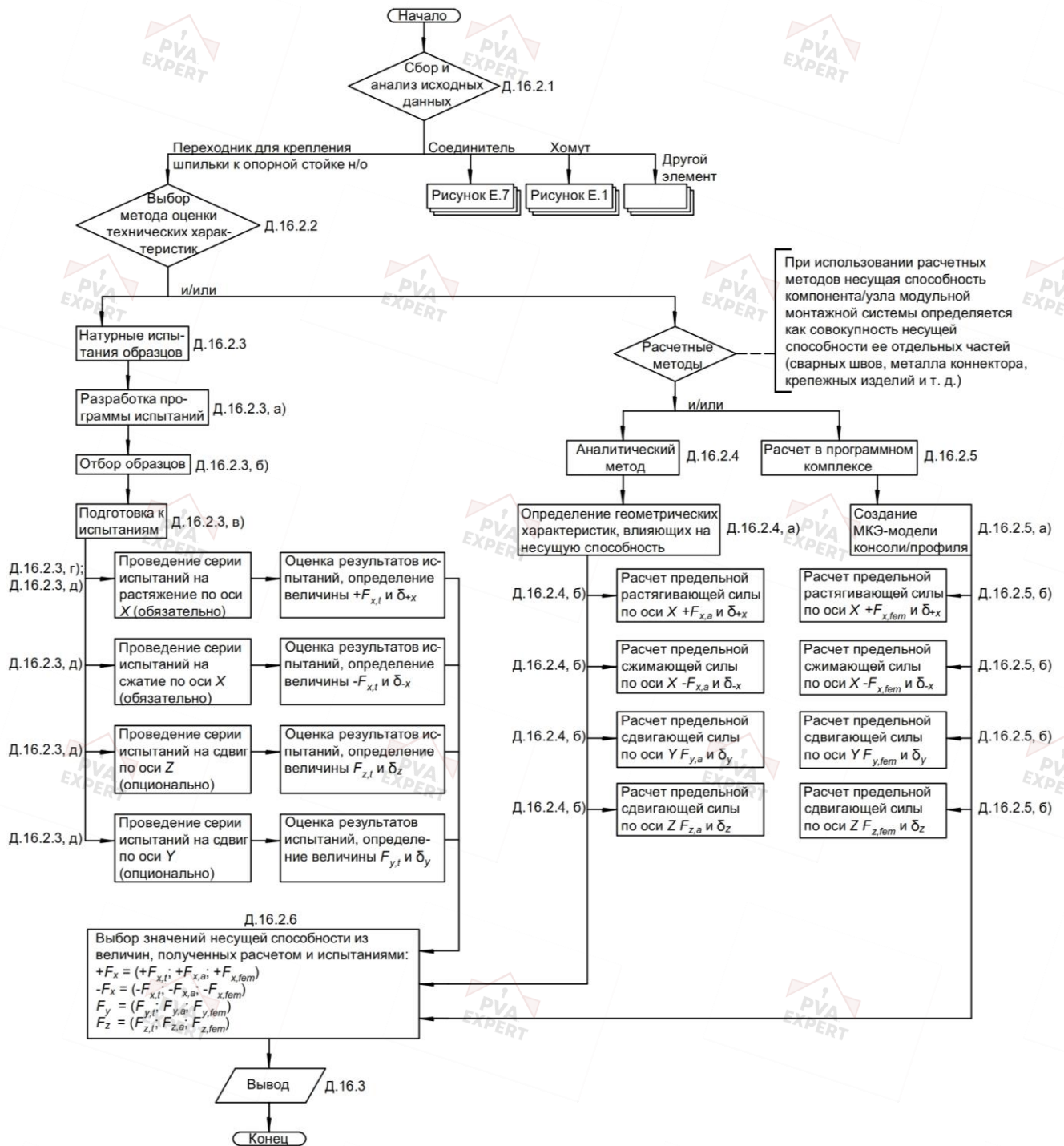


Рисунок Е.13 – Переходник для крепления трубного хомута к опорной стойке

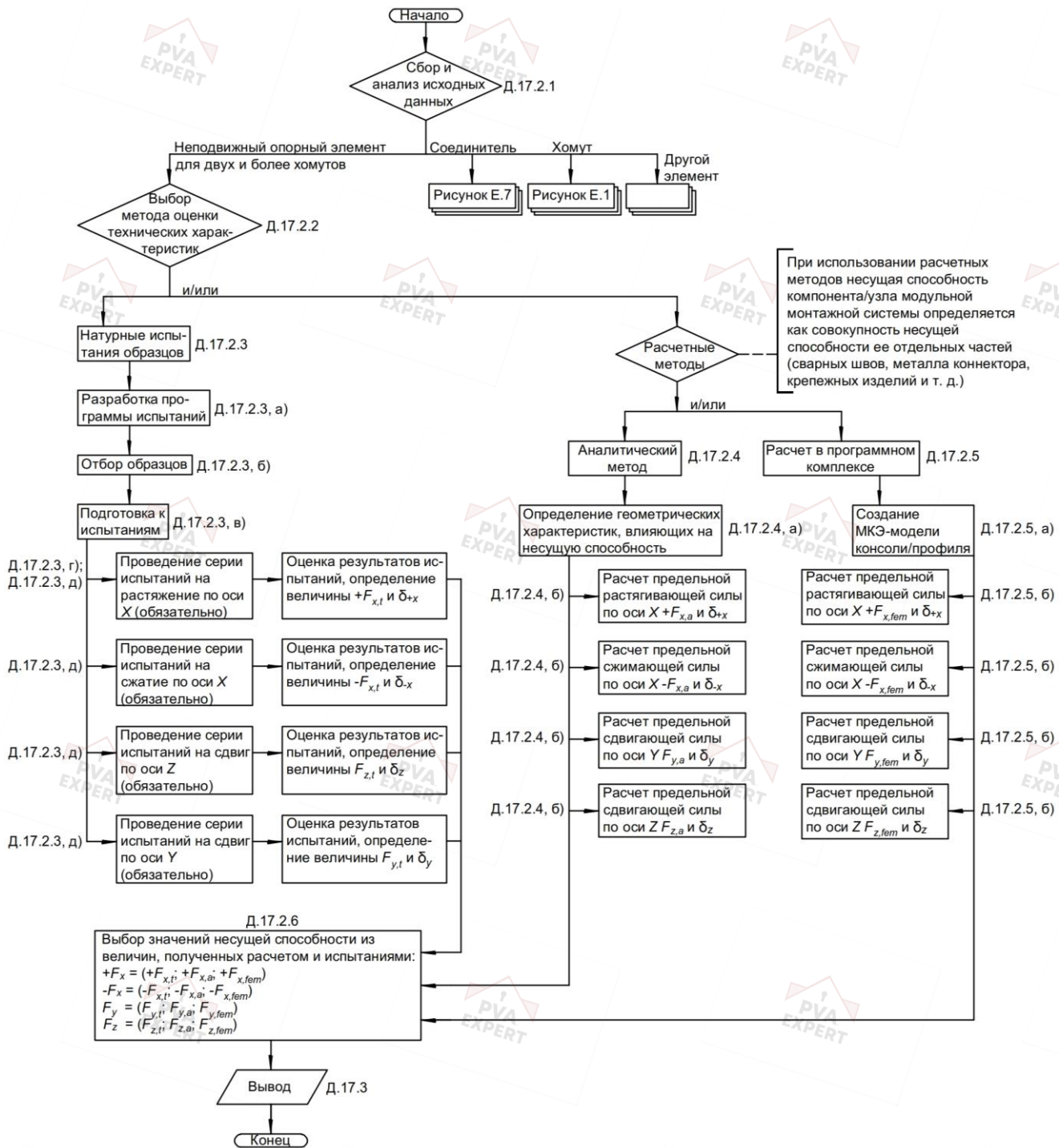


Рисунок Е.14 – Опорный элемент для двух и более трубных хомутов

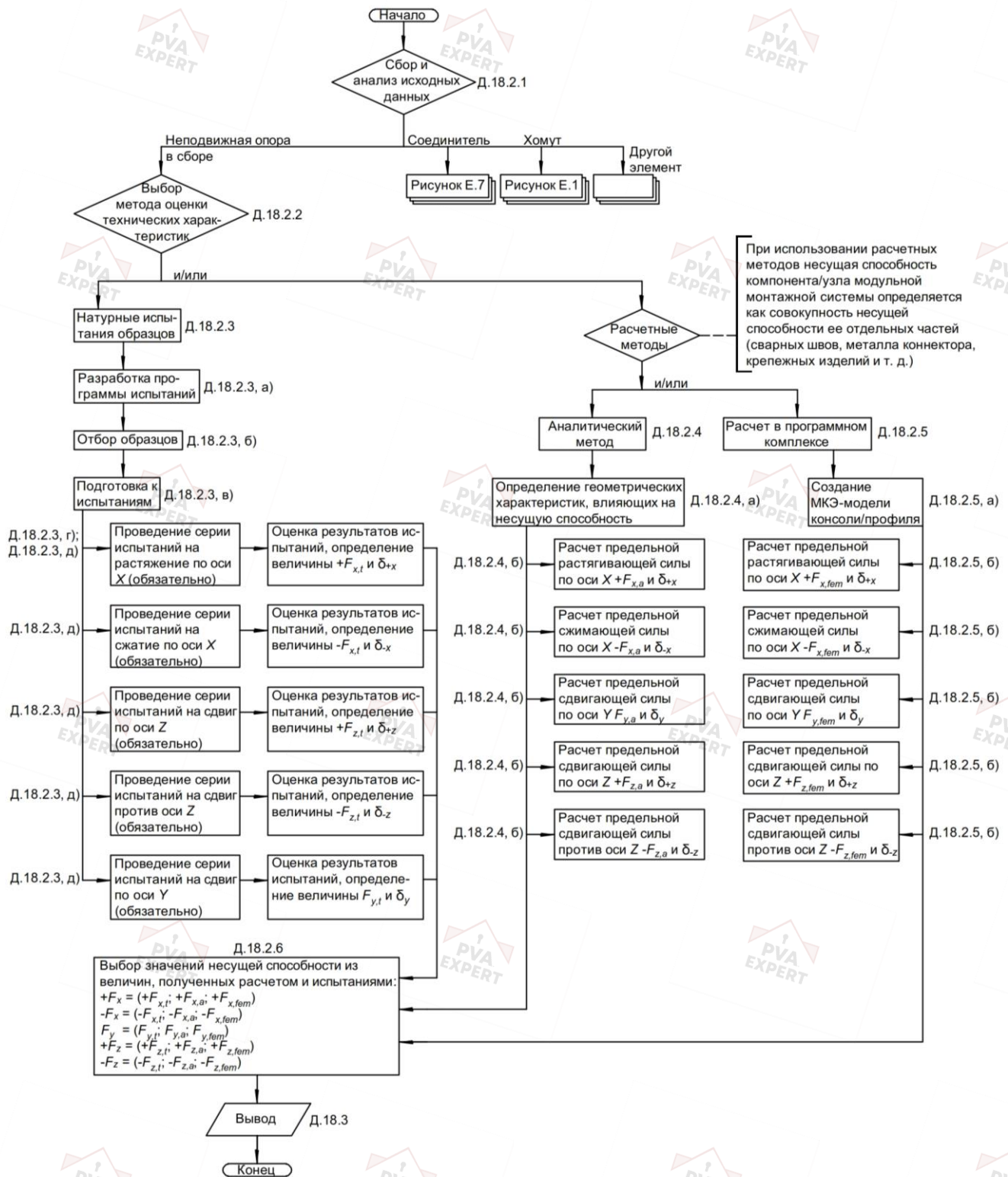


Рисунок Е.15 – Неподвижная опора трубопровода в сборе

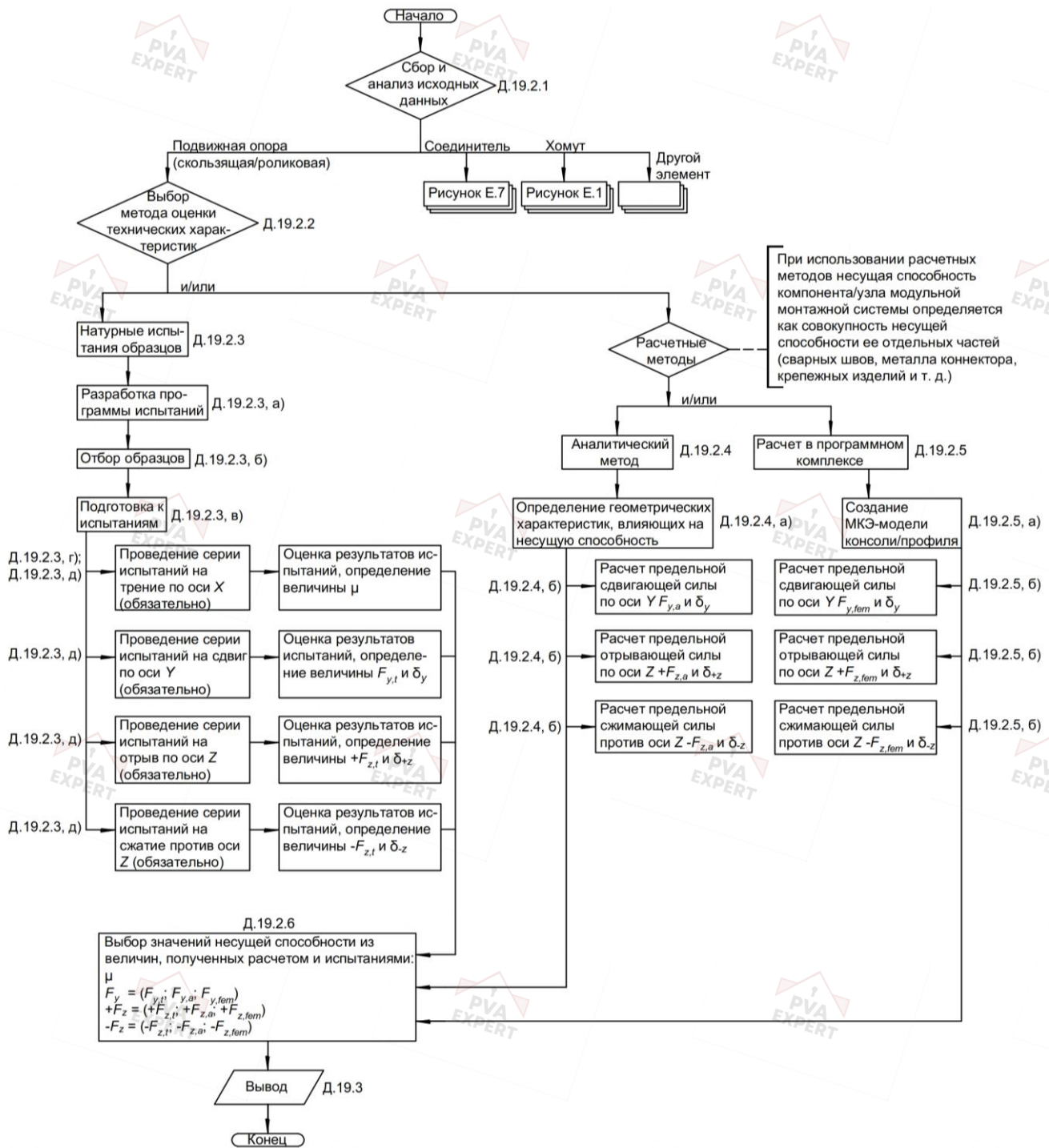


Рисунок Е.16 – Подвижный опорный элемент

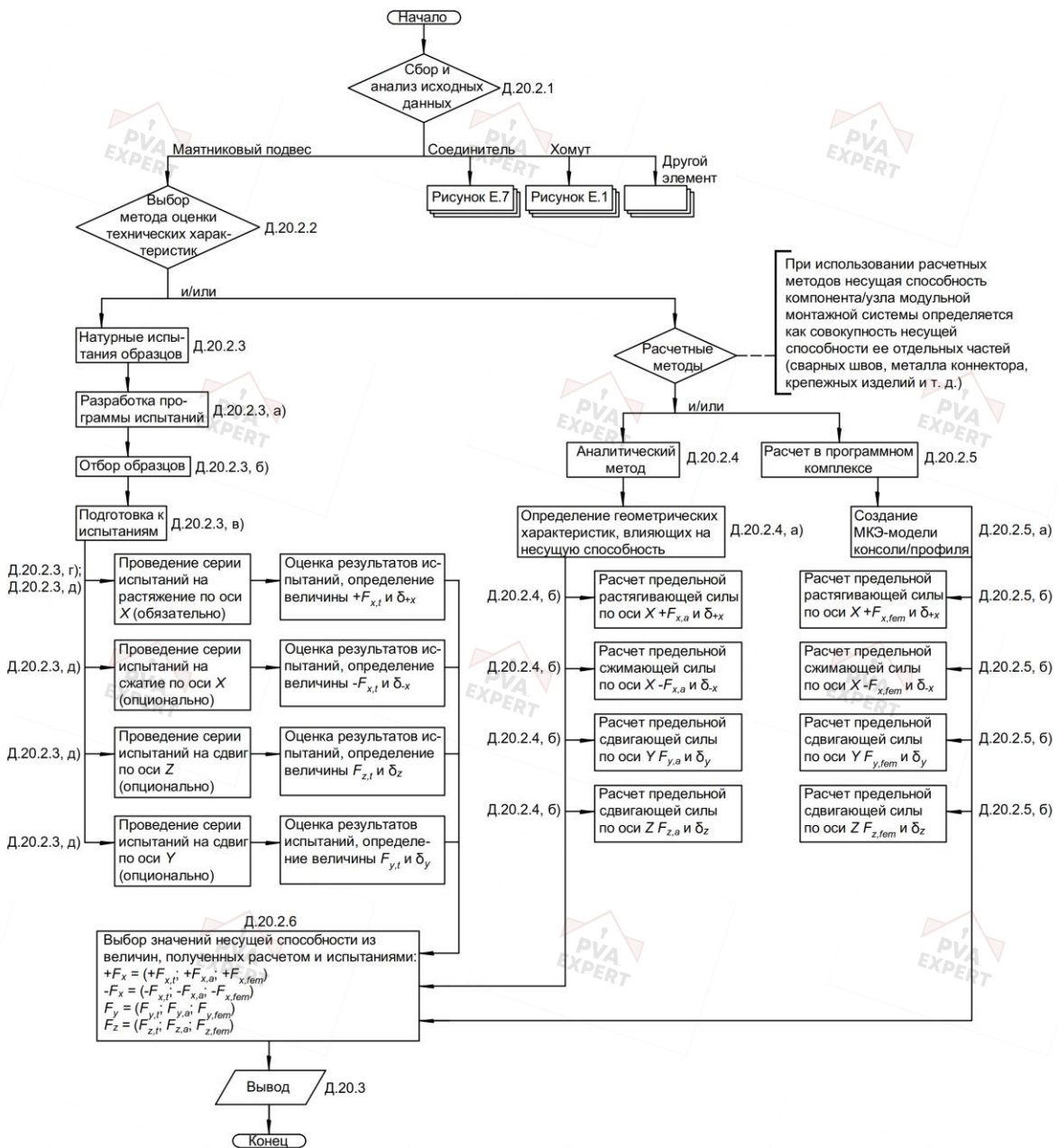


Рисунок Е.17 – Маятниковый подвес

## Приложение Ж (справочное)

### Методика оценки результатов испытаний

Ж.1 По результатам испытаний конструктивных элементов модульной системы определяют:

- нормативное значение несущей способности элемента/узла модульной системы  $S_{norm}$  ( $F_{norm}; M_{norm}$ );
- значение эксплуатационной несущей способности элемента/узла модульной системы  $S_{exp}$  ( $F_{exp}; M_{exp}$ ).

Ж.2 Результаты испытаний необходимо оформить в табличной и графической формах в виде зависимости деформации конструктивного элемента монтажной системы от приложенной испытательной нагрузки и отобразить в отчете по определению несущей способности конструктивного элемента/узла монтажной системы.

Ж.2.1 При определении нормативного значения несущей способности элемента/узла модульной системы  $S_{norm}$  методом испытаний образцов в качестве результатов испытаний принимают значения нагрузок, приводящих к разрушению испытуемого конструктивного элемента/узла модульной системы. Также допускается принимать в качестве результатов испытаний величины испытательных нагрузок, приводящих к недопустимым деформациям конструктивного элемента/узла модульной системы. При этом значения этих нагрузок не должны превышать нагрузки, приводящие к разрушению конструктивного элемента/узла модульной системы.

Ж.2.2 Для определения значения эксплуатационной несущей способности  $S_{exp}$  элемента/узла модульной системы за основу необходимо принимать результаты испытаний, представляющие собой нагрузку, при которой достигается значение предельно допустимой деформации конструктивного элемента стальной модульной системы  $\delta$ .

### Ж.3 Эксплуатационная несущая способность

Ж.3.1 При определении значения эксплуатационной несущей способности оценку результатов испытаний допускается выполнять упрощенным способом, изложенным в Ж.3.2–Ж.3.4, не применяя методы математической статистики, описанные в Ж.4.1–Ж.4.7.

Ж.3.2 Предельно допустимую величину деформации элемента/узла модульной системы  $\delta$  следует принимать в соответствии с требованиями настоящего стандарта организации. Величину нагрузки, соответствующую достижению деформации  $\delta$ , следует принимать по зависимости

$$Y = f(\delta). \quad (\text{Ж.1})$$

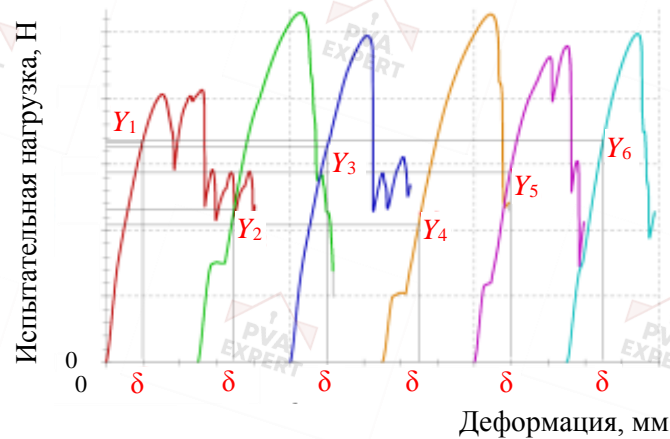


Рисунок Ж.1 – Диаграмма зависимости деформации от нагрузки

Ж.3.3 Величины нагрузок, полученные по результатам испытаний, следует обозначать в виде входных оценок  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ .

Ж.3.4 Величину эксплуатационной несущей способности следует определять как наименьшую из измеренных значений:

$$S_{exp} = \min(Y_1, Y_2, \dots, Y_n). \quad (\text{Ж.2})$$

#### Ж.4 Нормативная несущая способность

Ж.4.1 При определении нормативной несущей способности оценку результатов испытаний необходимо проводить методами математической статистики, изложенными в ГОСТ 34100.3.

Ж.4.2 Величины нагрузок, полученные по результатам испытаний, следует обозначать в виде входных оценок  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Ж.4.3 Среднюю арифметическую величину результатов испытаний необходимо определять по формуле

$$\bar{X}_l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (\text{Ж.3})$$

где  $n$  – количество испытаний в серии;

$X_i$  – величина, определенная по результату  $i$ -го испытания для случая, описанного в Ж.2.1;

$i$  – порядковый номер испытания.

Ж.4.4 Выборочное стандартное отклонение следует определять по формуле

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_l)^2}{n-1}}. \quad (\text{Ж.4})$$

Ж.4.5 В связи с тем, что конструктивные элементы модульных систем представляют собой новые конструкции, принимают, что коэффициент вариации  $V_x$  величины  $X$  заранее не известен. Значение коэффициента вариации необходимо вычислять для каждой серии испытаний по формуле

$$V_x = \frac{s}{\bar{X}_l}. \quad (\text{Ж.5})$$

Ж.4.6 Ненормализованное нормативное значение несущей способности следует принимать равным значению нижней границы доверительного интервала с обеспеченностью 0,95, по формуле

$$U_{95\%} = \bar{X}_i - s \cdot \frac{t}{\sqrt{n}} = \bar{X}_i - s \cdot k_p = \bar{X}_i (1 - V_x \cdot k_p), \quad (\text{Ж.6})$$

где  $t$  – переменная, описываемая распределением Стьюдента;

$k_p$  – коэффициент охвата, равный отношению  $t/\sqrt{n}$ , принимаемый по таблице Ж.1;

$X_i$  – величина, определенная по результату  $i$ -го испытания для случая, описанного в Ж.2.1.

Таблица Ж.1 – Значения коэффициента охвата  $k_p$  при количестве испытаний  $n$  с обеспеченностью 0,95

$n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	□
$k_p =$ $= t/\sqrt{n}$	–	–	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Ж.4.7 Для определения нормативного значения несущей способности следует применять коэффициент нормализации  $\gamma_{norm}$ :

$$S_{norm} = U_{95\%} \cdot \gamma_{norm}. \quad (\text{Ж.7})$$

Коэффициент нормализации  $\gamma_{norm}$  следует определять по формуле (Ж.8):

$$\gamma_{norm} = \min \left( \frac{\sigma_{Т,Н}}{\sigma_{Т,Ф}}, \frac{\sigma_{В,Н}}{\sigma_{В,Ф}} \right), \quad (\text{Ж.8})$$

где  $\sigma_{Т,Н}$  и  $\sigma_{В,Н}$  – нормативные значения соответственно предела текучести и временного сопротивления в соответствии НД на металлическое изделие;

