

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



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО 36554501-078—2025

**СИСТЕМЫ МОДУЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ «УТЕСН» С
ПРИМЕНЕНИЕМ МОНТАЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ
Правила проектирования**

Издание официальное

Москва

2025

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 22 октября 2025 г. № 426

4 ВВЕДЕН

ВПЕРВЫЕ

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», 2025

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	3
4 Общие положения	3
4.1 Применение модульных систем	3
4.2 Конструктивные элементы модульных систем типа СН-Т	4
4.3 Типовые варианты конструкций из элементов модульных систем типа СН-Т	8
5 Материалы для конструкций и соединений	12
5.1 Элементы конструкций и соединений	12
5.2 Сталь	12
5.3 Нержавеющая сталь	14
5.4 Соединения стальных конструкций	15
5.5 Требования к коррозионной стойкости	15
5.6 Требования пожарной безопасности	16
6 Требования к расчету и проектированию модульных систем	17
6.1 Общие требования к расчету и проектированию модульных систем	17
6.2 Центральные растянутые и центральные сжатые элементы	17
6.3 Изгибаемые элементы	20
6.4 Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом	23
6.5 Элементы, подверженные кручению	26
6.6 Определение редуцированных характеристик поперечного сечения монтажных профилей	29
Приложение А (справочное) Геометрические характеристики монтажных профилей типа СН-Т	35
Приложение Б (обязательное) Коэффициенты для расчета на устойчивость центрально сжатых элементов	46
Приложение В (обязательное) Коэффициенты для расчета на устойчивость внецентренно сжатых элементов	47
Приложение Г (обязательное) Коэффициенты для расчета на устойчивость внецентренно сжатых элементов при совместном действии продольной силы и изгибающего момента	49
Библиография	51

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».

Модульные 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 применяют для крепления элементов систем инженерно-технического обеспечения, технологических трубопроводов, устройства опор под инженерно-техническое оборудование, сборки площадок обслуживания и фальшполов.

Общие требования к проектированию и оценке качества модульных систем установлены 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».

Настоящий стандарт организации регламентирует дополнительные требования по расчету и конструированию модульных систем с применением монтажных профилей с поперечным сечением треугольной формы и перфорированными стенками.

Монтажные профили треугольного поперечного сечения применяют в модульных системах в качестве стоек, подвесов и балок, что обуславливает работу профилей на сжатие, растяжение и изгиб. При этом в нормативных документах, в том числе СТО 36554501-064—2020** и СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции», и справочной литературе коэффициенты устойчивости не установлены.

Коэффициенты устойчивости, необходимые для расчетов устойчивости профилей треугольного поперечного сечения с перфорированной стенкой, регламентированы настоящим стандартом организации на основе проведенной научно-исследовательской работы, включающей в себя проведение натуральных испытаний профилей и моделирование их работы с применением современных расчетных комплексов.

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 *М.И. Фарфель*, канд. техн. наук *М.И. Гукова*, *А.А. Сосков*).

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

СИСТЕМЫ МОДУЛЬНЫЕ СТАЛЬНЫЕ «UTECH» С ПРИМЕНЕНИЕМ МОНТАЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Правила проектирования

Steel modular systems «UTECH» made of triangular cross-sectional installation channels. Rules for design

Дата введения — 2025—10—22

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт организации распространяется на стальные модульные системы (модульные 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 плюс 100 °С¹⁾.

Настоящий стандарт организации устанавливает правила проектирования модульных систем «UTECH» из монтажных профилей с поперечным сечением треугольной формы и перфорированными стенками, геометрические характеристики которых приведены в приложении А.

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 модульных систем определяются требованиями настоящего стандарта организации.

¹⁾ Температура эксплуатации изделий из углеродистых сталей без потери прочностных свойств. Температуры эксплуатации изделий из нержавеющей сталей приведены в 5.3.

Издание официальное

1.4 Настоящий стандарт организации не распространяется на анкеры, прочие крепежные элементы к опорным конструкциям и на строительные конструкции зданий и сооружений, к которым крепятся модульные системы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.308 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний

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

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

ГОСТ 14637 Прокат толстолистовой из нелегированной стали обыкновенного качества. Технические условия

ГОСТ 14918 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия

ГОСТ 16523 Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия

ГОСТ 19281 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия

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

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

СП 20.13330 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

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

СП 296.1325800 Здания и сооружения. Особые воздействия

Примечание — При пользовании настоящим стандартом организации целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) 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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте организации применены термины по [1], СП 16.13330, СП 20.13330, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1 бесконнекторное соединение: Узел соединения стержневых элементов модульных систем, предназначенный для передачи нагрузки с помощью соединителей без использования коннекторов (соединительных элементов).

4 Общие положения

4.1 Применение модульных систем

Модульные системы являются вспомогательными строительными конструкциями, воспринимающими нагрузки и воздействия от инженерных систем и оборудования, снеговых, ветровых, климатических температурных и гололедных, сейсмических и особых нагрузок и воздействий согласно СП 20.13330 и СП 296.1325800.

При проектировании модульных систем следует принимать конструктивные схемы, обеспечивающие прочность, устойчивость и пространственную

неизменяемость модульных систем в целом и их отдельных частей и элементов при транспортировании, монтаже и эксплуатации.

Расчет конструкций модульных систем следует выполнять по предельным состояниям в соответствии с требованиями СП 20.13330.

Модульные стальные системы «УТЕСН» с монтажными профилями треугольной формы поперечного сечения (далее — типа СН-Т) применяют:

- для крепления воздухопроводов,
- крепления трубопроводов,
- крепления кабеленесущих систем,
- крепления инженерного и (или) технологического оборудования,
- устройства конструкций фальшполов и фальшпотолков,
- устройства площадок обслуживания.

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.

Требования пожарной безопасности модульных систем установлены 5.6.

4.2 Конструктивные элементы модульных систем типа СН-Т

4.2.1 Монтажные профили типа СН-Т, применяемые в модульных системах «УТЕСН», приведены на рисунке 4.1 и в таблице А.1.

Номенклатура профилей с треугольным поперечным сечением может быть дополнена. Для профилей, не приведенных в настоящем стандарте организации, параметры, необходимые для расчета, должны быть приведены в технических паспортах, оформляемых в соответствии с [1, пункт Д.1.3].

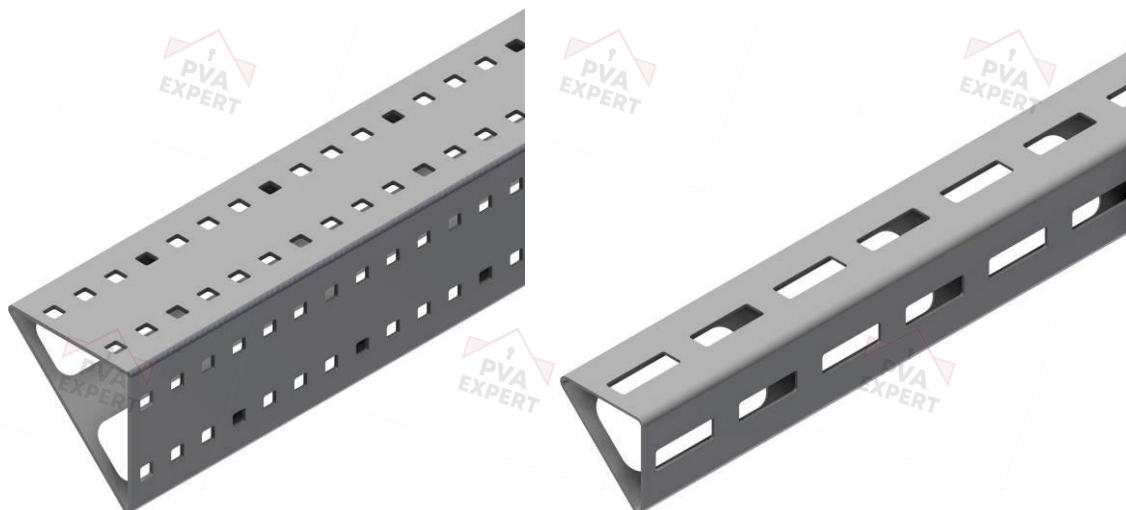


Рисунок 4.1 — Профили модульной системы «УТЕСН» треугольного поперечного сечения (примеры)

4.2.2 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 4.2).

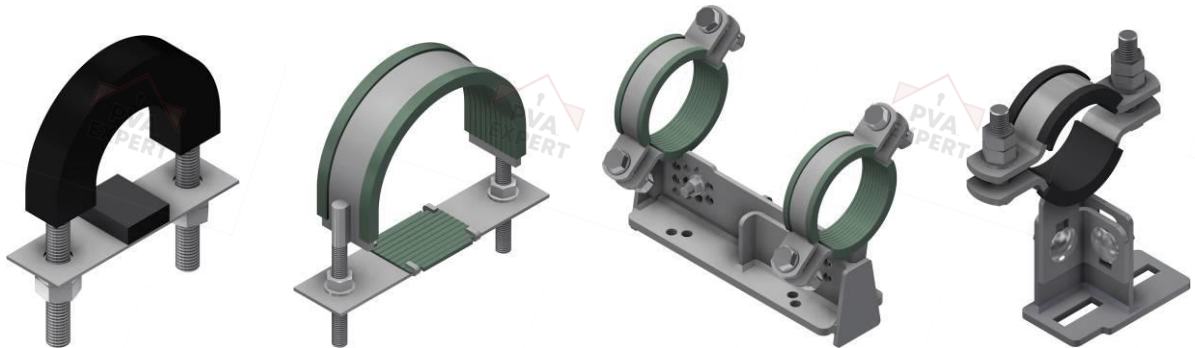


Рисунок 4.2 — Хомуты модульной системы «UTECH» (примеры)

4.2.3 Соединительный элемент (коннектор) — несущий элемент модульной системы, предназначенный для соединения и передачи нагрузки между стержневыми элементами (профилями модульной системы), — рисунок 4.3.

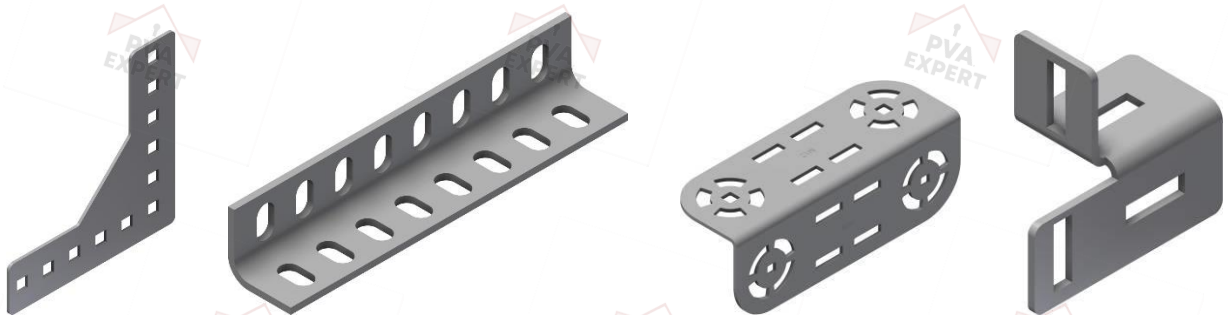


Рисунок 4.3 — Коннекторы модульной системы «UTECH» (примеры)

4.2.3.1 Поворотный коннектор — соединительный элемент модульной системы «UTECH», предусматривающий возможность поворота соединяемых конструктивных элементов (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 — Поворотные коннекторы модульной системы «UTECH» и их применение (примеры)

4.2.4 Опорный элемент — несущий элемент модульной системы, предназначенный для крепления стержневых элементов к опорной конструкции и передачи на нее нагрузки (рисунок 4.5).

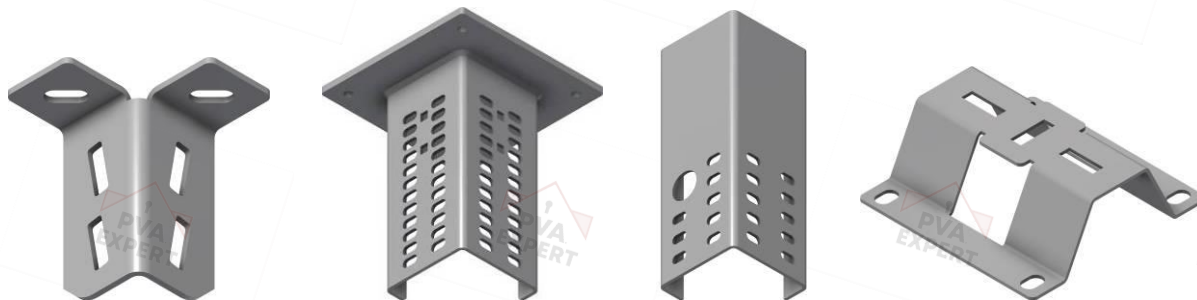


Рисунок 4.5 — Опорные элементы модульной системы «UTECH» (примеры)

4.2.4.1 Опорная пластина — опорный элемент модульной системы «UTECH», привариваемый к опорной металлоконструкции (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 — Опорные пластины модульной системы «UTECH» и их применение (примеры)

4.2.4.2 Балочный зажим — опорный элемент модульной системы «UTECH», посредством которого осуществляется крепление к опорной металлоконструкции (рисунок 4.7).