$\sigma_{Т,Ф}$  и  $\sigma_{В,Ф}$  – фактические значения предела текучести и временного сопротивления в соответствии с требованиями по определению механических характеристик материала изделий, изложенных в приложении Д для соответствующих конструктивных элементов модульной системы. Данные величины допускается принимать по результатам испытаний металлопродукции, приводимым в документе о качестве на металлопродукцию (документ оценки соответствия или протокол испытаний, приложенный к документу оценки соответствия, либо декларация соответствия).

В случае если  $\gamma_{norm} > 1$ , значение коэффициента нормализации следует принимать  $\gamma_{norm} = 1$ .

Коэффициент нормализации  $\gamma_{norm}$  необходимо определять для конструктивного элемента модульной системы, применяемого в испытуемом узле конструкции, по

которому происходит разрушение. Для конструктивных элементов модульной системы, по которым не происходит разрушения испытываемого узла, допускается принимать  $\gamma_{norm} = 1$ .

Ж.5 Допускается испытывать не все типоразмеры хомутов неподвижных опор трубопроводов. В этом случае для определения предельной величины сдвигающей силы, приложенной вдоль оси трубопровода, необходимо вычислить коэффициент трения для конкретного типа поверхности трубы, который в том числе зависит от применяемого защитного лакокрасочного покрытия трубы (либо его отсутствия). Указанный коэффициент трения следует определять по формуле

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{F_{ri}}{P_i}}{n}, \quad (\text{Ж.9})$$

где  $\mu$  – коэффициент трения конкретного типа поверхности трубы;

$F_{ri}$  – значение сдвигающей силы, приложенной вдоль оси трубопровода, полученное в результате  $i$ -го испытания образца хомута, зафиксированного на трубе с конкретным типом поверхности;

$P_i$  – усилие предварительного натяжения  $i$ -го испытанного образца хомута;

$n$  – количество испытанных образцов хомутов, зафиксированных на трубе с конкретным типом поверхности.

Выражение в числителе формулы (Ж.9) представляет собой

$$\sum_{i=1}^n \frac{F_{ri}}{P_i} = \frac{F_{r1}}{P_1} + \frac{F_{r2}}{P_2} + \dots + \frac{F_{rn}}{P_n}, \quad (\text{Ж.10})$$

где  $F_{r1}, F_{r2}, \dots, F_{rn}$  – значения сдвигающих сил, приложенных вдоль оси трубопровода, полученные в результате испытаний образцов хомутов, зафиксированных на трубе с одинаковым типом поверхности (например, с одинаковым лакокрасочным покрытием, при его наличии);

$P_1, P_2, \dots, P_n$  – значения предварительного натяжения образцов хомута, которым соответствует значения сдвигающих сил  $F_{r1}, F_{r2}, \dots, F_{rn}$ .

В выражении (Ж.10) учитываются только результаты испытания для одинаковой поверхности трубы (с одним и тем же лакокрасочным покрытием при его наличии), поскольку коэффициент трения значительно различается для разных типов поверхности.

Для неиспытанных типоразмеров хомутов с известным коэффициентом трения  $\mu$  предельное усилие сдвига  $F_r$  допускается определять по формуле

$$F_r = \frac{\mu P}{\gamma_h}, \quad (\text{Ж.11})$$

где  $P$  – усилие предварительного натяжения хомута;

$\gamma_h$  – коэффициент, значение которого для описываемого типа соединения хомута с трубой допускается принимать равным 1,3.

Ж.6 Коэффициент трения подвижной (скользящей/роликовой) опоры  $\mu_0$  следует определять по формуле

$$\mu_0 = \frac{F_{r\text{ ср}}}{F_n}, \quad (\text{Ж.12})$$

где  $F_{r\text{ ср}}$  – средняя сила трения по результатам измерений;

$F_n$  – нормальная сжимающая сила, прикладываемая к испытываемому образцу.

## Приложение И (справочное)

### Оценка несущей способности элементов модульных систем с помощью профильных инженерных программных комплексов

#### И.1 Основные положения

И.1.1 При использовании профильных инженерных программных комплексов для оценки несущей способности элементов модульных систем следует использовать метод конечных элементов (МКЭ).

И.1.2 Прочностные характеристики устанавливаются в соответствии с требованиями стандартов на материалы и изделия, применяемые в оцениваемом элементе монтажной системы.

И.1.3 Следует учитывать геометрическую и физическую нелинейность для оценки напряженно-деформированного состояния элемента монтажной системы.

И.1.4 Предельное состояние – это состояние, при превышении которого эксплуатация конструкции невозможна или нецелесообразна. В соответствии с ГОСТ 27751 различают первую (разрушение, потеря устойчивости и т. п.) и вторую (предельные деформации и т. п.) группы предельных состояний. Предельные состояния разделяют по следующим критериям:

- предельная несущая способность – соответствует нагрузке, при превышении которой происходит разрушение конструкции (относится к первой группе предельных состояний);

- достижение предела текучести – соответствует нагрузке, при превышении которой возникают пластические деформации в конструкции (относится к первой группе предельных состояний);

- предельное состояние усталости – состояние, при превышении которого возникает разрушение вследствие циклического нагружения;

- аварийное предельное состояние – разрушение конструкции в результате аварии (например, пожара, сейсмического воздействия);

- эксплуатационное предельное состояние – нагрузка, при превышении которой возникают недопустимые величины деформаций.

И.1.5 Несущую способность первой группы предельных состояний необходимо определять одним из следующих способов:

- проверка по напряжениям без учета пластических деформаций (не учитывает возможность потери устойчивости);

- проверка по напряжениям с учетом пластических деформаций (не учитывает возможность потери устойчивости);

- проверка устойчивости.

И.1.6 На рисунке И.1 показаны пределы нагрузки и значения сопротивления, основанные на критериях безопасности.