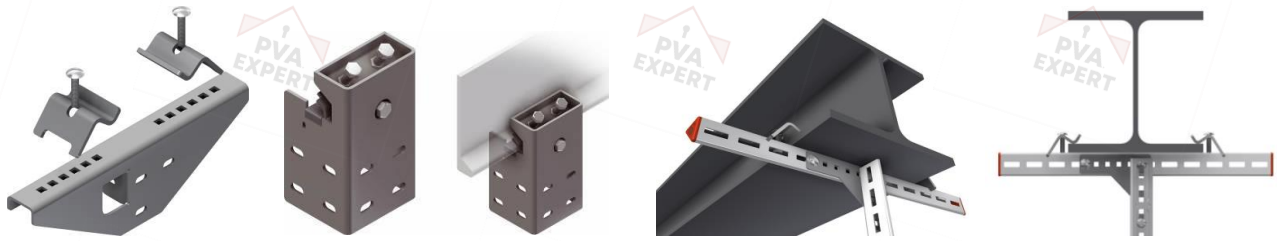


Рисунок 4.7 — Балочные зажимы модульной системы «UTECH» и их применение (примеры)

4.2.5 Кронштейн модульной системы «UTECH» крепится к профилям типа СН-Т и воспринимает нагрузки от кабельных лотков или трубопроводов (рисунок 4.8)



Рисунок 4.8 — Кронштейн модульной системы «UTECH» и его применение (пример)

4.2.6 Шайба — конструктивный элемент, применяемый в болтовых соединениях в модульной системе «UTECH» для передачи усилия от метиза на монтажный профиль (рисунок 4.9).

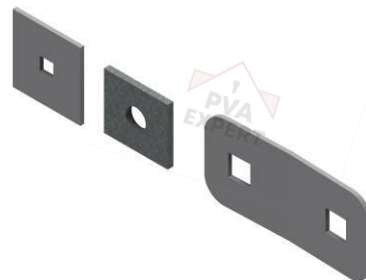


Рисунок 4.9 — Шайбы модульной системы «UTECH» (примеры)

4.3 Типовые варианты конструкций из элементов модульных систем типа СН-Т

4.3.1 Конструктивные схемы модульных систем разделяют на типовые и комбинированные. К типовым конструктивным схемам относятся следующие:

- П-образная рама на растянутых профилях-подвесах (см. 4.3.2);
- П-образная рама со сжатыми профилями-стойками (см. 4.3.3);
- Т-образный подвес (см. 4.3.4);
- L-образный подвес (см. 4.3.5);

- консольная балка (см. 4.3.6);
- консоль с подкосом (см. 4.3.7).

4.3.2 П-образная рама на растянутых профилях-подвесах (рисунок 4.10) представляет собой конструкцию, состоящую минимум из двух профилей-подвесов, воспринимающих растяжение, прикрепленных к опорной конструкции и соединенных между собой профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения.

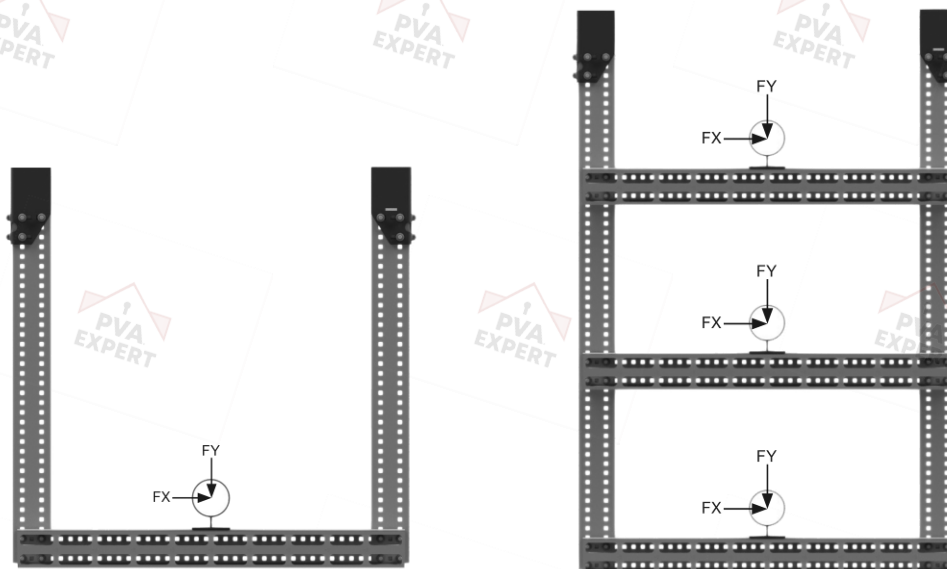


Рисунок 4.10 — П-образные рамы на растянутых профилях-подвесах (примеры)

4.3.3 П-образная рама со сжатыми профилями-стойками (рисунок 4.11) представляет собой конструкцию, состоящую минимум из двух профилей-стоек, воспринимающих сжатие, прикрепленных к опорной конструкции и соединенных между собой профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения.

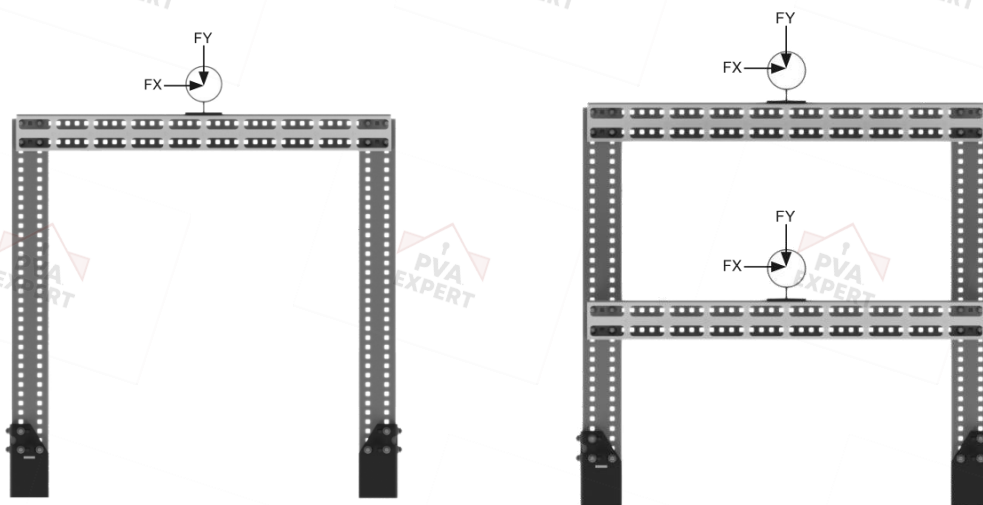


Рисунок 4.11 — П-образные рамы со сжатыми профилями-стойками (примеры)

4.3.4 Т-образный подвес (рисунок 4.12) представляет собой конструкцию, состоящую из профиля-подвеса, воспринимающего растяжение, прикрепленного к опорной конструкции, соединенного с горизонтальным профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения с обеих сторон относительно профиля-подвеса.

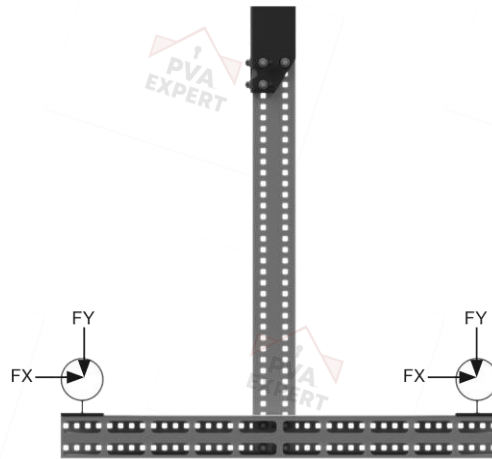


Рисунок 4.12 — Т-образный подвес (пример)

4.3.5 L-образный подвес (рисунок 4.13) представляет собой конструкцию, состоящую из профиля-подвеса, воспринимающего растяжение с изгибом, прикрепленного к опорной конструкции, соединенного с горизонтальным профилем, на который крепятся сети инженерно-технического обеспечения с одной стороны относительно профиля-подвеса.

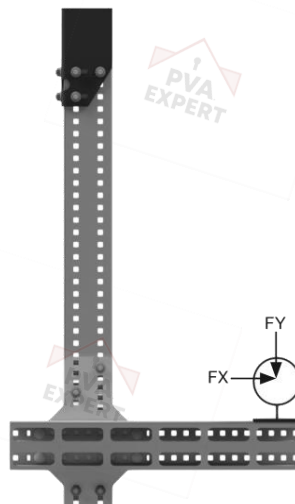


Рисунок 4.13 — L-образный подвес (пример)

4.3.6 Консольная балка (рисунок 4.14) представляет собой профиль модульной системы с одним жестко прикрепленным к опорной конструкции концом (опорой).



Рисунок 4.14 — Консольная балка (пример)

4.3.7 Консоль с подкосом (рисунок 4.15) представляет собой два соединенных между собой профиля модульной системы с одной стороны и прикрепленных к опорной конструкции с другой.

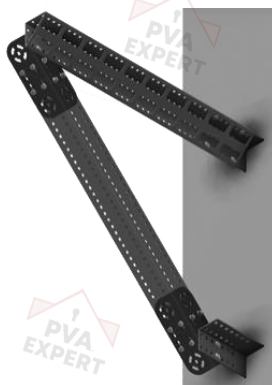


Рисунок 4.15 — Консоль с подкосом (пример)

4.3.8 Комбинированные конструктивные схемы являются комбинацией типовых. Комбинированная конструктивная схема приведена на рисунке 4.16.



Рисунок 4.16 — Комбинированная конструктивная схема (пример)

4.3.9 Конструктивные схемы модульных систем определяются проектировщиком, исходя из функционального назначения модульной системы. Назначение модульных систем «UTECH» указано в 4.1 настоящего стандарта организации.

Конструктивные схемы, образованные модульными системами, приведены на рисунке 4.17.

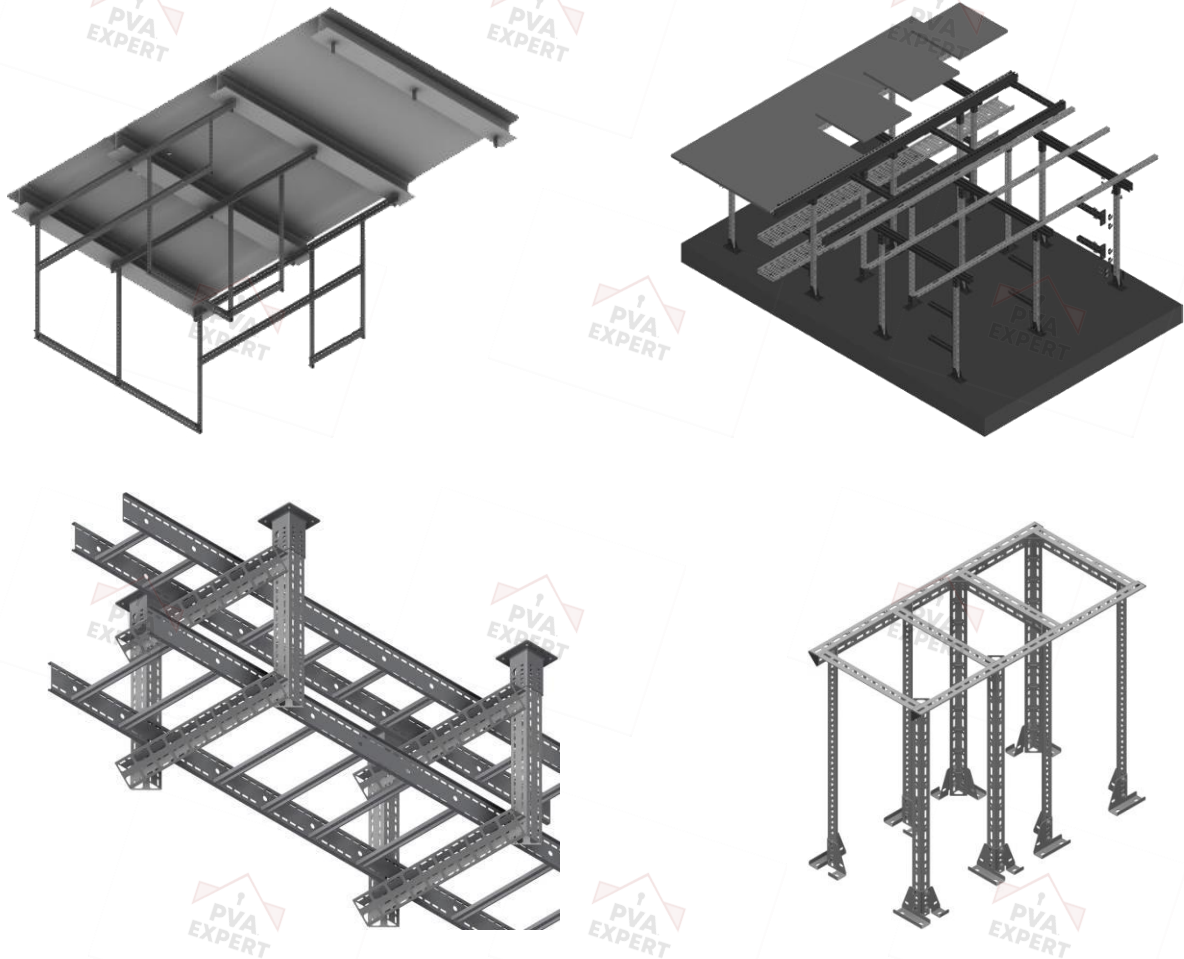


Рисунок 4.17 — Конструктивные схемы модульных систем «UTECH» (примеры)

5 Материалы для конструкций и соединений

5.1 Элементы конструкций и соединений

В модульных системах «UTECH» применяются:

- монтажные профили, соединительные и опорные элементы из алюминия, оцинкованной углеродистой стали, нержавеющей стали, стали с цинк-алюмо-магниевым покрытием;
- профили из композитного материала — полимера, армированного волокнами (FRP¹⁾);

¹⁾ От англ. «Fiber Reinforced Polymer».

- торцевые заглушки из оцинкованной углеродистой и нержавеющей стали или из полимерного материала;
- элементы из поливинилхлорида (PVC¹⁾), применяемые для защиты кромки металлических монтажных профилей, соединительных и опорных элементов;
- болты, шайбы и гайки из нержавеющей и оцинкованной стали.

5.2 Сталь

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

5.2.2 При назначении стали для конструкций следует учитывать группу конструкций, расчетную температуру, требования к химическому составу согласно СП 16.13330.2017 (приложение В), требования к ударной вязкости по 5.2.6 настоящего стандарта организации.

5.2.3 Для конструкций следует использовать:

- гнутые профили;
- тонколистовой и фасонный прокат из углеродистой стали и из стали повышенной прочности;
- холодногнутые профили.

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.

5.2.4 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);
- углекислый газ и аргон.

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 нормативными документами.

5.2.5 Для всех стальных конструкций группы 4 по СП 16.13330 требования к ударной вязкости не нормируются. Нормируемые показатели ударной вязкости стали для стальных конструкций группы 3 приведены в СП 16.13330.2017 (таблица В.1).

¹⁾ От англ. «Polyvinyl Chloride».

Для элементов стальной конструкции с толщиной менее 5 мм независимо от группы конструкции требования по ударной вязкости не нормируют.

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

5.2.7 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 коэффициентов надежности по материалу γ_m по СП 16.13330.2017 (пункт 6.1).

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

Таблица 5.1 — Расчетные характеристики сталей

Марка	Стандарт	Нормативное сопротивление проката, Н/мм ²		Расчетное сопротивление проката, Н/мм ²		Аналог стали по ГОСТ 27772
		R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	
250	ГОСТ 14918	250	330	240	315	C235
СтЗпс	ГОСТ 14637	245	370	240	360	C245
09Г2С	ГОСТ 19281	345	480	340	470	C345

5.3 Нержавеющая сталь

Расчетные сопротивления нержавеющей сталей следует вычислять с учетом понижающих коэффициентов надежности по материалам γ_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 нормативным документам 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 ² , не менее	
ASTM A240 [2]	EN 10088-2 [3], EN 10095 [4]	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 [3], EN 10095 [4]	ASTM A240 [2]	
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	

5.4 Соединения стальных конструкций

5.4.1 Для болтовых соединений следует применять стальные болты, гайки и шайбы, шпильки, удовлетворяющие техническим требованиям действующих нормативных документов, 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.

Физико-механические свойства применяемых крепежных изделий устанавливаются в соответствии с нормативными документами. Наименование крепежного изделия, используемого с конструктивным элементом, и ссылка на соответствующий нормативный документ указывают в техническом паспорте, оформляемом в соответствии с [1].

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

5.5 Требования к коррозионной стойкости

5.5.1 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), допускается принимать по заданию на проектирование.

5.5.2 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, включающей в себя элементы модульных систем, менее 50 лет.

Классификацию агрессивных сред по степени воздействия на стальные конструкции следует принимать согласно СП 28.13330.2017 (таблицы X.1—X.5).

5.5.3 Конструкции, состоящие из модульных систем по настоящему стандарту организации, 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, содержащей модульные системы по настоящему стандарту организации, в рассматриваемых условиях ее эксплуатации.

5.5.4 Коррозионная стойкость защитных покрытий может быть установлена в соответствии с ГОСТ 9.308, ГОСТ 9.401 или путем проведения иных испытаний согласно [5, статья 15, часть 6].

5.6 Требования пожарной безопасности

5.6.1 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, технологических трубопроводов и оборудования в нормативных документах на системы инженерно-технического обеспечения, технологические трубопроводы и оборудование.

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

5.6.3 При назначении пределов огнестойкости конструкций, включающих в себя модульные системы по настоящему стандарту организации, 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, включающих в себя модульные системы по настоящему стандарту организации. Огнестойкость модульных систем следует определять для опор с учетом конструктивных решений, предусмотренных проектной или рабочей документацией, либо для типовых конструктивных решений с более нагруженными элементами.

5.6.4 Огнестойкость конструкций, включающих в себя модульные системы по настоящему стандарту организации, с огнезащитным покрытием определяется огнестойкостью материала, применяемого для их огнезащиты, с учетом приведенной толщины металла элемента.

При расчете несущей способности опор, включающих в себя модульные системы по настоящему стандарту организации, необходимо учитывать вес огнезащитных материалов.

6 Требования к расчету и проектированию модульных систем

6.1 Общие требования к расчету и проектированию модульных систем

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

Требования к расчету монтажных профилей «UTECH» треугольной формы поперечного сечения (типа СН-Т) по первой группе предельных состояний установлены настоящим стандартом организации для следующих напряженно-деформируемых состояний:

- центральное растяжение и сжатие — 6.2 настоящего стандарта организации;
- изгиб — 6.3 настоящего стандарта организации;
- действие осевой силы с изгибом — 6.4 настоящего стандарта организации;
- кручение — 6.5 настоящего стандарта организации.

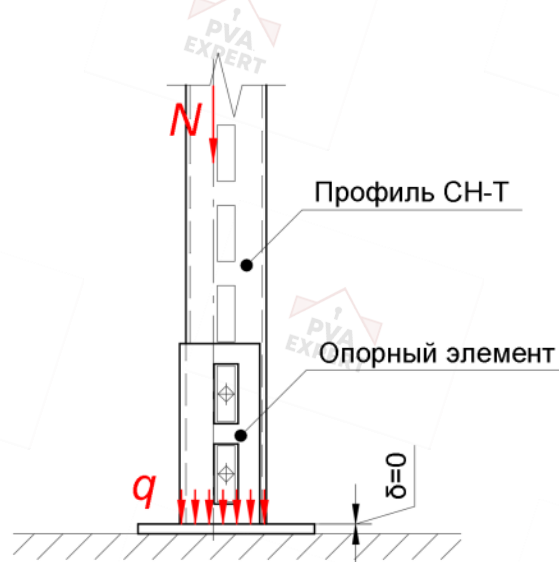
Критерием достижения предельного состояния второй группы для модульных систем является достижение такого значения деформации конструкции, при котором эксплуатация невозможна или нецелесообразна.

Расчет деформаций следует выполнять с учетом редуцированных характеристик поперечного сечения, определяемых согласно 6.6 настоящего стандарта организации.

Оценку несущей способности бесконнекторных соединений следует выполнять в соответствии с разработанной программой испытаний.

6.2 Центральные растянутые и центральные сжатые элементы

6.2.1 Для монтажных профилей типа СН-Т с треугольным поперечным сечением центральное растяжение и сжатие принимают для граничных условий, при которых усилие равномерно приложено к торцу профиля (рисунок 6.1).



δ — зазор между торцом профиля и опорной пластиной опорного элемента;

q — равномерно распределенное по торцу профиля усилие сжатия;

N — внутреннее продольное усилие (сила) в профиле

Рисунок 6.1 — Передача усилия на монтажный профиль через торец профиля

В случае если усилие на монтажный профиль типа СН-Т передается через болтовое соединение, расчет на прочность и устойчивость следует выполнять в соответствии с 6.4 настоящего стандарта.

6.2.2 Расчет на прочность при центральном растяжении и сжатии профилей типа СН-Т треугольного поперечного сечения следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_{nn} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (1)$$

где N — осевая сила;

A_{nn} — площадь ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемая по таблице А.1;

R_y — расчетное сопротивление стального проката;

γ_c — коэффициент условий работы, принимаемый равным 1.

6.2.3 Расчет на устойчивость при центральном сжатии профилей типа СН-Т треугольного поперечного сечения следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi A_n R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (2)$$

где φ — коэффициент устойчивости при центральном сжатии, определяемый по приложению Б в зависимости от $\bar{\lambda}$;

$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y/E}$ — условная гибкость стержня;

$\lambda = l_0 / i$ — гибкость стержня;

$E = 206000 \text{ Н/мм}^2$ — модуль упругости стали;

i — радиус инерции сечения;

$l_0 = \mu l$ — расчетная длина стержня;

μ — коэффициент расчетной длины, принимаемый по 6.2.4;

l — геометрическая длина стержня;

A_n — площадь ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемая по таблице Г.1 с учетом требований 6.2.5.

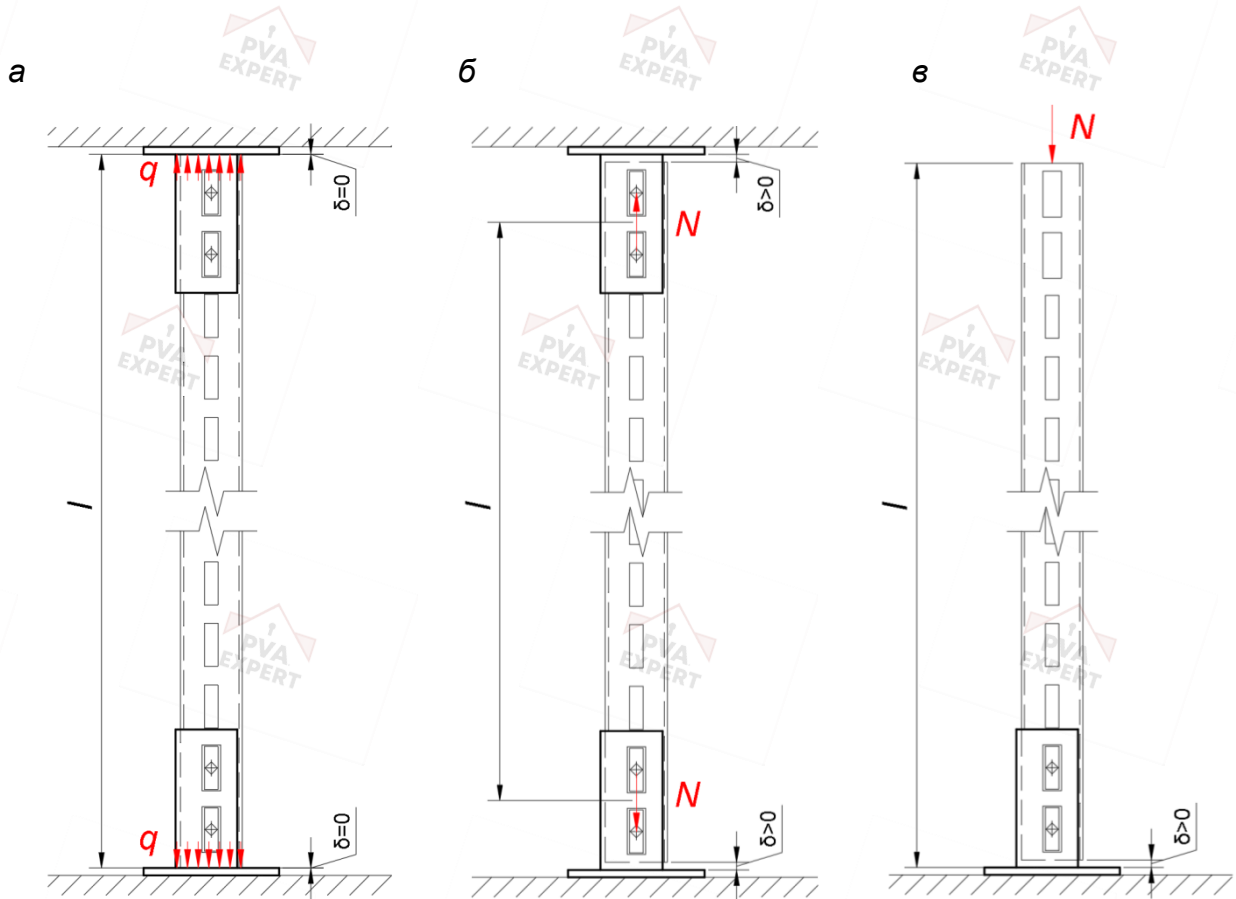
Примечание — Для сталей по ГОСТ 16523 или другому стандарту, не устанавливающему нормативное значение предела текучести проката, нормативное значение предела текучести проката допускается принимать равным $R_{yn} = R_{un}/1,65$, где R_{un} — нормативное значение временного сопротивления проката. В этом случае относительное удлинение применяемого проката должно быть не менее 20 %.

6.2.4 Для изгибаемых монтажных профилей типа СН-Т коэффициент расчетной длины μ следует принимать равным 1 для случаев закрепления монтажных профилей болтами на обоих концах.

Для консольной балки (см. рисунок 4.14) коэффициент расчетной длины μ следует принимать равным 2.

Для сжатых монтажных профилей типа СН-Т, применяемых в качестве стоек, коэффициент расчетной длины μ следует принимать по СП 16.13330.2017 (таблица 30). Коэффициенты расчетной длины μ для сжатых монтажных профилей могут быть определены путем статического нелинейно-упругого деформационного расчета конструкций с учетом нелинейного поведения узлов (узлов, имеющих известную конечную жесткость) либо путем натуральных испытаний, выполняемых в соответствии с разработанной программой испытаний.

6.2.5 Геометрическая длина стержня l — расстояние между центрами тяжести узлов соединения монтажного профиля (рисунок 6.2).