В соответствии с упомянутыми стандартами подчеркивается, что все данные о нагрузке, рассчитанные на основе численных моделей, должны быть получены методом частичных коэффициентов. Это требование может быть записано по формуле (И.1), в соответствии с которой эффект расчетного воздействия должен быть равен или меньше расчетного сопротивления:

$$S_D \leq R_D, \quad (\text{И.1})$$

где  $S_D = S_K \gamma_F$  – эффект расчетного воздействия;

$R_D = R_k / \gamma_R$  – расчетное сопротивление (расчетная несущая способность);

здесь  $S_K$  – эффект нормативного воздействия;

$\gamma_F$  – коэффициент надежности по нагрузке;

$R_k$  – нормативное сопротивление (нормативная несущая способность);

$\gamma_R$  – коэффициент запаса.

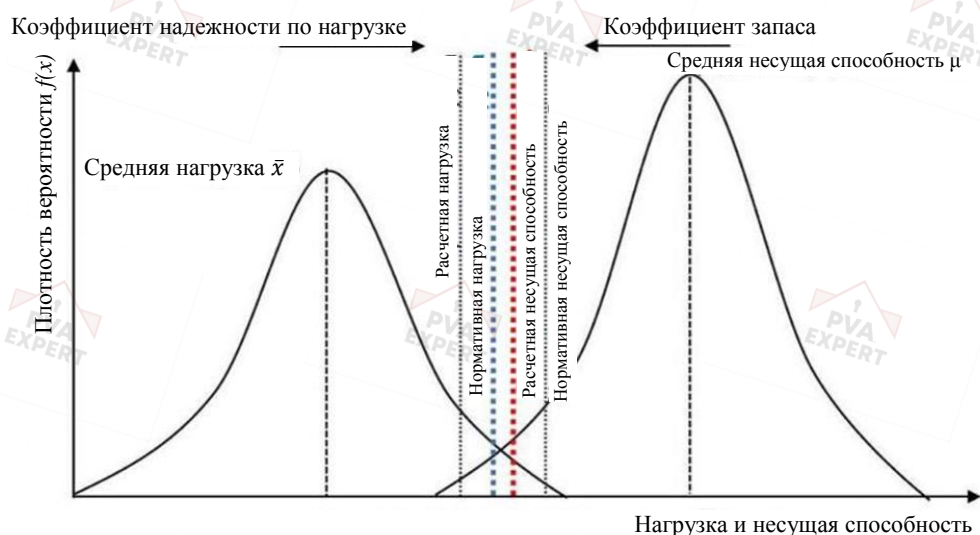


Рисунок И.1 – Пределы нагрузки и значения сопротивления, основанные на критериях безопасности

### И.1.7 Нормативное сопротивление

И.1.7.1 Фактическое сопротивление элемента монтажной системы может быть определено только с помощью испытаний. Испытания и оценку результатов выполняют в соответствии с требованиями приложений Д и Ж.

И.1.7.2 Сопротивление нагрузке, определяемое с помощью МКЭ, должно быть в пределах 5 % значений сопротивления, определенного по результатам испытаний (включая нормализацию материала), или соответствовать критериям проверки, определенным в И.2.3.

И.1.7.3 Коэффициенты, применяемые в расчете, включая коэффициент надежности по нагрузке, коэффициент надежности по материалу и коэффициент условий работы, определяют в соответствии с требованиями СП 16.13330, СП 20.13330 и других действующих нормативных документов.

### **И.1.8 Классификация «отказов»**

И.1.8.1 Классификация «отказов» определяет различные режимы разрушения стальных деталей и конструкций.

И.1.8.2 Нестабильность модели, вызывающая некорректную инверсию матрицы жесткости, может приводить к преждевременной остановке анализа (расчета) модели.

И.1.8.3 Все режимы «отказов» следует документально фиксировать в ходе расчета. Все предположения, подтверждения и проверки также должны быть указаны в отчете об определении несущей способности.

### **И.1.9 Эксплуатационная пригодность**

И.1.9.1 Как правило, эксплуатационная пригодность не является определяющим требованием при расчете МКЭ, если только не возникают значения деформаций, отличные от ожидаемых по результатам аналитических расчетов или иных способов оценки деформативности (например, деформация 30 мм для короткой консоли). Рекомендуется применять инженерную оценку, когда в качестве критерия приемлемости используют эксплуатационную пригодность. Численные значения применяемых критериев должны быть задокументированы в отчете об оценке несущей способности.

И.1.9.2 Пластичность стали сильно влияет на деформации. Вследствие значительной пластичности стальная конструкция деформируется до наступления «отказа». При работе пластичной конструкции под нагрузкой могут развиваться значительные деформации, что не является признаком «отказа». Как только соединение/элемент начинает работать в пластике, нагрузка распределяется на другие конструктивные элементы. Пластическая деформация может возникнуть до того, как будет достигнуто нормативное сопротивление.

И.1.9.3 На эксплуатационную пригодность также могут сильно повлиять небольшие зазоры на стыках деталей. Они должны быть учтены в конечно-элементной модели (КЭ-модель), чтобы их влияние на общую деформацию конструкции было определено корректно. Зазоры, указанные в инструкции по монтажу, следует учитывать в любом случае, поскольку они будут обеспечивать наиболее неблагоприятные условия работы конструкций.

И.1.9.4 Эксплуатационная пригодность часто является определяющей при достижении предельно допустимых значений деформации в том случае, если несущая способность по первой группе предельных состояний не исчерпана. Эксплуатационная несущая способность не зависит от расчетного сопротивления.

Нагрузку в расчете МКЭ следует увеличивать до тех пор, пока не будет превышен предел текучести. Это позволит использовать элемент модульной (монтажной) системы в тех случаях, когда величина деформации не является определяющей.

## **И.2 Требования к отчету по определению несущей способности МКЭ**

### **И.2.1 Определение механизма «отказа»**

В отчете по результатам оценки несущей способности элемента монтажной системы МКЭ должно быть установлен механизм «отказа». Простым примером «отказа» является потеря несущей способности в случае разрушения элемента. Этот механизм разрушения может быть определен максимальной нагрузкой, превышением предела текучести, исчерпанием возможности конструкции работать «в пластике» и т. д. При определении механизма «отказа» необходимо руководствоваться инженерной оценкой с учетом имеющегося опыта. Критерии для получения данных о нагрузке дополнительно рассмотрены в И.7.

### **И.2.2 Анализ чувствительности моделей к изменению их параметров**

И.2.2.1 Все параметры, влияющие на результат расчета, должны обеспечивать безопасность (назначаются «в запас») или соответствовать номинальным свойствам: результат будет варьироваться в зависимости от выбора типа элемента и размера КЭ-сетки (сетка разбиения плоских пластин на КЭ), материала и геометрических свойств, толщины элемента, несовершенств (дефектов).

И.2.2.2 Для свойств материала одним из ключевых параметров является возникновение физической нелинейности. В связи с этим следует использовать номинальные механические свойства материала. Более подробное описание см. в И.5.

И.2.2.3 При учете несовершенств КЭ-модели следует выполнить анализ чувствительности.

### **И.2.3 Требования к проверке КЭ-модели и результатов расчета**

И.2.3.1 Проверка заключается в сравнении численных результатов с экспериментальными данными, эмпирическими расчетами или другими ранее полученными достоверными данными. Проверка должна показывать, что модель отражает реальную работу элементов монтажной системы, а результаты расчета являются достоверными.

И.2.3.2 Проверка должна иметь хорошую сходимость с точным математическим решением. Например, значения реакций в болтовых соединениях, полученные аналитическим расчетом, должны быть аналогичны результатам, полученным с помощью КЭ-модели.

И.2.3.3 В зависимости от специфики оцениваемой конструкции следует выбрать и зафиксировать в отчете применяемый метод проверки. Наиболее эффективный способ проверки – сравнение с результатами испытаний.

И.2.3.4 Проверку проводят на усмотрение лица, выполняющего оценку несущей способности элемента. Допускается не выполнять проверку в случае отсутствия необходимости в ней (на основании имеющегося опыта).

И.2.3.5 Проверка результатов расчета МКЭ должна включать:

- проверку чувствительности входных параметров;
- инженерную оценку результатов:
  - приложенная нагрузка соответствует реакциям опоры,

- аналитический расчет крепежных деталей соответствует реакциям в модели,
- приложенная нагрузка соответствует нагрузкам в сварных швах,
- деформированная модель близка к реальной работе конструкции и др.;
- сравнение с аналогичными расчетами.

И.2.3.6 Проверка должна показать, что модель подходит для решаемой задачи. Если КЭ-модель соответствует установленным требованиям, то несущая способность, вычисленная по МКЭ, также будет соответствовать требованиям.

И.2.3.7 Для проверки моделей применяют коэффициент модели  $\gamma_{FE}$  (И.1.7.2). Этот коэффициент используют для проверки надежности численной модели, охватывает ее неопределенности, но не исключает применение других коэффициентов.

Этот коэффициент определяется сравнением численных и тестовых результатов, как показано в формуле (И.2). Для расчета коэффициента модели для каждого образца должно быть рассчитано соотношение результата испытаний и численного моделирования  $n$  ( $R_{test}/R_{numerical}$ ), затем для проверки могут быть определены среднее значение  $m_x$  и коэффициент вариации  $V_x$ :

$$\gamma_{FE} = \frac{1}{m_x(1-k_n V_x)} \geq 1,0, \quad (\text{И.2})$$

где  $m_x$  – среднее значение соотношения результатов испытаний и вычисленных характеристик для  $n$  образцов;

$k_n$  – коэффициент фрактальности характеристик в соответствии с таблицей И.1;

$V_x$  – коэффициент вариации соотношения результатов измерений и вычислений для  $n$  образцов.

Если  $m_x$  лежит за пределами диапазона  $0,8 < m_x < 1,25$ , результаты моделирования следует признать недействительными и выполнить дальнейшие вычисления.

$\gamma_{FE}$  использовать при анализе усталости не допускается.

Данную проверку следует выполнять для основных рабочих направлений для элемента монтажной системы, значения сопротивления которого определяют с помощью МКЭ. Для неосновных рабочих направлений проверка опциональна.

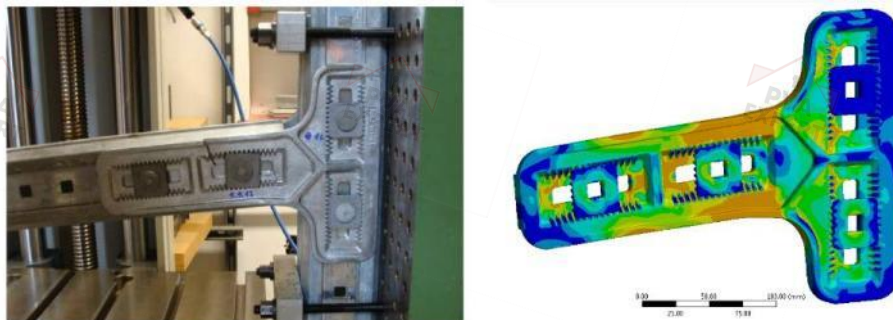


Рисунок И.2 – Сопоставление результатов испытаний и расчетов МКЭ

## **И.2.4 Калибровка КЭ-модели**

И.2.4.1 Если отсутствуют данные, полученные в ходе предыдущих испытаний на аналогичных компонентах монтажных систем с удовлетворительными результатами, необходимо провести испытания образцов.

И.2.4.2 КЭ-модель должна быть максимально приближена к условиям испытаний. Приложение внешних нагрузок и граничные условия должны быть аналогичны. Диаграмма зависимости деформаций от нагрузки должна соответствовать нормализованным результатам испытаний, что подтверждает жесткость модели и несущую способность. В противном случае КЭ-модель требует калибровки. Процесс калибровки требует настройки параметров и свойств до тех пор, пока диаграммы испытаний и численного моделирования не будут соответствовать друг другу.

## **И.3 Разработка КЭ-модели**

### **И.3.1 Геометрические характеристики и форма**

И.3.1.1 Геометрия всех деталей КЭ-модели может быть реализована путем импорта трехмерной модели, разработанной с помощью САПР (Autocad или др.). Помимо модели САПР должны быть использованы детализированные чертежи для исключения неточностей и недостатков модели САПР.

И.3.1.2 Следует учитывать требования инструкции по монтажу согласно И.1.9.3, чтобы КЭ-модель соответствовала наиболее неблагоприятным условиям работы конструктивного элемента.

И.3.1.3 Там, где это применимо, КЭ-модель необходимо очистить от ненужных деталей. Мелкие детали, которые не имеют большого значения, не следует учитывать в КЭ-модели, поскольку они препятствуют достижению корректной сетки конечных элементов.

И.3.1.4 Геометрия КЭ-модели должна соответствовать номинальным размерам. Значительные отклонения от номинальных значений размеров конструкции влияют на конечный результат расчета МКЭ. Параметры, определенные для расчета МКЭ, должны быть отражены в отчете определения несущей способности.

### **И.3.2 Построение КЭ-сетки**

И.3.2.1 Тип используемого элемента и постановку задачи определяют на основе выбранных критериев предельного состояния. Использование элементов высокого порядка релевантно для точных оценок напряжений. Чтобы достичь такой же точности, используя элементы более низкого порядка, следует использовать большее количество элементов. Это также влияет на общее время выполнения расчета, поэтому лицо, выполняющее КЭ-расчет, должно выбрать подходящий тип элементов для рассматриваемой задачи.

#### **И.3.2.2 Густота КЭ-сетки**

Для достижения достоверной оценки деформации должно быть несколько конечных элементов или, по крайней мере, достаточное количество узлов по толщине

детали. Грубая КЭ-сетка влияет на распределение нагрузки и может привести к некорректным результатам.

#### И.3.2.3 Измельчение КЭ-сетки

КЭ-сетка должна быть рациональной и точной. Это гарантирует, что режимы «отказа» будут корректно определены и будет использовано минимально необходимое количество элементов. Следует провести проверку на измельчение сетки. Это выполняют путем повторного выполнения расчета с элементами сетки, имеющими вдвое меньшие размеры, для подтверждения корректности модели. Сингулярности и точки с аномальными локальными максимумами следует игнорировать (И.3.2.6). Результат этой проверки должен быть зафиксирован в отчете.

Более мелкую сетку следует использовать в местах, где ожидаются большие изменения внутренних сил, или в местах с высокой концентрацией напряжений.

#### И.3.2.4 Качество КЭ-сетки

Для расчета, в котором ожидается возникновение пластики, рекомендуется создавать КЭ-сетку с высококачественными элементами, как уже упоминалось в предыдущем подпункте. Пример показан на рисунке И.3.

В случае если работа конструктивного элемента изучена (по результатам испытаний), допускается проводить моделирование с помощью высококачественной сетки только того элемента узла соединения, который представляет основной интерес. Для малоизученных конструктивных систем рекомендуется использовать сетку с элементами хорошего качества для всех деталей узла соединения.

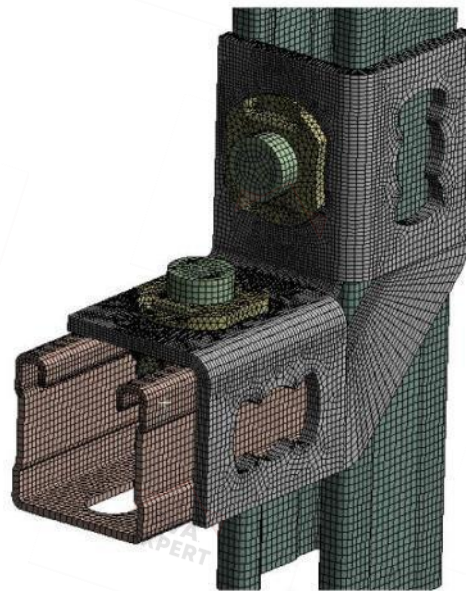


Рисунок И.3 – Пример общего вида КЭ-сетки

Элементы, имеющие непропорциональное соотношение сторон (например, ширина значительно больше длины или наоборот), негативно влияют на качество расчета. При этом, если таких элементов немного по сравнению с общим количе-

ством, они вряд ли окажут негативное влияние на результат. Рекомендуется, чтобы по крайней мере 75 % элементов имели соотношение сторон меньше 2.