а — при креплении профиля по двум торцам и упоре профиля в основание опорного элемента; б — при креплении профиля по двум торцам и наличии зазора между торцом профиля и опорным элементом; в — при креплении профиля с одного торца и наличии зазора между торцом профиля и опорным элементом
 δ — зазор между торцом профиля и опорной пластиной опорного элемента; N — внутреннее продольное усилие (сила) в профиле; q — равномерно распределенное по торцу профиля усилие сжатия; l — геометрическая длина стержня

Рисунок 6.2 — Определение геометрической длины стержня

6.2.6 При расчете на центральное и внецентренное сжатие профилей СН-Т-100-2-REC, СН-Т-100-2-SQ и СН-Т-100-3-SQ следует учитывать редуцированное значение площади поперечного сечения, определяемое согласно 6.6 настоящего стандарта организации.

6.3 Изгибаемые элементы

6.3.1 Расчет на прочность изгибаемых профилей следует выполнять по формулам:

- при действии изгибающего момента M_x относительно оси $x-x$

$$\frac{M_x}{W_{xmn} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (3)$$

где W_{xnn} — момент сопротивления ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

- при действии изгибающего момента M_y относительно оси y - y

$$\frac{M_y}{W_{yyn} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (4)$$

где W_{yyn} — момент сопротивления ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

- при действии поперечной силы Q_x вдоль оси x - x

$$\frac{Q_x S_{yyn}}{I_{yyn} t R_s \gamma_c} \leq 1, \quad (5)$$

где R_s — расчетное сопротивление сдвигу согласно СП 16.13330.2017 (таблица 2);

I_{yyn} — момент инерции ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

S_{yyn} — статический момент ослабленного поперечного полусечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

t — толщина профиля, определяемая по таблице А.1;

- при действии поперечной силы Q_y вдоль оси y - y

$$\frac{Q_y S_{xnn}}{I_{xnn} t R_s \gamma_c} \leq 1, \quad (6)$$

где I_{xnn} — момент инерции ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

S_{xnn} — статический момент ослабленного поперечного полусечения монтажного профиля, определяемый по таблице А.1;

- при действии момента в двух главных плоскостях

$$\frac{M_x}{I_{xnn} R_y \gamma_c} y \pm \frac{M_y}{I_{yyn} R_y \gamma_c} x \leq 1, \quad (7)$$

где знак «+» второго члена принимается, если в рассматриваемой точке сечения соответствующее усилие вызывает сжатие;

x , y — расстояния от осей x - x и y - y до рассматриваемой точки сечения.

Примечание — Наибольшие нормальные напряжения действуют в наиболее удаленной от центра масс точке поперечного сечения;

- при одновременном действии на стенку профиля изгибающего момента и поперечной силы

$$\frac{0,87}{R_y \gamma_c} \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1, \tau_{xy}/R_s \gamma_c \leq 1, \quad (8)$$

где $\sigma_x = M_x \frac{y}{I_{xnn}}$, $\sigma_y = M_y \frac{x}{I_{yyn}}$ — нормальные напряжения по двум взаимно перпендикулярным направлениям;

$\tau_{xy} = \max \left(\frac{Q_x S_{ynn}}{I_{ynn} t}; \frac{Q_y S_{xnn}}{I_{xnn} t} \right)$ — наибольшее касательное напряжение.

6.3.2 Зависимость значений изгибающих моментов M_u и M_v от значений изгибающих моментов M_x и M_y определяется по формулам:

$$M_x = \sqrt{M_{xu}^2 + M_{xv}^2}, \quad (9)$$

$$M_y = \sqrt{M_{yu}^2 + M_{yv}^2}, \quad (10)$$

$$M_u = M_{xu} + M_{yu}, \quad (11)$$

$$M_v = M_{xv} + M_{yv}, \quad (12)$$

$$M_{xu} = M_{xv} \frac{I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{I_v}, \quad (13)$$

$$M_{yu} = M_{yv} \frac{I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{I_v}, \quad (14)$$

$$M_{xv} = \frac{M_x}{\sqrt{\left(\frac{I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{I_v}\right)^2 + 1}}, \quad (15)$$

$$M_{yv} = \frac{M_y}{\sqrt{\left(\frac{I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{I_v}\right)^2 + 1}}, \quad (16)$$

$$M_{xu} = \frac{M_x \cdot I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{\sqrt{I_u^2 \operatorname{tg}^2 45^\circ + I_v^2}}, \quad (17)$$

$$M_{yu} = \frac{M_y \cdot I_u \operatorname{tg} 45^\circ}{\sqrt{I_u^2 \operatorname{tg}^2 45^\circ + I_v^2}}, \quad (18)$$

где M_u, M_v — изгибающие моменты, действующие относительно главных осей $u-u$ и $v-v$;

M_{xu}, M_{xv} — изгибающие моменты относительно главных осей $u-u$ и $v-v$, составляющие от изгибающего момента M_x ;

M_{yu}, M_{yv} — изгибающие моменты относительно главных осей $u-u$ и $v-v$, составляющие от изгибающего момента M_y ;

I_u, I_v — момент инерции относительно главных осей $u-u$ и $v-v$ в рассматриваемом сечении.

6.3.3 При расчете на изгиб профилей СН-Т-100-2-REC и СН-Т-100-2-SQ следует учитывать редуцированные значения площади поперечного сечения и моментов сопротивления, определяемые согласно 6.6 настоящего стандарта организации.

6.3.4 При расчете профиля на изгиб следует выполнять проверку прочности «перемычки» между отверстиями перфорации стенки профиля на усилие сдвига T .

6.3.4.1 Величину усилия сдвига определяют по формуле

$$T = \frac{Q \cdot h_3}{h_{ef}}, \quad (19)$$

где h_3 — шаг отверстий перфорации стенки профиля по таблице Г.1;

h_{ef} — расстояние между центрами тяжести полков профиля в ослабленном сечении, значение которого следует принимать равным:

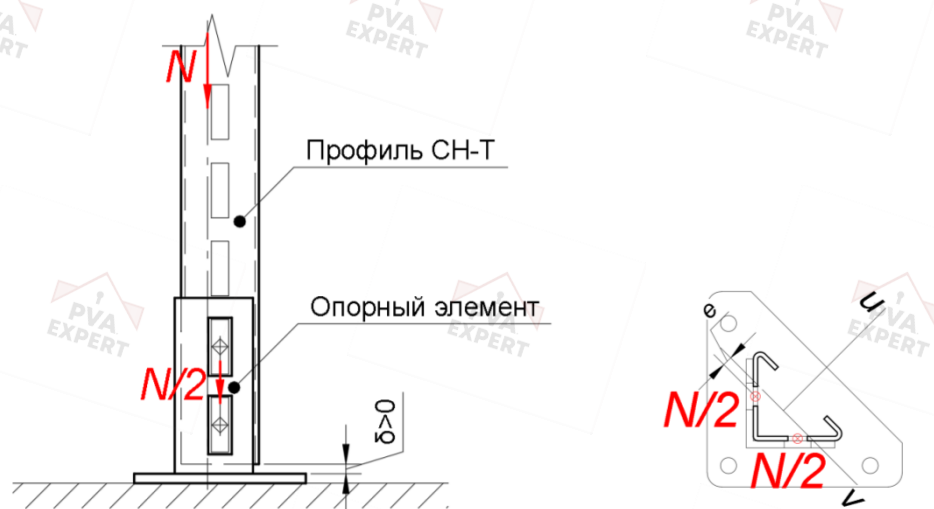
- для профиля СН-Т-50-2-REC, СН-Т-50-2-SQ..... $h_{ef} = 36,7$ мм;
- » » СН-Т-50-2,5-SQ..... $h_{ef} = 36,5$ мм;
- » » СН-Т-100-2-REC, СН-Т-100-2-SQ..... $h_{ef} = 86,7$ мм;
- » » СН-Т-100-3-SQ..... $h_{ef} = 86,3$ мм.

6.3.4.2 Проверку прочности «перемычки» между отверстиями перфорации следует выполнять по формуле

$$\tau = \frac{T}{l(h_3 - h_2)} \leq R_s \gamma_c. \quad (20)$$

6.4 Элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом

6.4.1 Для монтажных профилей СН-Т треугольного поперечного сечения внецентренное растяжение и сжатие принимают для граничных условий, при которых усилие передается на профиль через болтовое соединение (рисунок 6.3).



δ — зазор между торцом профиля и опорной пластиной опорного элемента;

N — внутреннее продольное усилие (сила) в профиле;

$N/2$ — сосредоточенное усилие, действующее на болтовое соединение

Рисунок 6.3 — Передача усилия на коннектор через болтовое соединение

Величину изгибающего момента при внецентренном сжатии определяют по формуле

$$M_v = Ne, \quad (21)$$

где e — эксцентриситет, значение которого следует принимать равным:

- для профиля CH-T-50-2-REC, CH-T-50-2-SQ..... $e = 8,3$ мм;
- » » CH-T-50-2,5-SQ..... $e = 8,55$ мм;
- » » CH-T-100-2-REC, CH-T-100-2-SQ..... $e = 15,63$ мм;
- » » CH-T-100-3-SQ..... $e = 16,15$ мм.

6.4.2 Расчет на прочность при совместном действии осевой силы с изгибом профилей типа CH-T треугольного поперечного сечения следует выполнять по формулам:

- при действии изгибающих моментов M_x и M_y относительно осей $x-x$ и $y-y$

$$\frac{N}{A_{nn} R_y \gamma_c} + \frac{M_x}{W_{xnn} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{ynn} R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (22)$$

- при действии изгибающих моментов M_u и M_v относительно главных осей $u-u$ и $v-v$

$$\frac{N}{A_{nn} R_y \gamma_c} + \frac{M_u}{W_{unn} R_y \gamma_c} + \frac{M_v}{W_{vnn} R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (23)$$

где W_{unn} , W_{vnn} — моменты сопротивления ослабленного поперечного сечения монтажного профиля, определяемые по таблице А.1.

6.4.2.1 В случае одновременного действия на профиль осевой силы с эксцентриситетом (согласно схеме на рисунке 6.3) и изгибающих моментов от поперечных нагрузок относительно осей $x-x$ и $y-y$ расчет на прочность следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_{nn} R_y \gamma_c} + \frac{Ne\sqrt{2}}{W_{xnn} R_y \gamma_c} + \frac{M_x}{W_{xnn} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{W_{ynn} R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (24)$$

Примечание — Для рассматриваемого случая также следует выполнять расчет на прочность по 6.4.2.3, приводя значения M_x и M_y к M_u и M_v согласно 6.3.3.

6.4.2.2 Для случая, предусмотренного 6.4.2.1, следует выполнять расчет на прочность по нормальным напряжениям для наиболее неблагоприятного сочетания усилий по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A_{nn}} + \frac{Ne\sqrt{2}}{I_{xnn}} y \pm \frac{M_x}{I_{xnn}} y \pm \frac{M_y}{I_{ynn}} x \leq R_y \gamma_c, \quad (25)$$

где знак «+» — принимается, если в рассматриваемой точке сечения соответствующее усилие вызывает нормальные напряжения с тем же знаком, что и продольное усилие N ;

x, y — то же, что и в формуле (7).

6.4.2.3 В случае одновременного действия на профиль осевой силы с эксцентриситетом (согласно схеме на рисунке 6.3) и изгибающих моментов от

поперечных нагрузок относительно главных осей $u-u$ и $v-v$ расчет на прочность следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_{nn} R_y \gamma_c} + \frac{Ne}{W_{vnn} R_y \gamma_c} + \frac{M_u}{W_{unn} R_y \gamma_c} + \frac{M_v}{W_{vnn} R_y \gamma_c} \leq 1. \quad (26)$$

6.4.3 В случае одновременного действия на профиль осевой силы с эксцентриситетом (согласно схеме на рисунке 6.3) расчет на устойчивость при внецентренном сжатии профилей типа СН-Т треугольного поперечного сечения следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi_e A_n R_y \gamma_c} \leq 1, \quad (27)$$

где φ_e — коэффициент устойчивости при внецентренном сжатии, определяемый согласно таблице В.1 в зависимости от условной гибкости $\bar{\lambda}$ и предела текучести R_y . Условная гибкость $\bar{\lambda}$ определяется в соответствии с 6.2.3.

В случае одновременного действия на профиль осевой силы с эксцентриситетом (согласно схеме на рисунке 6.3) и изгибающих моментов от поперечных нагрузок значение коэффициента φ_e определяют согласно таблице Г.1 в зависимости от условной гибкости $\bar{\lambda}$ и приведенного относительного эксцентриситета m_{ef} , определяемого по формуле

$$m_{ef} = \eta m, \quad (28)$$

где η — коэффициент влияния формы сечения, определяемый по формуле

$$\eta = (1,5 - 0,1m) - 0,02 \cdot (5 - m) \bar{\lambda}, \quad (29)$$

здесь $m = eA / W_{vn}$ — относительный эксцентриситет (здесь $e = M_v / N$ — эксцентриситет, при вычислении которого значения M_v определяют, как суммарный момент от действия продольной силы N , приложенной с эксцентриситетом e , и изгибающих моментов M_x и M_y , значения которых приведены к моменту относительной оси $v-v$ согласно 6.2.3;

W_{vn} — момент сопротивления сечения согласно таблице А.1.

При значениях $m_{ef} > 20$ расчет следует выполнять как для изгибаемых элементов (раздел 8 настоящего стандарта организации).

6.4.4 При расчете на совместное действие осевой силы с изгибом профилей СН-Т-100-2-REC, СН-Т-100-2-SQ и СН-Т-100-3-SQ следует учитывать редуцированные значения площади поперечного сечения и моментов сопротивления, определяемые согласно 6.6 настоящего стандарта организации.

6.5 Элементы, подверженные кручению

6.5.1 Для монтажных профилей СН-Т, воспринимающих поперечную нагрузку, приложенную с эксцентриситетом e_q относительно центра тяжести, следует учитывать кручение, обусловленное действием крутящего момента.

Величина эксцентриситета e_q — расстояние между центром тяжести сечения и осью, вдоль которой приложена нагрузка на стержень.

6.5.1.1 В случае приложения сосредоточенной поперечной силы крутящий момент равен $M = Q \cdot e_q$ (рисунок 6.4).

Крутящий момент M определяет действие следующих силовых факторов: изгибно-крутящий бимомент B , изгибно-крутящий момент M_ω , крутящий момент $M_{кр}$.

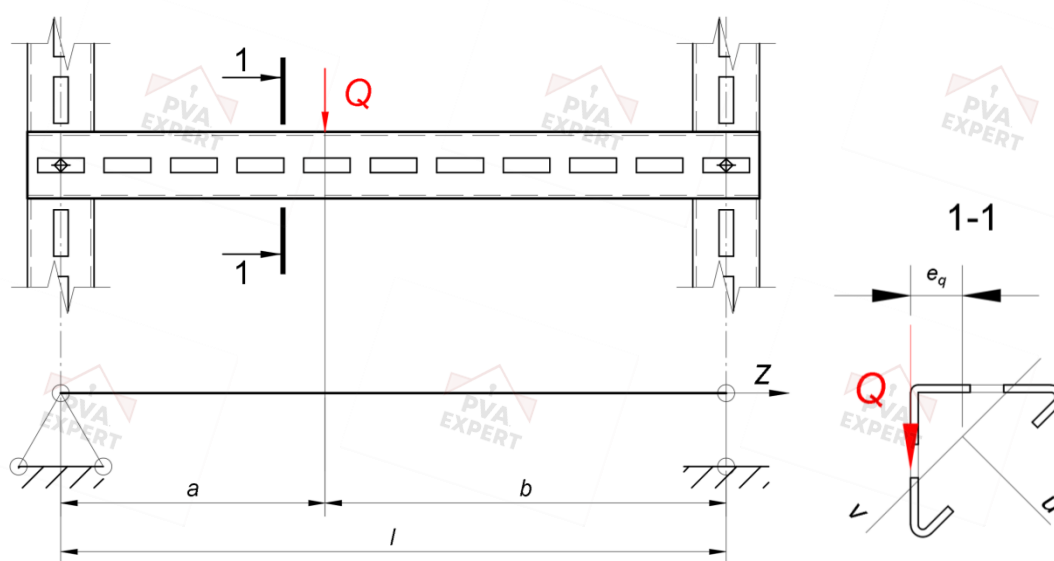


Рисунок 6.4 — Приложение поперечной силы Q с эксцентриситетом e_q

Для расчетной схемы, представляющей собой стержень, закрепленный на концах от поворота, незакрепленный от депланации, с сосредоточенным крутящим моментом M , приложенным на расстоянии a от левой опоры и на расстоянии b от правой опоры (рисунок 6.4), силовые факторы B , M_ω , $M_{кр}$ определяют по формулам:

- на участке от левой опоры до точки приложения момента M и силы Q соответственно

$$M_{кр} = M \cdot \left(\frac{b}{l} - \frac{\text{sh}kb}{\text{sh}kl} \cdot \text{ch}kz \right), \quad (30)$$

$$M_\omega = -M \cdot \frac{\text{sh}kb}{\text{sh}kl} \cdot \text{ch}kz, \quad (31)$$

$$B = \frac{M}{k} \cdot \frac{\text{sh}kb}{\text{sh}kl} \cdot \text{sh}kz, \quad (32)$$

где $\text{ch}kz$ — гиперболический косинус от kz ;

$\text{sh}kb$, $\text{sh}kl$, $\text{sh}kz$ — гиперболические синусы от kb , kl и kz соответственно;

b — расстояние от точки приложения M и Q до правой опоры;

l — длина стержня между точками закрепления;

z — горизонтальная ось с началом координат на левой опоре;

$$k = \sqrt{\frac{G I_t}{E I_\omega}};$$

$G = 79\,000$ МПа — модуль сдвига;

I_ω — секториальный момент инерции сечения, принимаемый по таблице А.1;

I_t — момент инерции сечения при чистом кручении, принимаемый по таблице А.1;

- на участке от точки приложения момента M и силы Q соответственно до правой опоры

$$M_{\text{кр}} = M \cdot \left(\frac{\text{sh}ka}{\text{sh}kl} \cdot \text{ch}k(l-z) - \frac{a}{l} \right), \quad (33)$$

$$M_\omega = M \cdot \frac{\text{sh}ka}{\text{sh}kl} \cdot \text{ch}k(l-z), \quad (34)$$

$$B = \frac{M}{k} \cdot \frac{\text{sh}ka}{\text{sh}kl} \cdot \text{sh}k(l-z), \quad (35)$$

где $\text{ch}k(l-z)$ — гиперболический косинус от $k(l-z)$;

$\text{sh}ka$, $\text{sh}k(l-z)$ — гиперболические синусы от ka и $k \cdot (l-z)$ соответственно;

a — расстояние от левой опоры до точки приложения M и Q .

6.5.1.2 В случае приложения равномерно распределенной поперечной нагрузки равномерно распределенный крутящий момент равен $m = q \cdot e_q$ (рисунок 6.5).

Крутящий момент m определяет действие следующих силовых факторов: изгибно-крутящий бимомент B , изгибно-крутящий момент M_ω , крутящий момент $M_{\text{кр}}$.

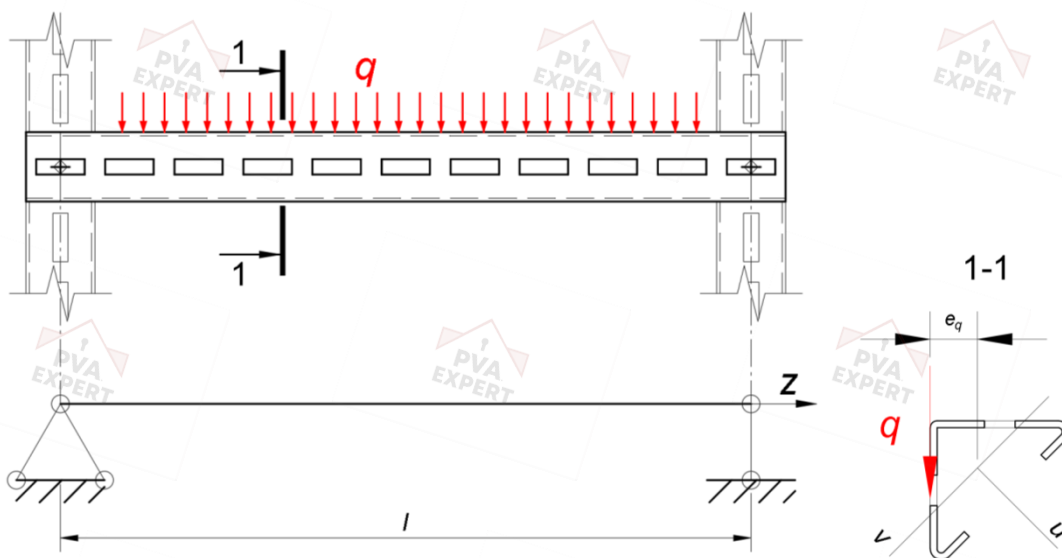


Рисунок 6.5 — Приложение поперечной равномерно распределенной нагрузки q с эксцентриситетом e_q

Для расчетной схемы, представляющей собой стержень, закрепленный на концах от поворота, незакрепленный от деформации, с распределенным крутящим моментом m (рисунок 6.5), силовые факторы B , M_ω , $M_{кр}$ определяют по формулам:

$$M_{кр} = m \cdot \left(\frac{l}{2} - z + \frac{\operatorname{sh}k\left(\frac{l}{2} - z\right)}{k \cdot \operatorname{ch}\frac{kl}{2}} \right), \quad (36)$$

$$M_\omega = -\frac{m}{k} \cdot \frac{\operatorname{sh}k\left(\frac{l}{2} - z\right)}{\operatorname{ch}\frac{kl}{2}}, \quad (37)$$

$$B = \frac{m}{k^2} \cdot \left[1 - \frac{\operatorname{ch}k\left(\frac{l}{2} - z\right)}{\operatorname{ch}\frac{kl}{2}} \right], \quad (38)$$

где $\operatorname{ch}k\left(\frac{l}{2} - z\right)$ и $\operatorname{ch}\frac{kl}{2}$ — гиперболические косинусы от $k\left(\frac{l}{2} - z\right)$ и $\frac{kl}{2}$;

$\operatorname{sh}k\left(\frac{l}{2} - z\right)$ — гиперболический синус от $k\left(\frac{l}{2} - z\right)$.

6.5.2 Компоненту нормальных напряжений в стержне от действия бимоента B определяют по формуле

$$\sigma_\omega = \frac{B \cdot \omega}{I_\omega}. \quad (39)$$

Касательные напряжения в стержне от действия моментов M_ω и $M_{кр}$ следует определять по формулам:

$$\tau_\omega = \frac{M_\omega S_\omega^{\text{отс}}}{I_\omega t}, \quad (40)$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр} t}{I_t}, \quad (41)$$

где I_t — момент инерции сечения при чистом кручении, принимаемый по таблице А.1;

$S_\omega^{\text{отс}}$ — секториальный статический момент отсеченной части сечения, принимаемый по таблице А.1;

ω — секториальная координата, принимаемая по таблице А.1;

t — толщина профиля.

6.5.3 Нормальные и касательные напряжения при совместном действии продольной и поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов должны удовлетворять условиям:

$$\sigma_N + \sigma_{Mx} + \sigma_{My} + \sigma_\omega \leq R_y \gamma_c, \quad (42)$$

$$\tau_{Qx} + \tau_{Qy} + \tau_{кр} + \tau_\omega \leq R_s \gamma_c, \quad (43)$$

где σ_{M_x} — нормальное напряжение от изгибающего момента M_x (для поперечного сечения, определенного с учетом 6.6);

σ_{M_y} — нормальное напряжение от изгибающего момента M_y (для поперечного сечения, определенного с учетом 6.6);

σ_N — нормальное напряжение от осевой силы N (для поперечного сечения, определенного с учетом 6.6);

τ_{Q_x} — сдвигающее напряжение от поперечной силы Q_x (определяется для полного поперечного сечения);

τ_{Q_y} — сдвигающее напряжение от поперечной силы Q_y (определяется для полного поперечного сечения).

6.6 Определение редуцированных характеристик поперечного сечения монтажных профилей

6.6.1 При расчете на прочность и устойчивость профилей CH-T-100-2-REC, CH-T-100-2-SQ, CH-T-100-3-SQ следует учитывать явление редукции, обусловленной влиянием потери местной устойчивости и устойчивости формы сжатой части поперечного сечения профиля.

Для профилей CH-T явление редукции следует учитывать для стенок профиля, в которых имеются только сжатые волокна.

Редукцию учитывают путем использования редуцированных характеристик поперечного сечения в расчетах по предельным состояниям.

Редуцированные характеристики поперечного сечения определяются из условия изменения ширины стенки профиля либо из условия изменения толщины стенки профиля согласно 6.6.3.

6.6.2 Редуцированные характеристики поперечного сечения профиля следует учитывать:

- для профилей CH-T-100-2-REC, CH-T-100-2-SQ:
 - при расчетах на изгиб профиля — для верхней сжатой стенки с номинальной шириной b (по таблице А.1), как показано на рисунке 6.6а;
 - при расчетах на центральное сжатие — для всех стенок профиля (рисунок 6.6б);
 - при расчетах на внецентренное сжатие, обусловленное приложением сжимающей силы N с эксцентриситетом e согласно 6.3.1, — для стенки с номинальной шириной a (рисунок 6.6в);
 - при расчетах на совместное действие продольной силы и изгибающего момента — для всех стенок профиля;

- для профилей СН-Т-100-3-SQ при расчетах на центральное сжатие (рисунок 6.5б), внецентренное сжатие (рисунок 6.5в), а также при расчетах на совместное действие продольной силы и изгибающего момента — для стенки с номинальной шириной a (по таблице А.1).

Для случая на рисунке 6.6а редукции подвержена верхняя сжатая стенка профилей СН-Т-100-2-REC и СН-Т-100-2-SQ, в которой действует нормальное напряжение σ_2 . В соответствии с таблицей 6.1 для данного случая $\psi = 1$, $k_\sigma = 4$.

Для случая на рисунке 6.6б редукции подвержены:

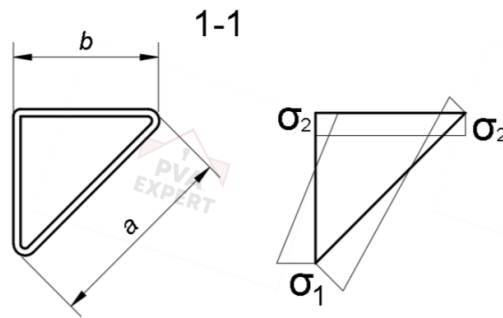
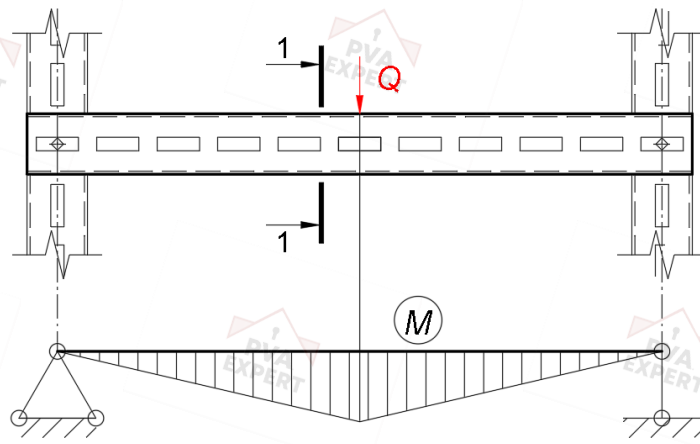
- все стенки профилей СН-Т-100-2-REC, СН-Т-100-2-SQ, в которых действует нормальное напряжение $\sigma_1 = \sigma_2$. В соответствии с таблицей 6.1 для данного случая $\psi = 1$, $k_\sigma = 4$;

- стенка шириной a профиля СН-Т-100-3-SQ, в которой действует нормальное напряжение $\sigma_1 = \sigma_2$. В соответствии с таблицей 6.1 для данного случая $\psi = 1$, $k_\sigma = 4$.