#### И.3.2.5 Форма конечного элемента

Соотношение формы элемента определяется как соотношение между самыми длинными и самыми короткими размерами элемента. Элемент сетки, имеющий все стороны равной длины, считается совершенным элементом. Большую величину соотношения формы имеют длинные и тонкие элементы. Для качественной КЭ-сетки предел соотношения сторон должен быть меньше 3 для большинства элементов для получения корректных результатов по напряжениям, меньше 5 – для корректных результатов по деформациям.

Идеальной формой для четырехугольных элементов является квадрат, а для треугольных элементов – равносторонний треугольник. Аналогично, для тетраэдрических элементов – пирамида, а для шестигранных элементов – куб. Элементы более высокого порядка более восприимчивы к отклонениям от идеального соотношения сторон, чем элементы более низкого порядка, из-за наличия узлов на гранях, которые позволяют проводить нелинейный анализ деформации между углами элемента.

Чувствительность элемента в значительной степени зависит от соотношения сторон. Поскольку данное соотношение связано с математической постановкой задачи, работа моделируемой конструкции может быть искажена и результаты могут быть некорректны для элементов с плохим соотношением формы. Наклон стороны элемента определяется отклонением от прямого угла для элементов четырехугольной формы и отклонением от  $60^\circ$  для треугольных элементов. Четырехугольные элементы, имеющие наклон, т. е. имеющие форму параллелограмма, как правило, работают лучше, чем элементы более неправильной формы. Не рекомендуется использовать четырехугольные элементы с углами больше  $135^\circ$  и меньше  $45^\circ$ . Рекомендуемые величины углов треугольника находятся в диапазоне от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ .

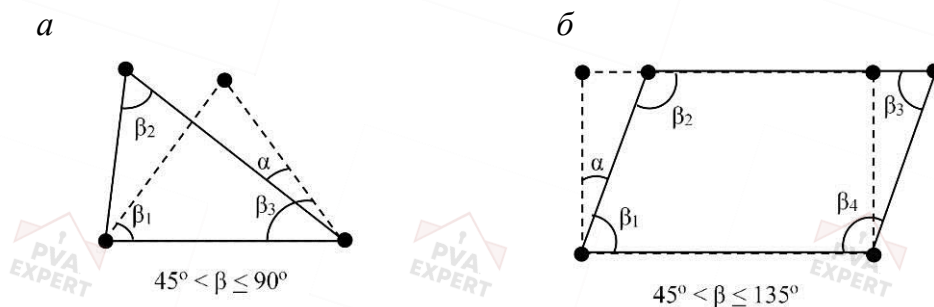
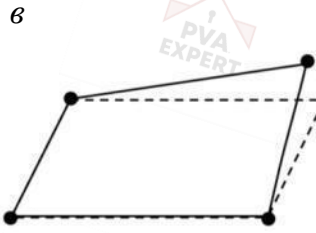


Рисунок И.4 – Пример элементов треугольной и четырехугольной формы, лист 1



- $a$  – треугольный элемент с отклонением от равносторонней формы;  
 $b$  – четырехугольный элемент в форме параллелограмма;  $в$  – четырехугольный элемент неправильной формы

Рисунок И.4 – Пример элементов треугольной и четырехугольной формы, лист 2

Не рекомендуется наличие элементов неправильной формы, так как это искажит работу моделируемой конструкции. Искажение должно быть сведено к минимуму за счет использования треугольных элементов на криволинейных поверхностях.

#### И.3.2.6 Сингулярности

Сингулярность напряжений – это местоположение в МКЭ, где значение напряжения бесконечно. Сингулярность возникает в случае, если нагрузка приложена к одному узлу, что происходит при использовании грубой КЭ-сетки. Это явление не встречается в реальных конструкциях и является ошибкой КЭ-расчета, обычно возникающей на острых краях или в местах разрывов геометрии или материала.

Таким образом, КЭ-модель должна быть упрощена, а импортированная геометрия должна быть очищена от лишних элементов для снижения вероятности сингулярностей. Исключить сингулярность возможно следующими мероприятиями:

- замена сосредоточенной силы на распределенную по площади нагрузку;
- скругление острых углов;
- назначение граничных условий (ограничения на перемещение) на несколько узлов;
- использование линеаризации напряжений (приведение к линейному виду).

Для интерпретации результатов КЭ-расчета в тех случаях, когда возникают сингулярности, часто требуется инженерная оценка.

### И.3.3 Зубчатые соединения

И.3.3.1 В монтажных системах могут применяться крепежные элементы, в которых используется зубчатое соединение.

Моделирование зубчатости соединенных элементов является трудоемкой и нецелесообразной задачей, так как контактные поверхности должны быть определены для каждой грани в сочетании с очень мелкой сеткой. Альтернативное решение [пример того, как имитировать сопряжение (контакт)] показано на рисунке И.5.

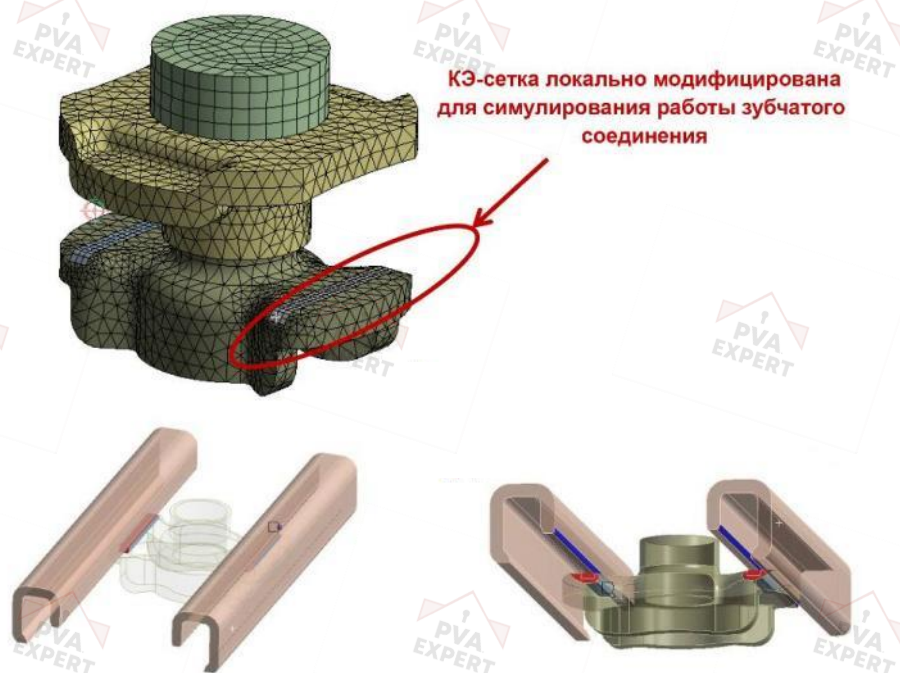


Рисунок И.5 – Пример моделирования зубчатого соединения

И.3.3.2 Чтобы избежать местного неравновесия и при этом имитировать реалистичный контакт, используют комбинацию неровного и фрикционного контакта (неровный контакт позволяет избежать скольжения, но допускает вращение). Зубчатое соединение позволяет избежать скольжения только в одном направлении. Поэтому для моделирования реальной работы конструктивного элемента необходимо выполнить повторную проверку.

Реакции на контактных поверхностях между соединителем и профилем должны быть проверены вручную. Сопротивление зубчатого соединения определяют в результате испытаний.

#### И.3.4 Болты

И.3.4.1 Болты часто применяются в соединениях монтажных систем и должны быть включены в КЭ-модель, чтобы отразить реальную работу соединения. Болты в сочетании с гайками и шайбами служат для соединения двух и более деталей, и, моделируя их, можно обеспечить близкие к реальным жесткость соединения и его податливость.

Существует несколько вариантов численного моделирования болта и других крепежных изделий:

- а) твердотельная модель с точно такой же геометрией, включая резьбу;
- б) твердотельная модель с упрощенной геометрией;
- в) линейный конечный элемент, работающий на изгиб, с номинальным поперечным сечением болта, соединенный по кромке или по грани соединяемых элементов.

И.3.4.2 Рекомендуется использовать вариант моделирования болта по перечислению б) И.3.4.1, поскольку при его использовании моделируются все соответствующие эффекты в конструктивных элементах, особенно для тонких пластин.

При упрощении геометрии болта в зависимости от необходимого уровня упрощения модели:

- следует соблюдать номинальные размеры стержня;
- головка болта и гайка должны быть упрощены, насколько возможно;
- высота головки болта должна соответствовать номинальной;
- шайбы должны быть исключены либо включены в болт/гайку.

Контакт между болтами и другими конструктивными элементами допускается моделировать как фрикционный или бесфрикционный (см. И.3.10). Зазоры, имеющиеся в реальной конструкции (в узле), должны быть отражены в модели. Число контактов должно быть сокращено до минимально возможного количества (см. И.3.9).

### **И.3.5 Анкеры**

И.3.5.1 Описанное в предыдущем подразделе для болтов также применимо к анкерам – геометрию модели следует упрощать.

И.3.5.2 При креплении в бетон анкеры крепят только к опорным пластинам.

И.3.5.3 Для включения анкера в модель необходимо корректно определить его жесткость: крепление в бетон моделируют с помощью пружины с соответствующей жесткостью анкера.

И.3.5.3 Допускается моделировать как фрикционный, так и бесфрикционный контакт между анкером и другими элементами конструкции, как описано далее в И.3.10.

### **И.3.6 Самонарезающие винты**

И.3.6.1 Геометрическое моделирование винтов осуществляют по тому же принципу, который определен для болтов в И.3.4, в том числе в части упрощения модели.

И.3.6.2 Резьбу, как правило, моделируют в качестве жесткого соединения (см. И.3.10) с конструктивным элементом.

И.3.6.3 Рекомендуется разделить поверхность стержня в месте, где резьба входит в металл соединяемых элементов, что позволит релевантно смоделировать работу соединения и получить корректные результаты. Это позволяет различать модели соединения резьбы самонарезающего винта со сталью конструктивного элемента, в которых имитируется жесткое соединение, и модели конструктивных элементов, в которых применяется преднапряжение.

И.3.6.4 Все остальные контакты со стальными конструктивными элементами должны соответствовать тем же рекомендациям, что и для болтов, включая сопротивление, определенное на основе испытаний.

### **И.3.7 Монтажные гайки**

И.3.7.1 Вследствие предварительного натяжения болтов отгибы профиля в местах контакта с монтажной гайкой деформируются пластически. Это обеспечивает соответствие физической модели фактическому сопротивлению соединения, полученному по результатам испытаний.

И.3.7.2 При моделировании контакта монтажной гайки по сравнению с зубчатым соединением существуют отличия. Монтажная гайка закреплена от поворота. Между монтажной гайкой и профилем назначают фрикционное соединение. Сопротивление сдвигу в направлении вдоль профиля моделируют пружинами, установленными между контактной поверхностью монтажной гайки и профилем. Жесткость этих пружин определяют по результатам испытаний и используют в модели. Соблюдение данного принципа обеспечивает корректную жесткость соединения.

### **И.3.8 Сварные швы**

И.3.8.1 Сварные швы, как правило, не моделируют при определении статического сопротивления. Сварные элементы должны быть соединены непрерывной КЭ-сеткой, т. е. замоделированы одной деталью. Также допускается использовать сварной контакт для соединения различных деталей (следует обеспечить непрерывность КЭ-сетки). Прочность сварных швов должна быть проверена в соответствии с требованиями СП 16.13330 с использованием реакций, взятых из модели (приложенная нагрузка и реакции опоры).

И.3.8.2 Как правило, размеры сварного шва эквивалентны толщине стальных пластин. Рекомендуется выполнить проверку чувствительности, чтобы сравнить сопротивление и жесткость со сварными швами и без них, и сравнить результаты КЭ-расчета с результатами испытаний.

И.3.8.3 Сварные швы рекомендуется рассчитывать вручную. Сварной шов редко влияет на конструкцию, но влияет на жесткость конструктивного элемента.

### **И.3.9 Предварительное напряжение**

И.3.9.1 Предварительное напряжение крепежных изделий часто оказывает значительное влияние на прогибы и напряжения в модели. Величина предварительного напряжения должна быть предусмотрена при разработке конструктивных элементов системы и рассчитана в соответствии с действующими НД.

И.3.9.2 Предварительное напряжение прикладывают ко всем крепежным изделиям одновременно, если иное не предусмотрено инструкцией производителя по монтажу.

И.3.9.3 В настоящее время отдельные современные расчетные комплексы позволяют смоделировать предварительное натяжение крепежных изделий, выбрав только одну грань (см. И.3.6). Рекомендуется четко определить поверхность, к которой прикладывают предварительное напряжение для предотвращения проблем с конвергенцией. Это выполняют на первом этапе моделирования, когда предварительное напряжение увеличивают до 100 % и оставляют без изменений на последующих этапах нагружения, когда прикладывают внешнюю нагрузку.

И.3.9.4 Рекомендуется прикладывать предварительное напряжение на все крепежные изделия незначительной величины (до 5 % расчетной несущей способности) на все крепежные изделия, даже если предварительное напряжение отсутствует. Это должно обеспечить устойчивость численной модели, например при использовании анкеров.

### И.3.10 Моделирование контактов

И.3.10.1 КЭ-модели состоят из отдельных конструктивных элементов, таких как профили, балки, винты, сварные швы и т. п., соединенных между собой. Конструктивные элементы должны быть соединены для имитации их взаимодействия. В КЭ-модели взаимодействие допускается обеспечить с помощью контактов.

И.3.10.2 В общем случае два примыкающих друг к другу конструктивных элемента, не являющиеся обособленными в реальной конструкции, не могут деформироваться таким образом, чтобы их КЭ-модели взаимопроникали друг в друга. Благодаря контакту между конструктивными элементами передаются сжимающие и касательные силы, но не передаются растягивающие нормальные силы.

И.3.10.3 Контакт является наиболее распространенным источником нелинейности. Жесткость системы зависит от состояния контакта и от того, соприкасаются ли детали: если контакт не смоделирован, взаимодействие между элементами в КЭ-модели будет некорректным.

И.3.10.4 Существует несколько типов контактов (см. таблицу И.1), используемых в современных расчетных комплексах для корректного моделирования работы конструкции. Выбор типа контакта определяется взаимодействием реальных конструктивных элементов.

Т а б л и ц а И.1 – Типы контактов и ограничения

Тип контакта	Нормальное направление		Касательное направление
	Взаимопроникновение	Разъединение	Скольжение
Фрикционный	–	+	Проскальзывание с заданным коэффициентом трения
Бесфрикционный	–	+	+
Неровный	–	+	–
Непрерывное соединение	–	–	+
Жесткий	–	–	–

И.3.10.5 Контакт в нормальном направлении. Постановка задачи

И.3.10.5.1 Для нелинейного контакта твердого тела с поверхностью допускается использовать метод штрафных функций или расширенный метод Лагранжа. Оба метода основаны на «штрафах», где сила контакта зависит от взаимопроникнове-

ния и жесткости контакта: чем выше жесткость, тем ниже проникновение для той же силы, согласно формуле

$$F_{normal} = k_{normal} x_{penetration}. \quad (И.3)$$

И.3.10.5.2 В идеализированном случае контакт имеет бесконечную жесткость и нулевое проникновение, что численно невозможно с помощью методов, основанных на «штрафах». Вместо этого допускается небольшое или незначительное проникновение для достижения достоверных результатов, а идеализированные пружины добавляют жесткости контакту.

И.3.10.5.3 Разница между методом штрафных функций и расширенным методом Лагранжа заключается в том, что последний увеличивает расчетную величину контактной силы на постоянную величину, из-за чего этот метод менее чувствителен к величине контактной жесткости. Обнаружение контактов для этих методов осуществляется в точках взаимодействия, что позволяет обнаруживать больше точек, чем определено КЭ-сеткой. Кроме того, инженер может изменить жесткость контакта при условии обеспечения сходимости, но это может привести к величине проникновения, превышающей допустимую.

И.3.10.5.4 В случае жесткого и неразделенного контакта (сплошного соединения) допускается применение MPC-связей<sup>1)</sup>. Рекомендуется использовать расширенный метод Лагранжа для контактов в нормальном направлении с возможностью использования MPC-связей в жестких соединениях. Данный метод эффективен, например, для моделирования сварных швов.

И.3.10.6 Контакт в касательном направлении. Постановка задачи

И.3.10.6.1 В касательном направлении два тела не должны скользить относительно друг друга, «прилипая» друг к другу (пока сила трения не будет преодолена нагрузкой).

И.3.10.6.2 В таблице И.2 приведены методы решения контактной задачи, а также их преимущества и недостатки.

И.3.10.6.3 Расширенный метод Лагранжа рекомендуется для фрикционных и бесфрикционных контактов при значительных деформациях.

И.3.10.6.4 Жесткие соединения применяют при использовании метода штрафных функций со значительной нормальной жесткостью по умолчанию. Возможно применение MPC-связей в соответствии с допущениями, указанными в таблице И.2.

И.3.10.6.5 В инженерных программных комплексах в формуле (И.3) параметром  $k_{normal}$  является «Нормальная жесткость» со значением, равным 1,0. Для изгибаемых элементов сложнее обеспечить сходимость решения. Меньшие значения  $k_{normal}$  могут быть использованы для обеспечения конвергенции. Большее значение  $k_{normal}$  обеспечивает более высокую точность, но становится сложнее обеспечить

<sup>1)</sup> От англ. «Multi-Point Constraint» (буквальный перевод на русский – «многоточечное ограничение»).

сходимость задачи. Меньшее значение  $k_{normal}$  способствует обеспечению сходимости, но при этом возникает большее значение проникновения, что должно быть проанализировано при обработке результатов.

### И.3.10.7 Симметричная и ассиметричная работа

И.3.10.7.1 При назначении контакта необходимо определить контактные и целевые поверхности по принципу «ведущий–ведомый». Назначение ролей этих поверхностей позволяет определить, какие поверхности будут взаимодействовать.

Работа контакта может быть симметричной либо ассиметричной:

- симметричная работа – контактная поверхность не может проникнуть в целевую поверхность, а целевая поверхность не может проникнуть в контактную поверхность (по умолчанию):

- вычислительно-трудоемкая задача;

- интерпретация результатов, таких как давление в зоне контакта, может быть более сложной (результаты формируются для обеих поверхностей отдельно, реакция является средним значением для контактной и целевой поверхностей);

- рекомендуется, когда затруднительно определить, какая поверхность является контактной, а какая – целевой.

- ассиметричная работа – только контактная поверхность не может проникнуть в целевую поверхность:

- некорректный выбор целевой и контактной поверхностей может повлиять на достоверность результатов расчета,

- анализировать результаты проще по сравнению с симметричной работой, так как все данные приведены для контактной поверхности;

- автоматическая ассиметрия – назначение контактной и целевой поверхностей может быть изменено программой:

- программа может автоматически изменять назначение неправильно заданных поверхностей.

Таблица И.2 – Преимущества и недостатки методов

Преимущества/ недостатки	Метод штрафных функций	Расширенный метод Лагранжа	Нормальный метод Лагранжа	МРС-связи
Преимущества	Несколько уравнений равновесия	Применимо для любого типа контактов	Не требуется нормальная контактная жесткость	Правдоподобная работа конструкции при условии сходимости
	Применимо для любого типа контактов	Менее чувствителен к жесткости контакта	Проникновение близко к нулю	Не требуется нормальная контактная жесткость
	Доступны симметричные и асимметричные контакты	Проникновение возникает, но «контролируется»	Применимо для любого типа контактов	Нет проникновения
	Обнаружение контактов в точках взаимодействия	Доступны симметричные и асимметричные контакты  Обнаружение контактов в точках взаимодействия		

Окончание таблицы И.2

Преимущества/недостатки	Метод штрафных функций	Расширенный метод Лагранжа	Нормальный метод Лагранжа	MPC-связи
Недостатки	Чувствительный к выбору жесткости  Проникновение возникает, но не контролируется	Может потребоваться дополнительная итерация равновесия при значительном проникновении	Может потребоваться дополнительное уравнение равновесия, если присутствует колебание  Только для прямого решателя  Только асимметричный контакт  Обнаружение контактов в узлах	Только для жесткого и сплошного соединений  Только асимметричный контакт  Обнаружение контактов в узлах

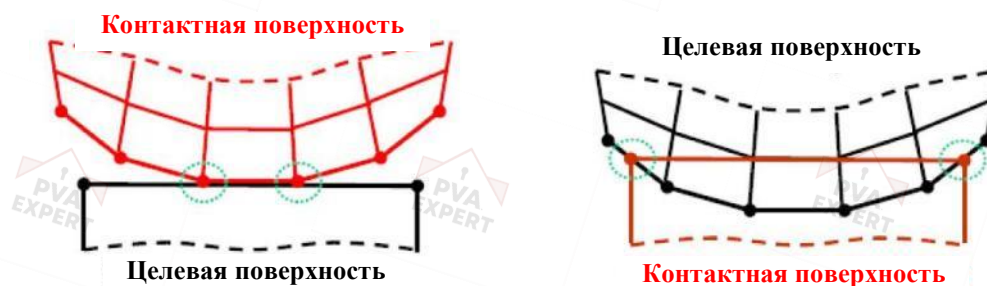


Рисунок И.6 – Ассиметричная контактная работа

## И.3.10.8 Обработка поверхности и трение

И.3.10.8.1 Для обработки поверхности элементов монтажных систем применяют различные способы: черная сталь, горячее цинкование, нержавеющая сталь,

цинк-магниевое покрытие и т. д. Различные виды поверхности имеют различный коэффициент трения.

И.3.10.8.2 Коэффициент трения поверхности элемента монтажной системы может быть определен согласно действующим НД для соответствующего типа обработки поверхности.

И.3.10.8.3 Для расчета элементов монтажных систем следует использовать наименьшее значение коэффициента для обеспечения более высокой надежности конструкции (в запас).

И.3.10.8.4 В случае если значение коэффициента трения неизвестно для поверхности, обработанной определенным способом, допускается принимать значение коэффициента трения равным  $\mu = 0,2$ . Использование в расчетах коэффициента трения со значением более 0,2 допускается в случае, если используемое значение коэффициента трения подтверждено результатами испытаний.

И.3.10.8.4 Для соединений и контактов неметаллических элементов монтажных систем, а также для контактов металлических элементов монтажных систем с неметаллическими материалами трение не учитывают.

### **И.3.11 Несовершенства**

И.3.11.1 Влияние несовершенств следует учитывать, когда это целесообразно, то есть в случаях, когда несовершенства влияют на результаты КЭ-расчета.

И.3.11.2 Типы несовершенств, используемых в КЭ-моделях: остаточные напряжения (после изготовления), геометрические несовершенства или эквивалентные геометрическим несовершенствам изменения формы конструктивного элемента.

И.3.11.3 Несовершенства, которые следует учитывать в КЭ-модели:

- геометрические отклонения от идеальной формы;
- остаточное напряжение;
- дефекты граничных условий.

И.3.11.4 Для определения возможного режима «отказа» следует выбрать наиболее неблагоприятное несовершенство.

И.3.11.5 Для определения сопротивления элементов монтажной системы и для определения необходимости учета несовершенств в КЭ-модели следует выполнить расчет методом анализа линейной бифуркации. Данный метод расчета позволяет определить нагрузку, при которой конструкция приходит в кинематическое движение.

Также допускается применять метод нелинейного бифуркационного анализа. Однако данный метод не рекомендуется к применению из-за более высоких затрат при вычислении. При этом результат расчета при применении данного метода для элементов монтажных систем не будет иметь существенной разницы по сравнению с методом анализа линейной бифуркации.

И.3.11.6 Если значение нагрузки, полученное по расчету, невелико (например, менее чем в три раза превышает ожидаемое значение несущей способности), сле-

дует учесть в КЭ-модели несовершенства. В противном случае несовершенствами допускается пренебречь. Информация о наличии несовершенств в КЭ-модели должна быть зафиксирована в отчете о выполненном расчете.

#### И.3.11.7 Геометрические несовершенства

В КЭ-модели допускается использовать геометрические несовершенства или эквивалентные геометрические несовершенства, такие как несовершенства конструктивного элемента, формы, введенные в КЭ-модель в виде смещения на конкретное значение или на основе результатов линейного бифуркационного анализа, использующего собственные формы колебаний, для определения режима «отказа» (обычно первая глобальная и первая локальная собственные формы колебаний являются определяющими).

Примеры геометрических несовершенств приведены в таблице И.3.

Т а б л и ц а И.3 – Примеры геометрических несовершенств

Ширина панели или суб-панели	
Местное коробление выступающих элементов для холодногнутых конструкций	

### И.4 Конечно-элементный решатель

И.4.1 Большинство элементов монтажных систем и вариантов их нагружения считаются статическими или квазистатическими. Нагрузка нарастает постепенно. Для определения несущей способности в статической постановке используют систему статического КЭ-расчета.

#### И.4.2 Решатель уравнений

Следует выбрать решатель, подходящий для рассматриваемой задачи:

- разреженный прямой решатель (расчеты для линейной и нелинейной задачи, статические расчеты и анализ полного переходного процесса);
- алгоритм сопряженных градиентов (для большеразмерных моделей, громоздких конструкций);
- итерационный решатель (для линейных статических расчетов, анализа полного переходного процесса и статического термического расчета).

И.4.3 Для расчетов несущей способности элементов монтажных систем рекомендуется использовать прямой решатель. Прямой решатель, в отличие от итерационных решателей, включенных в программу, является надежным решателем (с высокими системными требованиями).


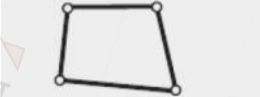
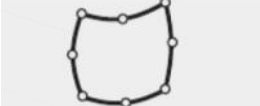
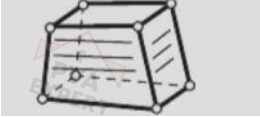
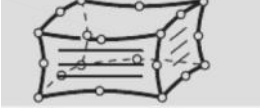
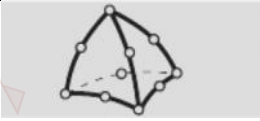

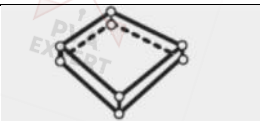
И.4.4 На сходимость влияет дискретизация по времени. При использовании автоматической дискретизации по времени не всегда сходится КЭ-модель; необходимо перебором подобрать подходящий шаг нагружения во времени для осуществления расчета либо разделить нагрузку на меньшие части. Когда развивается пластическая деформация в элементах монтажных систем при работе под нагрузкой, ожидается, что нагрузка будет разделена на очень небольшие временные шаги.

И.4.5 Выбор правильной постановки рассматриваемой задачи для конечных элементов имеет ключевое значение для достижения достоверного решения. Например, лишние степени свободы увеличивают требования к памяти для решения и время его выполнения. С другой стороны, следует определить необходимые степени свободы для конкретной задачи. Приведенная ниже таблица И.4 не является подробной сводной информацией обо всех элементах, применяемых в численном моделировании; в таблице И.4 сведена постановка задачи для конечных элементов, применяемая для расчета монтажных систем. Дополнительную информацию о постановке численной задачи см. в руководствах для используемых профильных инженерных программных комплексов.

Т а б л и ц а И.4 – Постановка задачи для конечных элементов

Кинематические элементы, обеспечивающие связи внутри модели	Тип 1 Структурное многоточечное ограничение Степени свободы: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	
Элемент оболочки	Тип 2.1 4-узловая оболочка Степени свободы: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	
	Тип 2.2 8-узловая оболочка Степени свободы: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	
	Тип 2.3 4-узловая оболочка, трехмерная панель сдвига/скручивания Степени свободы: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	

## Окончание таблицы И.4

	Тип 2.4 4-узловая оболочка, трехмерная мембранная оболочка Степени свободы: UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ	
Элемент плоскости	Тип 3.1 Двухмерное 4-узловое твердое тело Степени свободы: UX, UY	
	Тип 3.2 Двухмерное 8-узловое твердое тело Степени свободы: UX, UY	
Твердое тело	Тип 4.1 8-узловое твердое тело Степени свободы: UX, UY, UZ	
	Тип 4.2 20-узловое твердое тело Степени свободы: UX, UY, UZ	
	Тип 4.3 10-узловое пирамидоподобное твердое тело Степени свободы: UX, UY, UZ	
	Тип 4.4 4-узловое пирамидоподобное твердое тело с узловым давлением Степени свободы: UX, UY, UZ, HDSP	
Трехмерный элемент объемной оболочки – элемент SOLSH	Тип 5.1 8-узловое твердое тело объемной оболочки Степени свободы: UX, UY, UZ	
Примечание – Типы элементов могут отличаться в зависимости от используемого программного обеспечения.		

И.4.6 Определение напряжений допускается выполнять с использованием конечных элементов со сплошными напряжениями (элементы, которые определяют объем конструкции, используемые для расчета прогиба и напряжений) или элементов оболочки (моделируют конструкции, где один размер намного меньше, чем два других).

И.4.7 Элементы непрерывного напряжения эффективны в части трудозатрат при вычислениях, но не являются достаточно надежными, то есть точными, для

общего расчета напряжений. Даже при расчете в линейной постановке элементы низкого порядка склонны к «заклиниванию» от сдвига при работе на изгиб. Элементы более высокого порядка не склонны к «заклиниванию» от сдвига в силу использования квадратичных функций, но подвержены объемному «заклиниванию». При использовании объемных элементов следует выполнять дискретизацию по толщине и проверять ее точность.

И.4.8 Элементы оболочки создают путем создания КЭ-сетки поверхности, представляющей положение и форму конструкции, с установленными характеристиками поперечного сечения.

И.4.9 Выбранные типы применяемых в КЭ-модели элементов и параметры качества КЭ-сетки должны быть зафиксированы в отчете.

## **И.5 Моделирование материала**

И.5.1 Материал модели должен предусматривать нелинейную работу при превышении предела текучести (предела пропорциональности).

Калибровку материала модели следует осуществлять на основе опытных данных. Калибровка должна отражать номинальные свойства стали, как указано в И.2.4.

Для элементов монтажных систем сопротивление допускается устанавливать с учетом упругопластической работы. Поскольку одним из предельных состояний является локальная деформация, жесткость, зависящая от материала, должна быть релевантной для обеспечения соответствия деформаций КЭ-модели реальным деформациям, полученным по результатам калибровочных испытаний.

И.5.2 В нормативных документах представлены диаграммы работы и (или) механические характеристики горячекатаных сталей, которые следует использовать в численном моделировании. При этом использование нелинейности применимо не ко всем видам задач численного моделирования.

И.5.3 Диаграммы работы стали, рекомендованные к использованию при численном моделировании, приведены на рисунке И.7. На диаграммах показана площадь текучести. Некоторые программные комплексы не принимают модели с нулевой жесткостью (на площадке текучести), поскольку конечный элемент, работающий в пластике, условно имеет нулевую жесткость. Чтобы исключить ошибки в КЭ-расчете, используют численные модели с численно малым значением ( $E/1000$ ).