Для случая на рисунке 6.6в редукции подвержена сжатая стенка профилей СН-Т-100-2-REC, СН-Т-100-2-SQ и СН-Т-100-3-SQ, в которой действует нормальное напряжение σ_2 . В соответствии с таблицей 6.1 для данного случая $\psi = 1$, $k_\sigma = 4$.

При совместном действии продольной силы и изгибающего момента результирующие эпюры нормальных напряжений представляют собой сумму эпюр на рисунках 6.6а и 6.6б или сумму эпюр на рисунках 6.6а и 6.6в в зависимости от наличия эксцентриситета e .

a



б

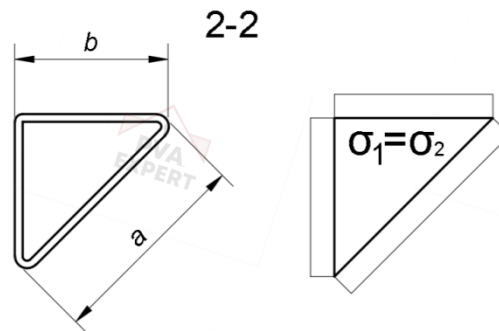
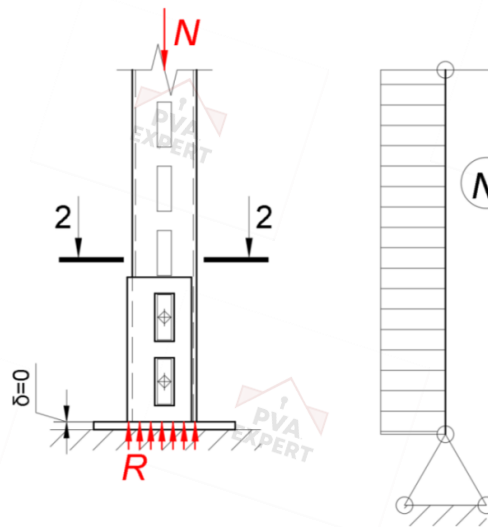
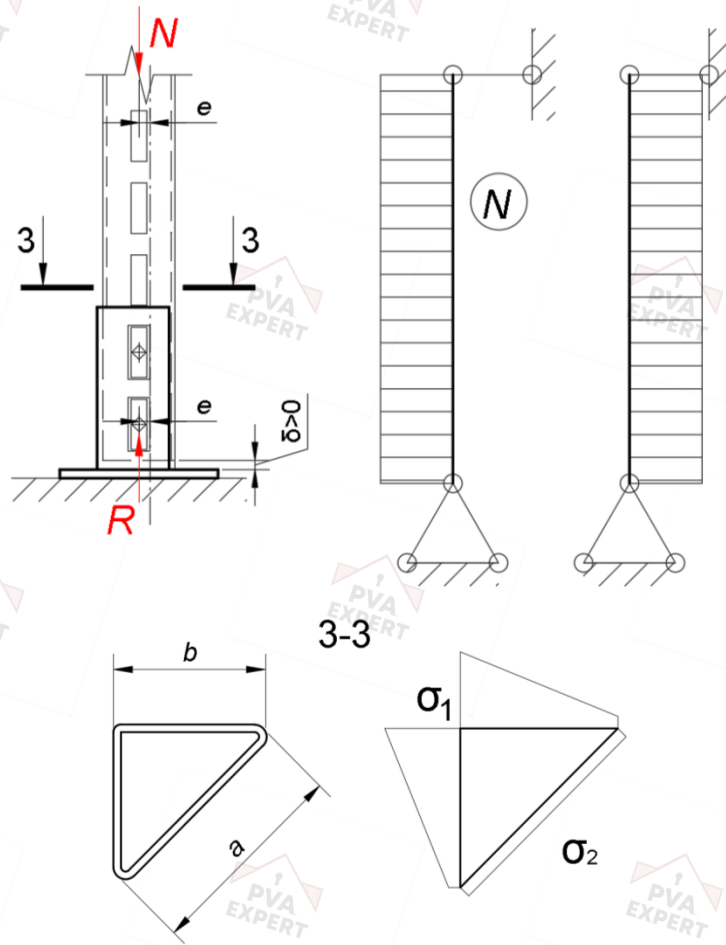


Рисунок 6.6 — Нормальные напряжения для оценки редуцированных характеристик поперечного сечения профиля, лист 1

в



a — эпюры изгибающих моментов и нормальных напряжений при изгибе; b — эпюры сжимающей силы и нормальных напряжений при центральном сжатии; e — эпюры сжимающей силы, изгибающего момента и нормальных напряжений при внецентренном сжатии

δ — зазор между торцом профиля и опорной пластиной опорного элемента;

Q — поперечная сила; N — сжимающая продольная сила; e — эксцентриситет приложения силы N при внецентренном сжатии; M — изгибающий момент;

σ_1, σ_2 — наибольшее и наименьшее нормальные напряжения соответственно

Рисунок 6.6, лист 2

6.6.3 Изменение ширины стенки профиля за счет редукии определяется как:
 $a_{ef} = \rho a$ — редуцированная ширина стенки номинальной шириной a согласно таблице А.1;

$b_{ef} = \rho b$ — редуцированная ширина стенки номинальной шириной b согласно таблице А.1,

где ρ — коэффициент редукии, определяемый по формулам:

$$\rho = 1,0 \text{ при } \bar{\lambda}_p \leq 0,673; \quad (44)$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \text{ при } \bar{\lambda}_p > 0,673, \quad (45)$$

где $\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ — отношение меньшего напряжения к большему, определяемое согласно

6.6.4 из условия $(3 + \psi) \geq 0$;

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_{yn}}{\sigma_{cr}}} \text{ — условная гибкость стенки профиля;} \quad (46)$$

здесь σ_{cr} — критическое напряжение потери устойчивости стенки профиля, определяемое по формуле

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot c^2}, \quad (47)$$

где k_σ — коэффициент, зависящий от граничных условий и характера напряжений в стенке профиля (приведен в таблице 6.1);

c — ширина стенки, принимаемая равной значению a или b по таблице А.1 в зависимости от рассматриваемой стенки сечения профиля СН-Т;

t — толщина стенки профиля по таблице А.1;

ν — коэффициент Пуассона (для стали $\nu = 0,3$).

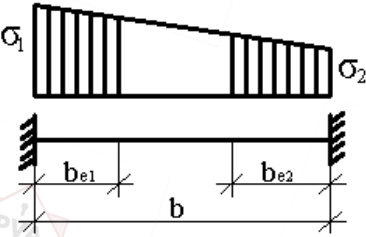
Изменение толщины стенки профиля за счет редукии определяют как $t_{ef} = \rho t$, где t_{ef} — редуцированная толщина стенки профиля номинальной толщиной t согласно таблице А.1.

6.6.4 Коэффициенты k_σ и ψ определяют согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1

Распределение напряжений	Эффективная ширина b_{ef}
	$\psi = 1$ $b_{ef} = \rho \cdot b$ $b_{e1} = 0,5 b_{ef}$ $b_{e2} = 0,5 b_{ef}$

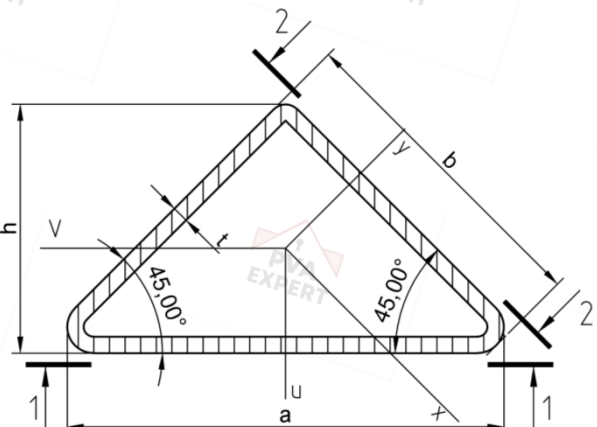
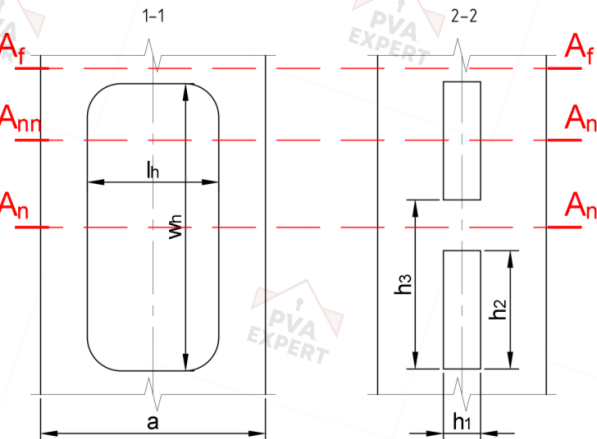
Окончание таблицы 6.1

Распределение напряжений				Эффективная ширина b_{ef}		
				$1 > \psi > 0$ $b_{ef} = \rho \cdot b$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{ef}$ $b_{e2} = b_{ef} - b_{e1}$		
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Коэффициент k_σ	4,0	$8,2/(1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

Приложение А (справочное)

Геометрические характеристики монтажных профилей типа СН-Т

Таблица А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
СН-Т-50-2-REC	<p>Поперечное сечение:</p>  <p>Виды 1-1 и 2-2:</p> 	$a = 67,4 \text{ мм};$ $b = 50 \text{ мм};$ $t = 2 \text{ мм};$ $h = 38,4 \text{ мм};$ $w_h = 85 \text{ мм};$ $l_h = 39 \text{ мм};$ $h_1 = 11 \text{ мм};$ $h_2 = 35 \text{ мм};$ $h_3 = 50 \text{ мм};$ $A_f = 326,03 \text{ мм}^2;$ $I_x = I_y = 86938,5 \text{ мм}^4;$ $i_x = i_y = 16,3 \text{ мм};$ $\min W_x = \min W_y =$ $= 2792,76 \text{ мм}^3;$ $I_v = 49277 \text{ мм}^4;$ $I_u = 124600 \text{ мм}^4;$ $i_v = 12,3 \text{ мм};$ $i_u = 19,5 \text{ мм};$ $W_v = 1912 \text{ мм}^3;$ $W_u = 3697 \text{ мм}^3;$ $A_n = 248,03 \text{ мм}^2;$ $I_{xn} = I_{yn} = 74994 \text{ мм}^4;$ $i_{xn} = i_{yn} = 17,38 \text{ мм};$ $\min W_{xn} = \min W_{yn} =$ $= 2223,4 \text{ мм}^3;$ $I_{vn} = 35275 \text{ мм}^4;$ $I_{un} = 114713 \text{ мм}^4;$ $i_{vn} = 11,93 \text{ мм};$ $i_{un} = 21,51 \text{ мм};$

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$W_{yn} = 1597 \text{ мм}^3;$ $W_{un} = 3404 \text{ мм}^3;$ $A_{nn} = 204,03 \text{ мм}^2;$ $I_{xnn} = I_{ynn} = 67857 \text{ мм}^4;$ $i_{xnn} = i_{ynn} = 18,24 \text{ мм};$ $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} =$ $= 2054,4 \text{ мм}^3;$ $I_{ynn} = 33902 \text{ мм}^4;$ $I_{unn} = 101812 \text{ мм}^4;$ $i_{ynn} = 12,89 \text{ мм};$ $i_{unn} = 22,34 \text{ мм};$ $W_{ynn} = 1468 \text{ мм}^3;$ $W_{unn} = 3021 \text{ мм}^3;$ $S_{ynn} = 1173,9 \text{ мм}^3;$ $S_{unn} = 2012,85 \text{ мм}^3;$ $I_t = 3792,5 \text{ мм}^4;$ $I_{\omega} = 12131703 \text{ мм}^6;$ $S_{\omega}^{\text{отс}} = 12270,5 \text{ мм}^4;$ $\omega = 638,2 \text{ мм}^2$
CH-T-50-2-SQ		$a = 67,4 \text{ мм};$ $b = 50 \text{ мм};$ $t = 2 \text{ мм};$ $h = 38,4 \text{ мм};$ $w_h = 85 \text{ мм};$ $l_h = 39 \text{ мм};$ $h_1 = 11 \text{ мм};$ $h_2 = 11 \text{ мм};$ $h_3 = 25 \text{ мм};$ $A_f = 326,03 \text{ мм}^2;$ $I_x = I_y = 86938,5 \text{ мм}^4;$ $i_x = i_y = 16,3 \text{ мм};$ $\min W_x = \min W_y =$ $= 2792,76 \text{ мм}^3;$