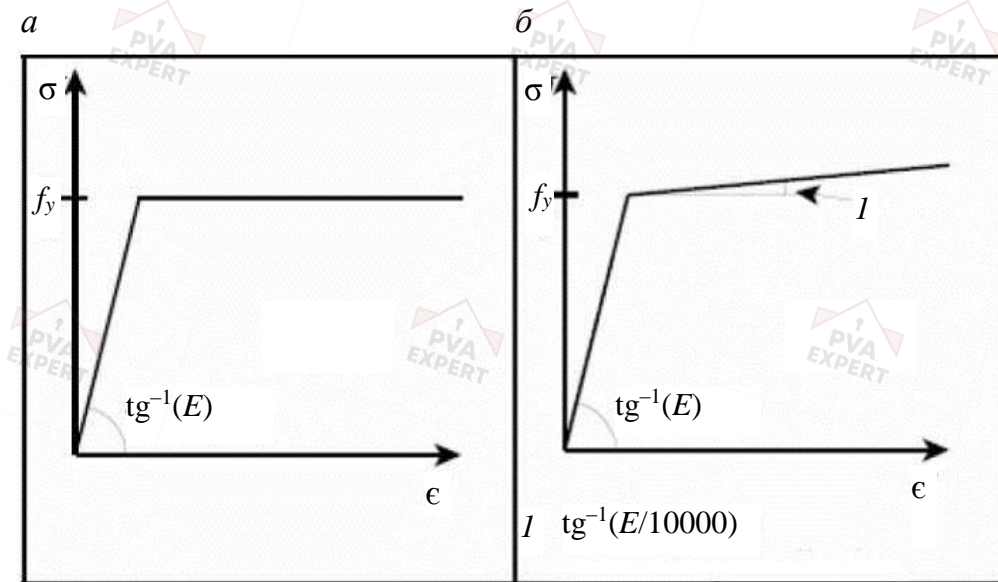
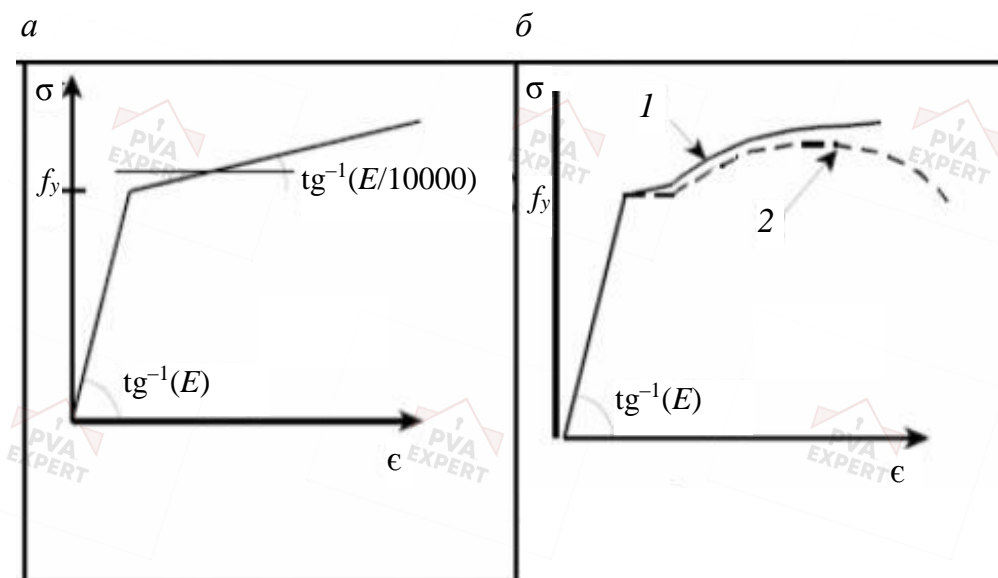


Рисунок И.7 – Диаграмма работы стали с площадкой текучести

Падение жесткости элементов приводит к значительно завышенным деформациям.

И.5.4 Модели на рисунке И.8 учитывают упрочнение стали. Модель *a* имеет жесткость  $E/100$  в пластичном состоянии. Эта жесткость завышена по сравнению с фактической жесткостью материала, что позволяет получить достоверные результаты.

Модель *б* представляет реальное поведение материала – учитывает короткую площадку текучести для численной стабильности. Чтобы добиться такого результата моделирования, необходимо провести испытания всех материалов, что избыточно и трудозатратно.



1 – истинная диаграмма «напряжение–деформация»; 2 – диаграмма «напряжение–деформация», построенная по результатам испытаний

Рисунок И.8 – Диаграмма работы стали с учетом упрочнения

И.5.5 Для элементов монтажных систем при моделировании материала (стали) следует придерживаться принципов, приведенных на рисунке И.9: определяют площадку текучести, позволяющую избежать численных проблем с жесткостью.

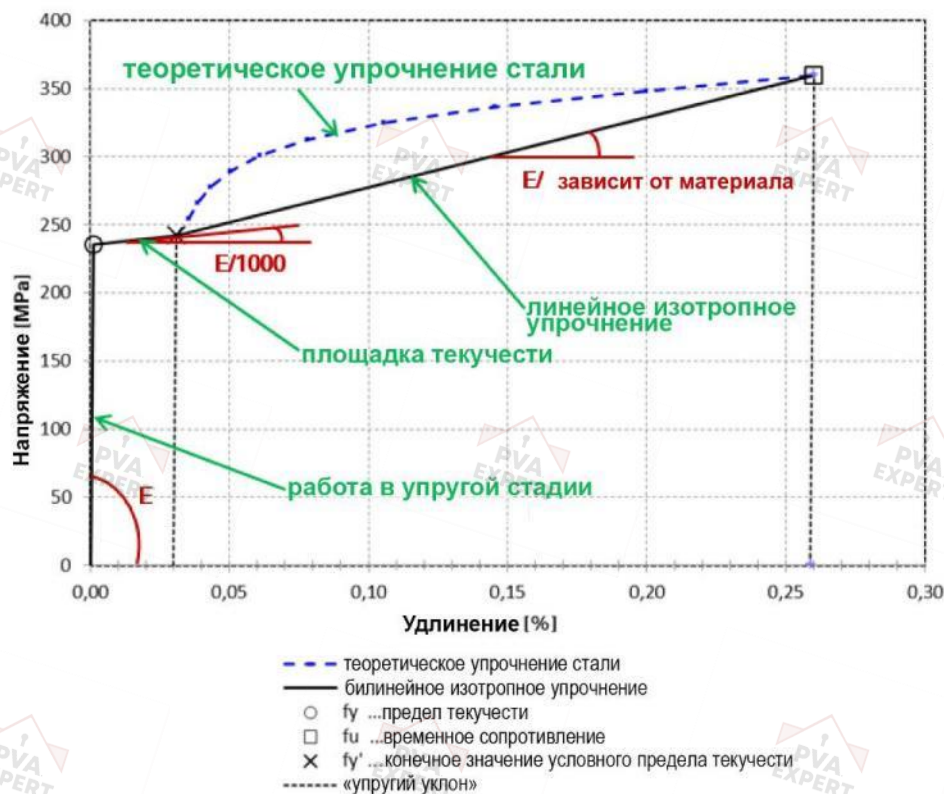


Рисунок И.9 – Принцип моделирования материала элементов монтажных систем

Принцип моделирования материала определяется диаграммами «напряжение–деформация», которые рассчитывают на основе начального поперечного сечения испытываемых образцов.

И.5.6 Для расчета статического сопротивления элементов монтажных систем, для которых характерны значительные деформации при разрушении и «утонение» сечения с наибольшими напряжениями, следует преобразовать проектные напряжения и деформации в соответствии с «истинной» зависимостью «напряжение–деформация». Таким образом, обеспечивается учет влияния уменьшения поперечного сечения.

Формулы (И.4) и (И.5) следует использовать для получения «истинной» диаграммы работы стали на основе механических свойств, полученных по результатам испытаний образцов, или нормативных значений механических свойств.

Зависимость «истинного» напряжения от нормативного напряжения определяют по формуле

$$\sigma_{\text{ист}} = \sigma_{\text{норм}} (1 + \varepsilon_{\text{норм}}), \quad (\text{И.4})$$

где  $\sigma_{ист}$  – истинное напряжение;  
 $\sigma_{норм}$  – нормативное напряжение;  
 $\varepsilon_{норм}$  – нормативное удлинение.

Зависимость истинного удлинения от нормативного определяют по формуле

$$\varepsilon_{ист} = \ln(1 + \varepsilon_{норм}), \quad (И.5)$$

где  $\varepsilon_{ист}$  – истинное удлинение.

И.5.7 Рекомендуется использовать «истинную» диаграмму «напряжение–деформация» материала всех элементов монтажных систем (кроме крепежных изделий) вследствие значительных пластических деформаций.

И.5.8 Большинство элементов монтажных систем изготавливаются из углеродистой или нержавеющей стали, при этом многие элементы являются холоднодеформированными. Для холоднодеформированной стали характерно явление «наклепа», что отражается на диаграмме «напряжение–деформация». Соответствующая диаграмма, имеющая характерное «закругление», представлена на рисунке И.10.

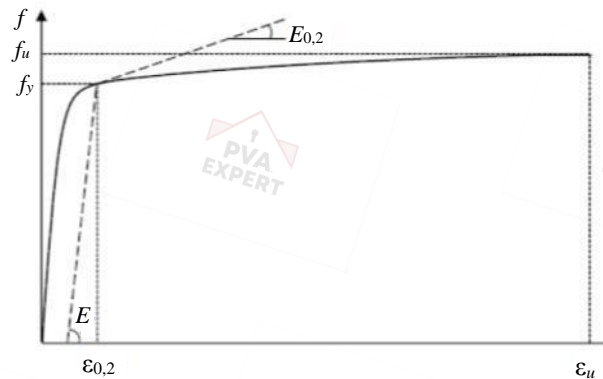


Рисунок И.10 – Диаграмма работы стали в двух стадиях

И.5.9 Деформация может быть определена следующим образом:

$$\varepsilon = \begin{cases} \frac{f}{E} + 0,002 \left(\frac{f}{f_y}\right)^n & \text{при } f \leq f_y \\ \frac{f-f_y}{E_{0,2}} + \left(\varepsilon_u - \varepsilon_{0,2} - \frac{f_u-f_y}{E_{0,2}}\right) \left(\frac{f-f_y}{f_u-f_y}\right)^m + \varepsilon_{0,2} & \text{при } f_y < f < f_u \end{cases}, \quad (И.6)$$

где  $f$  – напряжение;

$\varepsilon$  – удлинение;

$E$  – модуль упругости материала;

$f_y, f_u$  – нормативные предел текучести и временное сопротивление,

$n$  – коэффициент, равный:

- 8 – для холоднодеформированных элементов из стали и дуплексных (двухфазных) нержавеющей сталей,
- 7 – для аустенитных сталей,
- 14 – для ферритных сталей;

$E_{0,2}$  – модуль сдвига на площадке текучести диаграммы «напряжение–деформация», равный  $E_{0,2} = \frac{E}{1+0,002n\frac{E}{f_y}}$ ,

$\varepsilon_u$  – максимальное удлинение при разрушении, определяемое по формуле (И.7);

$m$  – второй показатель деформационного упрочнения, определяемый по формуле (И.8).

$$\varepsilon_u = \begin{cases} 0,6 \left(1 - \frac{f_y}{f_u}\right) & \text{для холоднодеформированных стальных элементов} \\ 1 - \frac{f_y}{f_u} & \text{для нержавеющей сталей} \end{cases}, \quad (\text{И.7})$$

$$m = \begin{cases} 1 + 3,3 \frac{f_y}{f_u} & \text{для холоднодеформированных стальных элементов} \\ 1 + 2,8 \frac{f_y}{f_u} & \text{для нержавеющей сталей} \end{cases}. \quad (\text{И.8})$$

И.5.10 При выполнении проверки чувствительности или сравнении с результатами испытаний также допускается использовать модель материала, представленную на рисунке И.10. Выбор модели материала должен быть отражен в отчете о проведенном расчете.

## И.6 Нагрузки и граничные условия

И.6.1 В настоящем подразделе рассмотрены граничные условия и моделирование внешних нагрузок. Подраздел содержит общие сведения о нагрузках, применяемых в моделях. Основное внимание уделяется нагрузкам, относящимся только к несущей способности при статическом нагружении. При определении нагрузок и обеспечении несущей способности следует руководствоваться действующими НД.

### И.6.2 Граничные условия

Граничные условия, применяемые в КЭ-модели, должны обеспечивать реальную работу элементов монтажных систем (определенную на основе испытаний) для получения достоверных результатов расчета. Когда выбор релевантных граничных условий не является очевидным, следует провести исследование чувствительности, чтобы обеспечить надежность полученного решения, и отразить его в отчете о выполненном расчете.

Для модульных систем рекомендуется оставлять свободную длину ( $L_1$  и  $L_2$ ) профилей перед назначением в модели жесткого соединения или нагрузки. Эта длина должна быть приблизительно равна наибольшему размеру поперечного сечения (рисунок И.11).

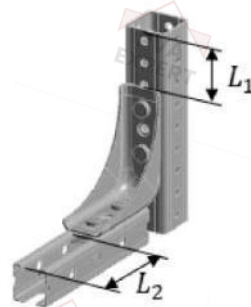


Рисунок И.11 – Пример назначения свободной длины профилей в КЭ-модели

В особых случаях, как показано на рисунке И.11, рекомендуется назначать жесткое соединение в верхней и нижней частях торца профиля. Временные ограничения на перемещение также допускается применять для стабилизации модели, а затем исключать при приложении нагрузки. Наглядным примером этого являются модели без опор, в которых применяют предварительное натяжение болтов.

### И.6.3 Приложение нагрузки

И.6.3.1 В расчете с учетом нелинейности имеет значение последовательность приложения нагрузки: нагрузки следует прикладывать в той же последовательности, в какой они будут приложены к реальной конструкции. Изменение порядка приложения нагрузки может повлиять на результат расчета.

Некоторые нагрузки в отдельных случаях могут способствовать увеличению несущей способности конструкции. При определении предельных значений нагрузок следует обеспечивать надежность и безопасность, выбирая условия, являющиеся наиболее неблагоприятными для конкретной задачи.

#### И.6.3.2 Преднатяжение болтов

Для соединения элементов монтажных систем применяют болты с предварительным натяжением. Во всех случаях предварительное напряжение крепежных изделий следует выполнять на одном и том же этапе – до приложения внешних нагрузок. Предварительное натяжение должно быть заблокировано во время второго этапа нагружения, когда назначают внешние силовые факторы.

#### И.6.3.3 Внешние нагрузки

Внешние нагрузки могут быть приложены к узлам, кромкам, поверхностям и телам. При осуществлении расчета необходимо решить, какой тип нагрузки лучше подходит для конкретной задачи.

Рекомендуемый метод состоит в том, чтобы назначить «смещение» либо «дистанционное смещение»: могут быть построены диаграммы «сила–деформация» и «момент силы–поворот», которые позволяют оценить работу соединения и проверить ее на линейность. «Смещение» и «дистанционное смещение» позволяют имитировать искусственные условия чистого сдвига и чистого изгиба. Эти идеализированные условия работы конструкции не встречаются в реальности, но данный подход обеспечивает надежность решения при определении несущей способности со-

единения, близкой по величине к допустимому предельному значению для каждой выбранной степени свободы. Нагрузки и реакции взаимозависимы и обеспечивают равновесие системы.

Внешние нагрузки должны быть приложены таким образом, чтобы они имитировали испытания конструкции. Приложение «смещения» используют как эквивалент испытаний на сдвиг, как показано на рисунке И.12, в то время как для численного моделирования изгиба применяют «поворот» – упрощение с числовым значением для получения несущей способности для системы, имеющей определенные степени свободы.

При проведении испытания консоли (см. рисунок И.12) действие сдвига и изгиба следует принимать таким, чтобы по формуле совместного действия оно приводило к использованию узла на 100 %. В отсутствие реальных испытаний допускается моделирование испытательной установки для перекрестной проверки несущей способности деталей.