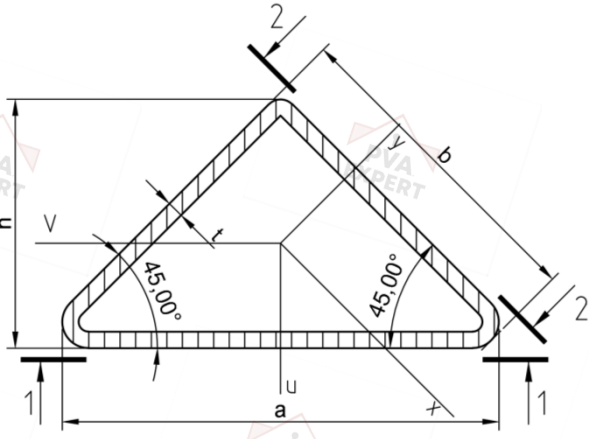
Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$I_v = 49277 \text{ мм}^4;$ $I_u = 124600 \text{ мм}^4;$ $i_v = 12,3 \text{ мм};$ $i_u = 19,5 \text{ мм};$ $W_v = 1912 \text{ мм}^3;$ $W_u = 3697 \text{ мм}^3;$ $A_n = 248,03 \text{ мм}^2;$ $I_{xn} = I_{yn} = 74994 \text{ мм}^4;$ $i_{xn} = i_{yn} = 17,38 \text{ мм};$ $\min W_{xn} = \min W_{yn} =$ $= 2223,4 \text{ мм}^3;$ $I_{vn} = 35275 \text{ мм}^4;$ $I_{un} = 114713 \text{ мм}^4;$ $i_{vn} = 11,93 \text{ мм};$ $i_{un} = 21,51 \text{ мм};$ $W_{vn} = 1597 \text{ мм}^3;$ $W_{un} = 3404 \text{ мм}^3;$ $A_{nn} = 204,03 \text{ мм}^2;$ $I_{xnn} = I_{ynn} = 67857 \text{ мм}^4;$ $i_{xnn} = i_{ynn} = 18,24 \text{ мм};$ $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} =$ $= 2054,4 \text{ мм}^3;$ $I_{vnn} = 33902 \text{ мм}^4;$ $I_{unn} = 101812 \text{ мм}^4;$ $i_{vnn} = 12,89 \text{ мм};$ $i_{unn} = 22,34 \text{ мм};$ $W_{vnn} = 1468 \text{ мм}^3;$ $W_{unn} = 3021 \text{ мм}^3;$ $S_{vnn} = 1173,9 \text{ мм}^3;$ $S_{unn} = 2012,85 \text{ мм}^3;$ $I_t = 3792,5 \text{ мм}^4;$ $I_\omega = 12131703 \text{ мм}^6;$ $S_\omega^{\text{отс}} = 12270,5 \text{ мм}^4;$

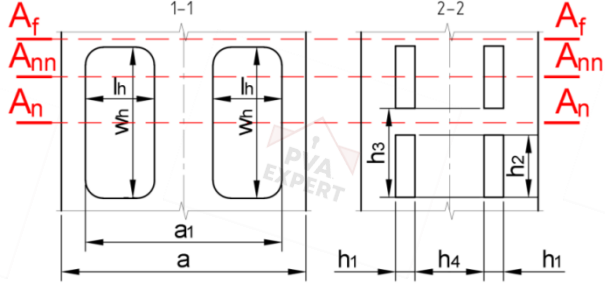
Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$\omega = 638,2 \text{ мм}^2$
CH-T-50-2,5-SQ		$a = 66,6 \text{ мм};$ $b = 50 \text{ мм};$ $t = 2,5 \text{ мм};$ $h = 39 \text{ мм};$ $w_h = 85 \text{ мм};$ $l_h = 39 \text{ мм};$ $h_1 = 11 \text{ мм};$ $h_2 = 11 \text{ мм};$ $h_3 = 25 \text{ мм};$ $A_f = 402,4 \text{ мм}^2;$ $I_x = I_y = 106277 \text{ мм}^4;$ $i_x = i_y = 16,25 \text{ мм};$ $\min W_x = \min W_y =$ $= 3450,55 \text{ мм}^3;$ $I_v = 62199 \text{ мм}^4;$ $I_u = 150355 \text{ мм}^4;$ $i_v = 12,43 \text{ мм};$ $i_u = 19,33 \text{ мм};$ $W_v = 2407 \text{ мм}^3;$ $W_u = 4517 \text{ мм}^3;$ $A_n = 304,9 \text{ мм}^2;$ $I_{xn} = I_{yn} = 90814,5 \text{ мм}^4;$ $i_{xn} = i_{yn} = 17,26 \text{ мм};$ $\min W_{xn} = \min W_{yn} =$ $= 2707,6 \text{ мм}^3;$ $I_{yn} = 43632 \text{ мм}^4;$ $I_{un} = 137997 \text{ мм}^4;$ $i_{yn} = 11,96 \text{ мм};$ $i_{un} = 21,27 \text{ мм};$ $W_{vn} = 1983 \text{ мм}^3;$ $W_{un} = 4146 \text{ мм}^3;$ $A_{nn} = 249,9 \text{ мм}^2;$

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$I_{xnn} = I_{ynn} = 82021,5 \text{ мм}^4$; $i_{xnn} = i_{ynn} = 18,12 \text{ мм}$; $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} = 2502,9 \text{ мм}^3$; $I_{vnn} = 41850 \text{ мм}^4$; $I_{unn} = 122193 \text{ мм}^4$; $i_{vnn} = 12,94 \text{ мм}$; $i_{unn} = 22,11 \text{ мм}$; $W_{vnn} = 1816 \text{ мм}^3$; $W_{unn} = 3671 \text{ мм}^3$; $S_{vnn} = 1438,8 \text{ мм}^3$; $S_{unn} = 2441,7 \text{ мм}^3$; $I_t = 4816,1 \text{ мм}^4$; $I_{\omega} = 16287316,4 \text{ мм}^6$; $S_{\omega}^{\text{отс}} = 15744,9 \text{ мм}^4$; $\omega = 654,87 \text{ мм}^2$
<p>СН-Т-100-2-REC</p>	<p>Поперечное сечение:</p>  <p>Виды 1-1 и 2-2:</p>	$a = 138 \text{ мм}$; $b = 100 \text{ мм}$; $t = 2 \text{ мм}$; $a_1 = 109,7 \text{ мм}$; $h = 73,8 \text{ мм}$; $w_h = 85 \text{ мм}$; $l_h = 39 \text{ мм}$; $h_1 = 11 \text{ мм}$; $h_2 = 35 \text{ мм}$; $h_3 = 50 \text{ мм}$; $h_4 = 39 \text{ мм}$; $A_f = 667,46 \text{ мм}^2$; $I_x = I_y = 725348,5 \text{ мм}^4$; $i_x = i_y = 32,97 \text{ мм}$; $\min W_x = \min W_y = 11431,8 \text{ мм}^3$

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		<p> $I_v = 383853 \text{ мм}^4;$ $I_u = 1066844 \text{ мм}^4;$ $i_v = 23,98 \text{ мм};$ $i_u = 39,98 \text{ мм};$ $W_v = 7559 \text{ мм}^3;$ $W_u = 15449 \text{ мм}^3;$ $A_n = 511,46 \text{ мм}^2;$ $I_{xn} = I_{yn} = 568634 \text{ мм}^4;$ $i_{xn} = i_{yn} = 33,34 \text{ мм};$ $\min W_{xn} = \min W_{yn} = 8339 \text{ мм}^3;$ $I_{vn} = 285138 \text{ мм}^4;$ $I_{un} = 852130 \text{ мм}^4;$ $i_{vn} = 23,61 \text{ мм};$ $i_{un} = 40,82 \text{ мм};$ $W_{vn} = 6471 \text{ мм}^3;$ $W_{un} = 12340 \text{ мм}^3;$ $A_{nn} = 423,5 \text{ мм}^2;$ $I_{xnn} = I_{ynn} = 483625,5 \text{ мм}^4;$ $i_{xnn} = i_{ynn} = 33,79 \text{ мм};$ $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} = 7231,2 \text{ мм}^3;$ $I_{vnn} = 248724 \text{ мм}^4;$ $I_{unn} = 718527 \text{ мм}^4;$ $i_{vnn} = 24,23 \text{ мм};$ $i_{unn} = 41,19 \text{ мм};$ $W_{vnn} = 5416 \text{ мм}^3;$ $W_{unn} = 10405 \text{ мм}^3;$ $S_{vnn} = 4536,8 \text{ мм}^3;$ $S_{unn} = 7283,5 \text{ мм}^3;$ $I_t = 14346,3 \text{ мм}^4;$ $I_\omega = 55325220,3 \text{ мм}^6;$ </p>

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$S_{\omega}^{\text{отс}} = 18350,9 \text{ мм}^4;$ $\omega = 1159,4 \text{ мм}^2$
CH-T-100-2-SQ		$a = 138 \text{ мм};$ $b = 100 \text{ мм};$ $t = 2 \text{ мм};$ $a_1 = 109,7 \text{ мм};$ $h = 73,8 \text{ мм};$ $w_h = 85 \text{ мм};$ $l_h = 39 \text{ мм};$ $h_1 = 11 \text{ мм};$ $h_2 = 11 \text{ мм};$ $h_3 = 25 \text{ мм};$ $h_4 = 39 \text{ мм};$ $A_f = 667,46 \text{ мм}^2;$ $I_x = I_y = 725348,5 \text{ мм}^4;$ $i_x = i_y = 32,97 \text{ мм};$ $\min W_x = \min W_y =$ $= 11431,8 \text{ мм}^3;$ $I_y = 383853 \text{ мм}^4;$ $I_u = 1066844 \text{ мм}^4;$ $i_v = 23,98 \text{ мм};$ $i_u = 39,98 \text{ мм};$ $W_v = 7559 \text{ мм}^3;$ $W_u = 15449 \text{ мм}^3;$ $A_n = 511,46 \text{ мм}^2;$ $I_{xn} = I_{yn} = 568634 \text{ мм}^4;$ $i_{xn} = i_{yn} = 33,34 \text{ мм};$ $\min W_{xn} = \min W_{yn} =$ $= 8339 \text{ мм}^3;$ $I_{vn} = 285138 \text{ мм}^4;$ $I_{un} = 852130 \text{ мм}^4;$ $i_{vn} = 23,61 \text{ мм};$ $i_{un} = 40,82 \text{ мм};$

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$W_{yn} = 6471 \text{ мм}^3;$ $W_{un} = 12340 \text{ мм}^3;$ $A_{nn} = 423,5 \text{ мм}^2;$ $I_{xnn} = I_{ynn} = 483625,5 \text{ мм}^4;$ $i_{xnn} = i_{ynn} = 33,79 \text{ мм};$ $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} = 7231,2 \text{ мм}^3;$ $I_{ynn} = 248724 \text{ мм}^4;$ $I_{unn} = 718527 \text{ мм}^4;$ $i_{ynn} = 24,23 \text{ мм};$ $i_{unn} = 41,19 \text{ мм};$ $W_{vnn} = 5416 \text{ мм}^3;$ $W_{unn} = 10405 \text{ мм}^3;$ $S_{vnn} = 4536,8 \text{ мм}^3;$ $S_{unn} = 7283,5 \text{ мм}^3;$ $I_t = 14346,3 \text{ мм}^4;$ $I_{\omega} = 55325220,3 \text{ мм}^6;$ $S_{\omega}^{\text{отс}} = 18350,9 \text{ мм}^4;$ $\omega = 1159,4 \text{ мм}^2$
CH-T-100-3-SQ		$a = 136,5 \text{ мм};$ $b = 100 \text{ мм};$ $t = 3 \text{ мм};$ $h = 75,1 \text{ мм};$ $a_1 = 109,7 \text{ мм};$ $w_h = 85 \text{ мм};$ $l_h = 39 \text{ мм};$ $h_1 = 11 \text{ мм};$ $h_2 = 11 \text{ мм};$ $h_3 = 25 \text{ мм};$ $A_f = 988,9 \text{ мм}^2;$ $I_x = I_y = 1064546 \text{ мм}^4;$ $i_x = i_y = 32,81 \text{ мм};$ $\min W_x = \min W_y =$

Продолжение таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$= 16943,3 \text{ мм}^3$; $I_v = 581597 \text{ мм}^4$; $I_u = 1547495 \text{ мм}^4$; $i_v = 24,25 \text{ мм}$; $i_u = 39,56 \text{ мм}$; $W_v = 11415 \text{ мм}^3$; $W_u = 22682 \text{ мм}^3$; $A_n = 754,9 \text{ мм}^2$; $I_{xn} = I_{yn} = 824862,5 \text{ мм}^4$; $i_{xn} = i_{yn} = 33,06 \text{ мм}$; $\min W_{xn} = \min W_{yn} = 12167,9 \text{ мм}^3$; $I_{vn} = 424301 \text{ мм}^4$; $I_{un} = 1225424 \text{ мм}^4$; $i_{vn} = 23,71 \text{ мм}$; $i_{un} = 40,29 \text{ мм}$; $W_{vn} = 9658 \text{ мм}^3$; $W_{un} = 17961 \text{ мм}^3$; $A_{nn} = 622,9 \text{ мм}^2$; $I_{xnn} = I_{ynn} = 698595,5 \text{ мм}^4$; $i_{xnn} = i_{ynn} = 33,49 \text{ мм}$; $\min W_{xnn} = \min W_{ynn} = 10517,8 \text{ мм}^3$; $I_{vnn} = 368981 \text{ мм}^4$; $I_{unn} = 1028210 \text{ мм}^4$; $i_{vnn} = 24,34 \text{ мм}$; $i_{unn} = 40,63 \text{ мм}$; $W_{vnn} = 8044 \text{ мм}^3$; $W_{unn} = 15071 \text{ мм}^3$; $S_{vnn} = 6699 \text{ мм}^3$; $S_{unn} = 10570,6 \text{ мм}^3$; $I_t = 16467,8 \text{ мм}^4$; $I_\omega = 87802325,6 \text{ мм}^6$