*а*



*б*



Рисунок И.12 – Примеры испытаний на сдвиг (*а*) и на изгиб (*б*)

В особых случаях, когда известно предельно допустимое значение нагрузки для элемента монтажной системы, допускается приложение силы в КЭ-модели. Однако в этом случае более вероятно возникновение проблем сходимости.

Следует выполнять проверку результатов расчета на равновесие. Сумма реакций и внешних нагрузок должна быть равна нулю.

## **И.7 Требования к конструкции**

И.7.1 Все требования к конструкции должны быть определены и зафиксированы в отчете перед численным моделированием. Требования устанавливаются заказчиком, НД, свойствами материалов, ответственным инженером-расчетчиком. Эти требования можно разделить на три категории:

- результаты испытаний (И.7.2);

- общие требования, которые следует применять для всех элементов монтажных систем, определяемые НД и свойствами материалов (И.7.3);
- особые требования – только для особых случаев в зависимости от решаемой задачи (И.7.4).

И.7.2 Для некоторых элементов монтажных систем, которые необходимо включить в численную модель, есть в наличии результаты испытаний. У этих элементов в КЭ-модели отсутствует геометрия, а их соединение является идеализированным, замоделированным с помощью контактов.

Результаты этих испытаний оценивают с применением методов статистической математики в соответствии с приложением Ж.

### И.7.3 Общие требования

И.7.3.1 Для определения несущей способности элементов монтажных систем обычно применяют требования И.7.3.2–И.7.3.5.

#### И.7.3.2 Полное разрушение

Если деталь достигает состояния, в котором она больше не выдерживает нагрузку, достигается полное разрушение. Это первый и самый важный режим «отказа», который следует учитывать при расчете элемента. На рисунке И.13 показан данный принцип в дополнение к избыточной пластической деформации, который рассмотрен в И.7.3.3.



Рисунок И.13 – Предельное значение нагрузки при разрушении и предел сопротивления с учетом пластической работы

#### И.7.3.3 Деформация

Для каждого элемента монтажной системы необходимо заранее установить допустимое предельное значение деформации – заданный поворот или прогиб. При численном моделировании следует учитывать способ применения элемента в конструкции и предельно допустимую деформацию из условия обеспечения экс-

платационной пригодности конструкции, поскольку для различных решаемых задач целесообразно применять различные критерии.

#### **И.7.3.4 Пластическая деформация**

Пластическая деформация позволяет измерить непрерывную деформацию в элементе. Поскольку элементы монтажных систем предназначены для работы в упругой стадии, допускается локальная пластическая деформация не более 5 %.

Следует выполнять проверку каждого элемента монтажной системы, а также локальную проверку для взаимодействующих элементов с ограничениями в соответствии с выбранным материалом (например, в соответствии с И.3). При определении нагружения следует обеспечивать надежность конструкции и не принимать это значение в качестве абсолютного предельного значения, так как это может быть связано с проблемами численного интегрирования.

#### **И.7.3.5 Контроль напряжений и местная проверка**

Напряжения должны соответствовать пластической деформации и наоборот.

Максимально допустимое напряжение зависит от развития пластической деформации и всегда должно быть не больше временного сопротивления. Напряжение, превышающее предел текучести, может развиваться только локально, где оно прогнозировалось.

При проверке напряжения необходимо пренебречь численными проблемами с точки зрения экстраполяции, нереалистичных локальных максимумов (в том числе сингулярностей), проникновения и т. д. При перекрестной проверке с учетом пластической деформации следует убедиться, что напряжение не превышает предела текучести по толщине детали.

### **И.7.4 Особые требования**

#### **И.7.4.1 Силы на зубчатых и аналогичных деталях**

Силы и результаты расчета для этих деталей не должны превышать максимально допустимых значений, полученных в результате испытаний.

#### **И.7.4.2 Местные деформации**

В профилях монтажных систем в месте контакта с коннектором допускается возникновение локальных деформаций, местного смятия, коробления сечения и т. п. Следует пренебречь этими негативными эффектами, чтобы исключить их влияние на результаты расчета.

### **И.8 Определение крутильной жесткости**

И.8.1 Как правило, соединения элементов монтажных систем принимают либо жесткими, либо шарнирными. Некоторые элементы допускают только один из вариантов, а некоторые допускают оба варианта. Необходимо решить, какой вариант наиболее релевантен для рассматриваемой задачи.

Указанная идеализация приводит к двум нежелательным последствиям:

- предварительно выбранные варианты могут не обеспечивать соответствие деформаций КЭ-модели реальным деформациям, что особенно критично для прогибов в кронштейнах;

- если предварительный выбор не осуществлен, допускается использовать и жесткое, и шарнирное соединение, а затем определить, какое из них подходит для определенных элементов.

Когда величина деформации в значительной степени зависит от граничных условий в решаемой задаче, необходимо спрогнозировать заранее деформацию как можно точнее.

Для этого необходимо вычислить крутильную жесткость соединения на основе испытаний или результатов КЭ-расчета. Из КЭ-расчета возможно извлечь приложенную силу/момент и смещение/поворот для решения задачи. Эти значения сравнивают с классической математической моделью для определения крутильной жесткости.

Различные элементы придают соединению разную жесткость. При этом опорные и неопорные профили монтажных систем также играют важную роль, так как более жесткие профили имеют большую крутильную жесткость, не давая соединению поворачиваться, что следует учитывать при определении крутильной жесткости для соединения конкретных элементов монтажных систем.

Отмечается, что при расчете элемента на действие моментов кручения модуль упругости необходимо заменить модулем сдвига.

### **И.8.2 Действия, предшествующие расчету**

Перед расчетом следует выполнить действия в соответствии с кратким перечнем, приведенным ниже:

- определить цель и задачи:
- утвержденный предмет и объект расчета:
  - тип расчета,
  - определить предельные деформации и целевую нагрузку для элемента,
  - определить требования к конструкции,
  - определить варианты нагружений и комбинации нагрузок,
  - собрать информацию о проведенных испытаниях/подготовить программу для проведения испытаний,
  - определить сроки численного моделирования и получения результатов;
- входные данные:
- определить инструменты моделирования геометрии:
  - необходимо учитывать руководство по монтажу системы, геометрию, разработанную САПР, и двумерные детализированные чертежи,
  - определить материалы модели,
  - согласовать ориентацию локальных осей для всех элементов модели,
  - варианты, подлежащие КЭ-расчету,

- зафиксировать все предварительные данные документально;
- эмпирические расчеты:
- часть этапа проверки (пункт И.2.3):
  - определить режимы отказа и ожидаемые в результате значения.

Блок-схема процесса численного моделирования приведена на рисунке И.14.

### **И.8.3 Документирование и обработка полученных результатов КЭ-расчета**

Окончательный отчет о проведенном расчете должен содержать следующую информацию:

- используемая программа и ее версия;
- геометрия модели:
  - сделанные упрощения,
  - ориентация осей,
  - реализация моделирования материала,
  - соответствующие габаритные размеры модели,
  - общий вид конструкции,
  - эксцентриситеты (при наличии);
- характеристика модели:
  - граничные условия,
  - реализация моделирования материала;
- КЭ-сетка:
  - исследование конвергенции,
  - качество КЭ-сетки,
  - типы элементов и их пригодность для решения задачи,
  - приложенная нагрузка, метод и последовательность нагружения,
  - краткое описание свойств контактов,
  - сведения о несовершенствах (при наличии);
- результаты расчета:
  - таблица результатов,
  - определение значимого предельного состояния (шаг нагружения во времени и нагрузка на этом шаге),
    - снимки экрана с соответствующими результатами (деформации, эпюры напряжений и удлинения на значимом этапе нагружения),
    - диаграммы зависимости «нагрузка–деформация»,
    - применяемые коэффициенты надежности в соответствии с НД,
    - особенности полученных результатов КЭ-расчета и критериев «отказа»,
    - инженерная оценка для каждого расчетного случая;
- проверка/калибровка (см. И.2.4):
  - проверка соответствия реакций опор входным данным,
  - проверка модели путем сравнения с результатами испытаний,

- элемент управления «песочные часы»<sup>1)</sup> при сокращенном интегрировании, энергия<sup>2)</sup> «песочных часов» остается небольшой,

- анализ чувствительности как с идеализированной, так и с числовой точек зрения, следует выполнить в отношении сингулярностей, граничных условий и т. д.;

- ссылки:

- на стандарты, своды правил, применимые к рассматриваемой задаче,

- отчеты о проведении аналогичных расчетов для конструкций, которые подтверждены аналитическими или экспериментальными данными (например, для аналогичных элементов монтажных систем),

- оценку точности расчета на основе проведенных исследований чувствительности,

- проектно-конструкторская, рабочая, производственная и технологическая документация, используемая для предварительного анализа.

---

1) Опция управления жесткостью элемента при построении моделей с помощью МКЭ.

2) Энергия, ассоциированная с эффектом «песочных часов».

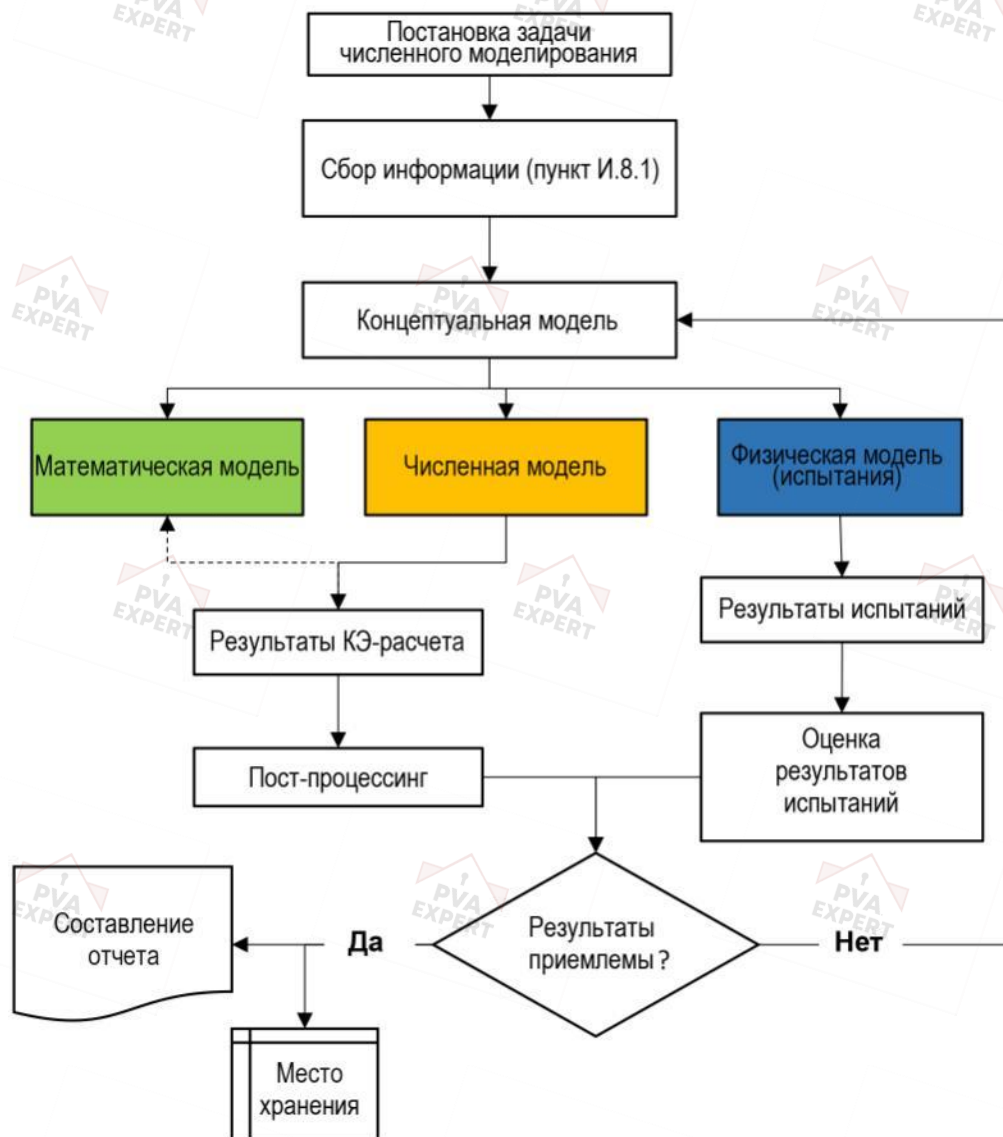


Рисунок И.14 – Блок-схема процесса численного моделирования

**Приложение К  
(обязательное)**

**Форма технического паспорта на элемент модульной системы**

**К.1 Форма титульного листа для отдельного технического паспорта на элемент модульной монтажной системы**

**Наименование организации, выпустившей технический паспорт**

Должность сотрудника организации, утвердившего выпуск технического паспорта

Печать организации, утвердившей выпуск технического паспорта

Подпись сотрудника утвердившего выпуск технического паспорта

Ф.И.О. сотрудника, утвердившего выпуск технического паспорта

Дата утверждения

**Номер технического паспорта**

**Наименование конструктивного элемента модульной системы**

**Технический паспорт выпущен в соответствии с СТО 36554501-064–2020\***

**Место, год**

## К.2 Форма технического паспорта на элемент модульной системы

Технический паспорт № \_\_\_\_\_

Наименование:	
Тип элемента:	
Материал:	
Тип покрытия:	
Толщина покрытия:	
Совместимость с элементами системы:	

Изображение элемента  
с обозначением локальных осей  
и геометрических параметров

Примеры использования элемента в  
основных рабочих направлениях  
(опционально)

**Вариант 1. Описание варианта крепления<sup>1)</sup>:**

---

---

---

---

<sup>1)</sup> Обязательно, если у элемента несколько вариантов крепления и несущие способности при разных вариантах крепления различаются.

Таблица К.1 – Нормативная несущая способность стальной части элемента<sup>1)</sup>

$+F_{norm,x}$	$-F_{norm,x}$	$+F_{norm,y}$	$-F_{norm,y}$	$+F_{norm,z}$	$-F_{norm,z}$	$M_{norm,x}$	$M_{norm,y}$	$M_{norm,z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кНсм	кНсм	кНсм

Условие совместного действия силовых факторов на стальную часть (по прочности):

Таблица К.2 – Нормативная несущая способность сварного шва элемента<sup>1)</sup>

$+F_{norm,x}$	$-F_{norm,x}$	$+F_{norm,y}$	$-F_{norm,y}$	$+F_{norm,z}$	$-F_{norm,z}$	$M_{norm,x}$	$M_{norm,y}$	$M_{norm,z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кНсм	кНсм	кНсм

Условие совместного действия силовых факторов на сварной шов (по прочности):

Таблица К.3 – Нормативная несущая способность монтажной гайки/монтажного болта<sup>1)</sup>

$+F_{norm,x}$	$-F_{norm,x}$	$+F_{norm,y}$	$-F_{norm,y}$	$+F_{norm,z}$	$-F_{norm,z}$	$M_{norm,x}$	$M_{norm,y}$	$M_{norm,z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кНсм	кНсм	кНсм

<sup>1)</sup> Взамен отображения отдельных таблиц с нормативными несущими способностями стальной части элемента, нормативными несущими способностями сварных швов и нормативными несущими способностями монтажных болтов и гаек, с помощью которых крепится элемент, допускается отображение одной сводной таблицы, содержащей в себе меньшие значения нормативных несущих способностей среди всех составляющих узла, а также общее условие совместного действия силовых факторов на узел (по прочности).

Условие совместного действия силовых факторов на монтажную гайку/монтажный болт (по прочности):

Таблица К.4 – Эксплуатационная несущая способность узла соединения и соответствующие деформации в основных рабочих направлениях<sup>1)</sup>

Основное рабочее направление	Эксплуатационная несущая способность, кН	Соответствующая деформация, мм
$+F_{exp, x} / -F_{exp, z}$		
$-F_{exp, x} / +F_{exp, z}$		

Условие совместного действия силовых факторов на узел (по эксплуатационной пригодности):

**Вариант 2. Описание варианта крепления:**

<sup>1)</sup> Допускается указывать эксплуатационные несущие способности при одной определенной деформации либо ряд эксплуатационных несущих способностей при различных деформациях для удобства применения значений в различных условиях эксплуатационной пригодности. Взамен таблицы (либо в дополнение к ней) допускается отображение эксплуатационных несущих способностей в формате графика их зависимости от деформаций.

Таблица К.5 – Нормативная несущая способность стальной части элемента<sup>1)</sup>

$+F_{norm,x}$ кН	$-F_{norm,x}$ кН	$+F_{norm,y}$ кН	$-F_{norm,y}$ кН	$+F_{norm,z}$ кН	$-F_{norm,z}$ кН	$M_{norm,x}$ кНсм	$M_{norm,y}$ кНсм	$M_{norm,z}$ кНсм

Условие совместного действия силовых факторов на стальную часть (по прочности):

---

Таблица К.6 – Нормативная несущая способность сварного шва элемента<sup>1)</sup>

$+F_{norm,x}$ кН	$-F_{norm,x}$ кН	$+F_{norm,y}$ кН	$-F_{norm,y}$ кН	$+F_{norm,z}$ кН	$-F_{norm,z}$ кН	$M_{norm,x}$ кНсм	$M_{norm,y}$ кНсм	$M_{norm,z}$ кНсм

Условие совместного действия силовых факторов на сварной шов (по прочности):

---

Таблица К.7 – Нормативная несущая способность монтажной гайки/монтажного болта<sup>2)</sup>

$+F_{norm,x}$ кН	$-F_{norm,x}$ кН	$+F_{norm,y}$ кН	$-F_{norm,y}$ кН	$+F_{norm,z}$ кН	$-F_{norm,z}$ кН	$M_{norm,x}$ кНсм	$M_{norm,y}$ кНсм	$M_{norm,z}$ кНсм

<sup>1)</sup> В случае если у элемента несколько вариантов крепления и несущие способности при разных вариантах крепления различаются, необходимо прописать нормативные и эксплуатационные несущие способности, а также условия совместного действия для всех вариантов крепления.

<sup>2)</sup> Взамен отображения отдельных таблиц с нормативными несущими способностями стальной части элемента, нормативными несущими способностями сварных швов и нормативными несущими способностями монтажных болтов и гаек, с помощью которых крепится элемент, допускается отображение одной сводной таблицы, содержащей в себе меньшие значения нормативных несущих способностей среди всех составляющих узла, а также общее условие совместного действия силовых факторов на узел (по прочности).

Условие совместного действия силовых факторов на монтажную гайку/монтажный болт (по прочности):

Таблица К.8 – Эксплуатационная несущая способность узла соединения и соответствующие деформации в основных рабочих направлениях<sup>1)</sup>

Основное рабочее направление	Эксплуатационная несущая способность, кН	Соответствующая деформация, мм
$+F_{exp, x} / -F_{exp, z}$		
$-F_{exp, x} / +F_{exp, z}$		

Условие совместного действия силовых факторов на узел (по эксплуатационной пригодности):

Руководство по монтажу элемента:

Текстовое или графическое описание

<sup>1)</sup> Допускается указывать эксплуатационные несущие способности при одной определенной деформации либо ряд эксплуатационных несущих способностей при различных деформациях для удобства применения значений в различных условиях эксплуатационной пригодности. Взамен таблицы (либо в дополнение к ней) допускается отображение эксплуатационных несущих способностей в формате графика их зависимости от деформаций.

Прочие условия и рекомендации:

---

---

---

---

Примечания:

**К.3 Форма титульного листа и содержания комплекта технических паспортов на элементы модульных систем**

**Наименование организации, выпустившей технический паспорт**

Должность сотрудника организации, утвердившего выпуск комплекта технических паспортов

Печать организации, утвердившей выпуск комплекта технических паспортов

Подпись сотрудника, утвердившего выпуск комплекта технических паспортов

Ф.И.О. сотрудника, утвердившего выпуск комплекта технических паспортов

Дата утверждения

**Наименование комплекта технических паспортов**

**Комплект технических паспортов выпущен в соответствии с**

**СТО 36554501-064–2020\*\***

**Место, год**

**Содержание комплекта**

Технический паспорт №  
Технический паспорт №  
Технический паспорт №  
...

Номера страниц  
Номера страниц  
Номера страниц  
...

**Приложение Л**  
**(справочное)**

**Пример технического паспорта на элемент модульной системы**

**Л.1 Пример отдельного технического паспорта на элемент модульной системы**

**Акционерное общество**  
**«Научно-исследовательский центр «Строительство»**  
**(АО «НИЦ «Строительство»)**

Директор АО «НИЦ «Строительство»

М.П.      подпись      Ф.И.О.

01.01.2025

**Технический паспорт № 1**  
**на соединительный элемент Р8**

**Технический паспорт выпущен в соответствии с СТО 36554501-064–2020\*\***

**Москва 2024**

## Технический паспорт № 1



Наименование: P8

Тип: Соединительный элемент (коннектор)

Материал: СтЗпс по ГОСТ 14637

Тип покрытия: Гальваническая оцинковка по ГОСТ 9.301

Минимальная толщина покрытия: 5 мкм

Используется с соединителем типа М и профилем типа С

**Вариант 1. Крепление коннектора при соосном расположении открытых частей профиля 1 и профиля 2:**

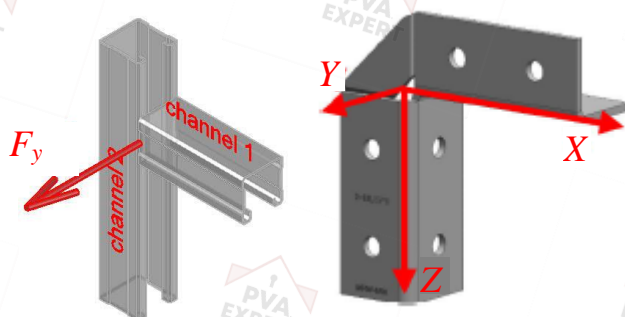


Таблица Л.1 – Нормативная несущая способность коннектора

$+F_{norm,x}$	$-F_{norm,x}$	$+F_{norm,y}$	$-F_{norm,y}$	$+F_{norm,z}$	$-F_{norm,z}$	$M_{norm,x}$	$M_{norm,y}$	$M_{norm,z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кНсм	кНсм	кНсм
9,00	12,00	0,60	0,60	12,00	9,00	3,00	22,00	3,00

Условие совместного действия силовых факторов на стальную часть (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1.$$

Таблица Л.2 – Нормативная несущая способность соединителя

$+F_{norm,x}$	$-F_{norm,x}$	$+F_{norm,y}$	$-F_{norm,y}$	$+F_{norm,z}$	$-F_{norm,z}$	$M_{norm,x}$	$M_{norm,y}$	$M_{norm,z}$
кН	кН	кН	кН	кН	кН	кНсм	кНсм	кНсм
10,00	15,00	0,60	0,60	15,00	10,00	8,00	48,00	8,00

Условие совместного действия силовых факторов на соединитель (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1.$$

Таблица Л.3 – Эксплуатационная несущая способность узла и соответствующие деформации в основных рабочих направлениях

$+F_{norm,x}$ , кН	$-F_{norm,x}$ , кН	$+F_{norm,z}$ , кН	$-F_{norm,z}$ , кН
7,00 (4 мм)	8,00 (3 мм)	8,00 (3 мм)	7,00 (4 мм)

Условие совместного действия силовых факторов на узел (по эксплуатационной пригодности):

$$\frac{F_x}{F_{exp,x}} + \frac{F_y}{F_{exp,y}} \leq 1.$$

### Вариант 2. Крепление коннектора при повороте профиля 2:

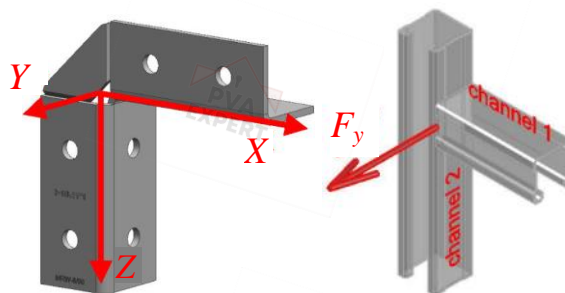


Таблица Л.4 – Нормативная несущая способность коннектора

$+F_{norm,x}$ , кН	$-F_{norm,x}$ , кН	$+F_{norm,y}$ , кН	$-F_{norm,y}$ , кН	$+F_{norm,z}$ , кН	$-F_{norm,z}$ , кН	$M_{norm,x}$ , кНсм	$M_{norm,y}$ , кНсм	$M_{norm,z}$ , кНсм
2,00	2,00	0,55	0,55	2,00	2,00	3,00	5,00	3,00

Условие совместного действия силовых факторов на стальную часть (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1.$$

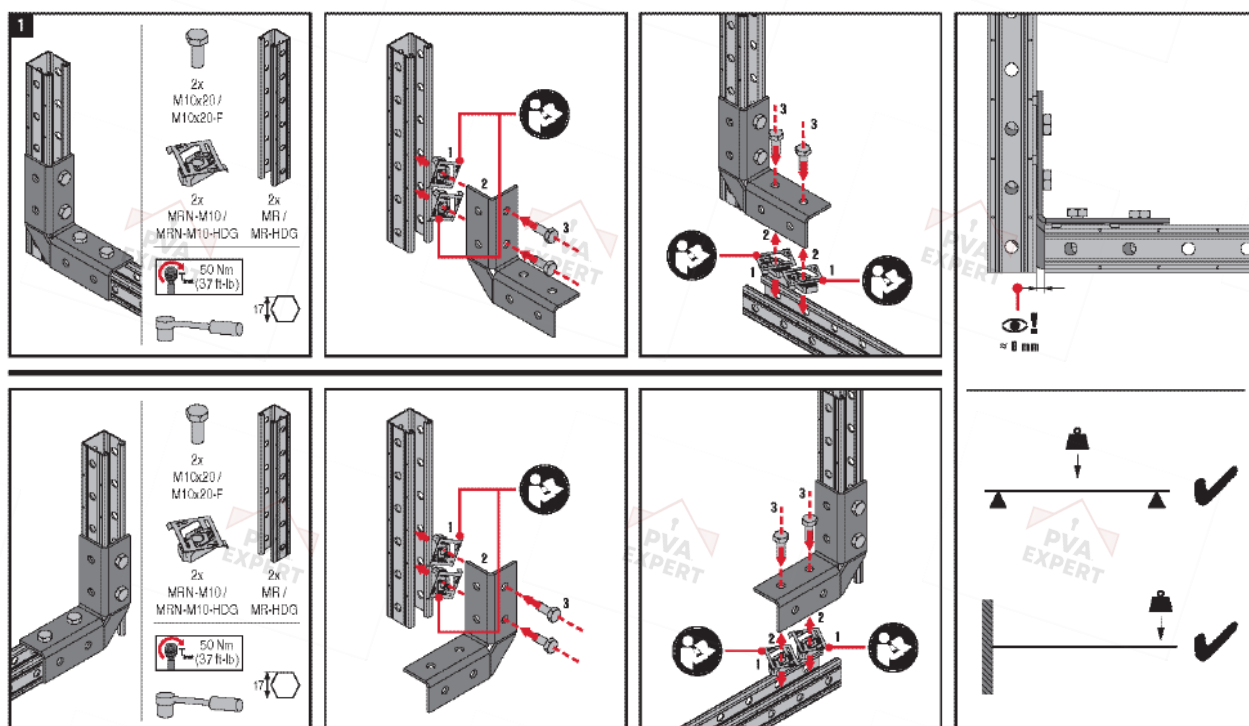
Таблица Л.5 – Нормативная несущая способность соединителя

$+F_{norm,x}$ , кН	$-F_{norm,x}$ , кН	$+F_{norm,y}$ , кН	$-F_{norm,y}$ , кН	$+F_{norm,z}$ , кН	$-F_{norm,z}$ , кН	$M_{norm,x}$ , кНсм	$M_{norm,y}$ , кНсм	$M_{norm,z}$ , кНсм
2,00	2,00	0,60	0,60	2,00	2,00	8,00	6,00	8,00

Условие совместного действия силовых факторов на соединитель (по прочности):

$$\frac{F_x}{F_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{F_y}{F_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{F_z}{F_{norm,z}/\gamma_m} + \frac{M_x}{M_{norm,x}/\gamma_m} + \frac{M_y}{M_{norm,y}/\gamma_m} + \frac{M_z}{M_{norm,z}/\gamma_m} \leq 1.$$

## Руководство по монтажу коннектора:



## Примечания

1 В руководстве по монтажу использованы следующие условные обозначения:

$F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  – величины усилий по проекту, действующие на элемент/узел в процессе эксплуатации;

$F_{norm,x}$ ,  $F_{norm,y}$ ,  $F_{norm,z}$ ,  $M_{norm,x}$ ,  $M_{norm,y}$ ,  $M_{norm,z}$ <sup>1)</sup> – предельные величины усилий из условия прочности (нормативные несущие способности) элемента/узла, определенные в соответствии с СТО 36554501-064–2020\*\* (приложение Д);

$F_{exp,x}$ ,  $F_{exp,y}$ ,  $F_{exp,z}$ ,  $M_{exp,x}$ ,  $M_{exp,y}$ ,  $M_{exp,z}$ <sup>2)</sup> – предельные величины усилий из условия эксплуатационной пригодности (эксплуатационные несущие способности) элемента/узла, определенные в соответствии с СТО 36554501-064–2020\*\* (приложение Д).

2 Проектирование конструкций из элементов модульных систем необходимо осуществлять в соответствии с СТО 36554501-064–2020\*\*.

1) Заявленные значения несущих способностей действительны при использовании элемента в температурном диапазоне от минус 60 °С до плюс 100 °С.

2) Заявленные значения несущих способностей действительны при соблюдении технологии монтажа.

## Библиография

- [1] Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
- [2] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
- [3] ASTM A240/A240M–11 Стандартная спецификация для плоского проката из хромистой и хромоникелевой нержавеющей стали для сосудов высокого давления и для общего применения  
(ASTM A240/A240M–11 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications)
- [4] EN 10088-2:2014 Стали нержавеющей. Часть 2. Технические условия поставки листовой и полосовой коррозионно-стойкой стали общего назначения  
EN 10088-2:2014 Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes)
- [5] EN 10095:1999 Жаростойкие стали и никелевые сплавы  
(EN 10095:1999 Heat resisting steels and nickel alloys)
- [6] Строительные нормы и правила Технологическое оборудование и технологические трубопроводы  
СНиП 3.05.05–84
- [7] Свод правил по проектированию и строительству Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер»  
СП 40-101–96
- [8] Свод правил по проектированию и строительству Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования  
СП 40-102–2000
- [9] Свод правил по проектированию и строительству Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб  
СП 40-107–2003
- [10] Правила устройства электроустановок (6-е изд.)

- [11] Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 5.904-1. Детали креплений воздуховодов. Выпуск 0. Указания по выбору и компоновке
- [12] Методические рекомендации по экономическому обоснованию применения конструктивных элементов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности инвестиций за счет снижения эксплуатационных затрат, повышения долговечности зданий и сооружений, сокращения продолжительности строительства и других эффективных решений при повышении единовременных затрат при проектировании и строительстве и одновременном росте сметной стоимости

---

ОКС 91.080.10

ОКПД2 25.11.23.119

Ключевые слова: модульные системы, инженерные системы, технологические трубопроводы, трубопроводы, монтажные конструкции, фальшполы, легкоборные конструкции, кронштейны, профили, хомут, соединитель

---