Окончание таблицы А.1

Наименование профиля	Эскиз профиля	Геометрические характеристики поперечного сечения
		$S_{\omega}^{\text{отс}} = 28102,7 \text{ мм}^4$; $\omega = 1183,1 \text{ мм}^2$
<p>Примечание — В настоящей таблице применены следующие условные обозначения:</p> <p>a, b — ширина стенок профиля (см. эскиз профиля), мм;</p> <p>t — толщина стенки профиля (см. эскиз профиля), мм;</p> <p>h — высота сечения профиля (см. эскиз профиля), мм;</p> <p>$w_h, l_h, h_1, h_2, h_3, h_4$ — габаритные размеры отверстий в стенке профиля (см. эскиз профиля), мм;</p> <p>A_f — площадь неослабленного поперечного сечения профиля, мм²;</p> <p>I_x, I_y, I_v, I_u — моменты инерции неослабленного поперечного сечения профиля, мм⁴;</p> <p>W_v, W_u, W_x, W_y — моменты сопротивления неослабленного поперечного сечения профиля, мм³;</p> <p>i_x, i_y, i_u, i_v — радиусы инерции неослабленного поперечного сечения профиля, мм;</p> <p>A_n — площадь поперечного сечения профиля, ослабленного отверстием в одной стенке габаритами $w_h \times l_h$, мм²;</p> <p>$I_{xn}, I_{yn}, I_{vn}, I_{un}$ — моменты инерции поперечного сечения профиля, ослабленного отверстием в одной стенке габаритами $w_h \times l_h$, мм⁴;</p> <p>$W_{vn}, W_{un}, W_{xn}, W_{yn}$ — моменты сопротивления поперечного сечения профиля, ослабленного отверстием в одной стенке габаритами $w_h \times l_h$, мм³;</p> <p>$i_{xn}, i_{yn}, i_{un}, i_{vn}$ — радиусы инерции поперечного сечения профиля, ослабленного отверстием в одной стенке габаритами $w_h \times l_h$, мм;</p> <p>A_{nn} — площадь поперечного сечения профиля, ослабленного отверстиями во всех стенках габаритами $w_h \times l_h$ и $h_1 \times h_2$, мм²;</p> <p>$I_{xnn}, I_{ynn}, I_{vnn}, I_{unn}$ — моменты инерции поперечного сечения профиля, ослабленного отверстиями во всех стенках габаритами $w_h \times l_h$ и $h_1 \times h_2$, мм⁴;</p> <p>$W_{vnn}, W_{unn}, W_{xnn}, W_{ynn}$ — моменты сопротивления поперечного сечения профиля, ослабленного отверстиями во всех стенках габаритами $w_h \times l_h$ и $h_1 \times h_2$, мм³;</p> <p>S_{vnn}, S_{unn} — статические моменты поперечного сечения профиля, ослабленного отверстиями во всех стенках габаритами $w_h \times l_h$ и $h_1 \times h_2$, мм³;</p> <p>$i_{xnn}, i_{ynn}, i_{vnn}, i_{unn}$ — радиусы инерции поперечного сечения профиля, ослабленного отверстиями во всех стенках габаритами $w_h \times l_h$ и $h_1 \times h_2$, мм;</p> <p>I_t — момент инерции чистого кручения, мм⁴;</p> <p>I_{ω} — секториальный момент инерции, мм⁶;</p> <p>$S_{\omega}^{\text{отс}}$ — секториальный статический момент отсеченной части сечения, мм⁴;</p> <p>ω — секториальная координата, мм².</p>		

Приложение Б (обязательное)

Коэффициенты для расчета на устойчивость центрально сжатых элементов

Таблица Б.1 — Коэффициенты устойчивости φ при центральном сжатии

λ	φ при R_{yn} , МПа							
	180	200	240	280	320	360	400	440
10	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	0,986	0,981	0,978	0,974	0,971	0,968	0,965
30	0,995	0,958	0,950	0,943	0,935	0,929	0,923	0,918
40	0,974	0,924	0,912	0,901	0,891	0,880	0,871	0,863
50	0,950	0,886	0,869	0,853	0,839	0,825	0,812	0,801
60	0,921	0,844	0,821	0,801	0,781	0,764	0,736	0,710
70	0,885	0,798	0,769	0,739	0,701	0,667	0,636	0,607
80	0,843	0,749	0,700	0,654	0,614	0,577	0,543	0,511
90	0,790	0,678	0,624	0,576	0,533	0,493	0,456	0,421
100	0,728	0,611	0,553	0,503	0,457	0,416	0,376	0,342
110	0,662	0,548	0,488	0,436	0,389	0,345	0,312	0,286
120	0,595	0,489	0,427	0,373	0,327	0,293	0,265	0,242
130	0,525	0,434	0,371	0,319	0,282	0,252	0,227	0,208
140	0,453	0,384	0,321	0,277	0,245	0,219	0,199	0,182
150	0,395	0,335	0,282	0,244	0,215	0,193	0,174	0,160
160	0,347	0,296	0,249	0,216	0,191	0,170	0,155	0,142
170	0,307	0,264	0,222	0,193	0,170	0,153	0,139	0,128
180	0,274	0,238	0,200	0,173	0,153	0,138	0,125	0,114
190	0,246	0,214	0,181	0,157	0,139	0,124	0,113	0,104
200	0,222	0,195	0,164	0,143	0,126	0,113	0,103	0,095
210	0,202	0,178	0,150	0,131	0,115	0,104	0,095	0,087
220	0,183	0,163	0,138	0,120	0,106	0,096	0,088	0,079

Примечание — Значения коэффициента φ для промежуточных значений R_{yn} и λ определяются линейной интерполяцией.

Приложение В (обязательное)

Коэффициенты для расчета на устойчивость внецентренно сжатых элементов

Таблица В.1 — Коэффициенты устойчивости φ_e при внецентренном сжатии монтажных профилей типа СН-50

$\bar{\lambda}$	φ_e при R_{yn} , МПа										
	150	180	200	220	235	255	275	325	345	390	440
0,5	0,745	0,621	0,559	0,508	0,476	0,438	0,407	0,344	0,324	0,287	0,254
1,0	0,683	0,569	0,512	0,465	0,436	0,401	0,372	0,315	0,297	0,263	0,233
1,5	0,626	0,521	0,469	0,427	0,399	0,368	0,341	0,289	0,272	0,241	0,213
2,0	0,573	0,478	0,430	0,391	0,366	0,337	0,313	0,264	0,249	0,220	0,195
2,5	0,522	0,435	0,391	0,356	0,333	0,307	0,285	0,241	0,227	0,201	0,178
3,0	0,471	0,392	0,353	0,321	0,300	0,277	0,257	0,217	0,205	0,181	0,160
3,5	0,425	0,354	0,319	0,290	0,271	0,250	0,232	0,196	0,185	0,164	0,145
4,0	0,383	0,319	0,287	0,261	0,244	0,225	0,209	0,177	0,166	0,147	0,130
4,5	0,343	0,286	0,257	0,234	0,219	0,202	0,187	0,158	0,149	0,132	0,117
5,0	0,304	0,253	0,228	0,207	0,194	0,179	0,166	0,140	0,132	0,117	0,104
5,5	0,273	0,227	0,205	0,186	0,174	0,161	0,149	0,126	0,119	0,105	0,093
6,0	0,247	0,206	0,185	0,168	0,158	0,145	0,135	0,114	0,107	0,095	0,084
6,5	0,222	0,185	0,167	0,151	0,142	0,131	0,121	0,103	0,097	0,085	0,076
7,0	0,200	0,166	0,150	0,136	0,127	0,117	0,109	0,092	0,087	0,077	0,068
8,0	0,165	0,137	0,123	0,112	0,105	0,097	0,090	0,076	0,072	0,063	0,056
9,0	0,135	0,112	0,101	0,092	0,086	0,079	0,073	0,062	0,059	0,052	0,046

Таблица В.2 — Коэффициенты устойчивости φ_e при внецентренном сжатии монтажных профилей типа СН-100

$\bar{\lambda}$	φ_e при R_{yn} , МПа									
	180	200	220	245	275	325	345	375	390	440
0,5	1,000	1,000	1,000	0,972	0,866	0,733	0,690	0,635	0,611	0,541
1,0	1,000	1,000	0,994	0,893	0,795	0,673	0,634	0,583	0,561	0,497
1,5	1,000	1,000	0,910	0,817	0,728	0,616	0,580	0,534	0,513	0,455
2,0	1,000	0,915	0,832	0,747	0,666	0,563	0,531	0,488	0,469	0,416
2,5	0,925	0,832	0,757	0,679	0,605	0,512	0,482	0,444	0,427	0,378
3,0	0,833	0,750	0,681	0,612	0,545	0,461	0,435	0,400	0,384	0,341
3,5	0,754	0,679	0,617	0,554	0,494	0,418	0,394	0,362	0,348	0,309
4,0	0,677	0,610	0,554	0,498	0,443	0,375	0,353	0,325	0,313	0,277
4,5	0,605	0,545	0,495	0,445	0,396	0,335	0,316	0,290	0,279	0,248
5,0	0,537	0,483	0,440	0,395	0,352	0,298	0,280	0,258	0,248	0,220

Окончание таблицы В.2

5,5	0,482	0,433	0,394	0,354	0,315	0,267	0,251	0,231	0,222	0,197
6,0	0,434	0,391	0,355	0,319	0,284	0,240	0,227	0,208	0,200	0,178
6,5	0,390	0,351	0,319	0,287	0,255	0,216	0,204	0,187	0,180	0,160
7,0	0,351	0,316	0,287	0,258	0,229	0,194	0,183	0,168	0,162	0,143
8,0	0,290	0,261	0,237	0,213	0,190	0,161	0,151	0,139	0,134	0,119
9,0	0,236	0,213	0,193	0,174	0,155	0,131	0,123	0,113	0,109	0,097

Приложение Г (обязательное)

Коэффициенты для расчета на устойчивость внецентренно сжатых элементов при совместном действии продольной силы и изгибающего момента

Таблица Г.1 — Коэффициенты устойчивости φ_e при внецентренном сжатии

$\bar{\lambda}$	φ_e при относительном эксцентриситете m_{ef}								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
0,5	0,986	0,941	0,867	0,798	0,737	0,682	0,632	0,589	0,549
1,0	0,944	0,871	0,794	0,725	0,666	0,612	0,574	0,530	0,494
1,5	0,893	0,820	0,730	0,660	0,605	0,559	0,517	0,479	0,448
2,0	0,829	0,757	0,666	0,599	0,547	0,506	0,466	0,434	0,405
2,5	0,757	0,686	0,599	0,537	0,490	0,451	0,418	0,391	0,364
3,0	0,680	0,609	0,530	0,474	0,434	0,403	0,372	0,349	0,326
3,5	0,599	0,533	0,464	0,416	0,383	0,357	0,332	0,309	0,284
4,0	0,515	0,456	0,402	0,363	0,337	0,315	0,295	0,275	0,261
4,5	0,426	0,390	0,349	0,316	0,294	0,277	0,262	0,247	0,234
5,0	0,361	0,333	0,301	0,278	0,258	0,244	0,230	0,219	0,209
5,5	0,308	0,286	0,261	0,245	0,229	0,216	0,204	0,196	0,188
6,0	0,263	0,249	0,227	0,214	0,202	0,194	0,182	0,175	0,169
6,5	0,227	0,217	0,200	0,189	0,180	0,173	0,163	0,158	0,152
7,0	0,198	0,190	0,176	0,166	0,160	0,155	0,148	0,144	0,139
8,0	0,155	0,149	0,141	0,136	0,131	0,123	0,119	0,117	0,115
9,0	0,124	0,119	0,114	0,109	0,105	0,102	0,100	0,098	0,095

Продолжение таблицы Г.1

$\bar{\lambda}$	φ_e при относительном эксцентриситете m_{ef}								
	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,5	0,478	0,425	0,377	0,344	0,313	0,286	0,265	0,242	0,226
1,0	0,436	0,390	0,348	0,313	0,289	0,264	0,245	0,230	0,213
1,5	0,396	0,354	0,318	0,289	0,267	0,245	0,227	0,211	0,199
2,0	0,359	0,321	0,292	0,265	0,245	0,226	0,210	0,197	0,186
2,5	0,323	0,293	0,267	0,243	0,224	0,208	0,194	0,182	0,171
3,0	0,293	0,265	0,243	0,221	0,206	0,191	0,179	0,169	0,159
3,5	0,263	0,238	0,220	0,202	0,187	0,175	0,165	0,156	0,148
4,0	0,237	0,216	0,201	0,185	0,171	0,161	0,152	0,143	0,138
4,5	0,212	0,196	0,182	0,168	0,158	0,149	0,140	0,133	0,128
5,0	0,192	0,179	0,165	0,153	0,146	0,138	0,129	0,122	0,119
5,5	0,173	0,161	0,151	0,141	0,135	0,126	0,119	0,114	0,110
6,0	0,156	0,148	0,140	0,131	0,122	0,117	0,111	0,106	0,102
6,5	0,143	0,135	0,128	0,119	0,114	0,108	0,103	0,099	0,096
7,0	0,130	0,123	0,117	0,110	0,104	0,100	0,096	0,093	0,089
8,0	0,108	0,102	0,097	0,093	0,089	0,085	0,083	0,080	0,078

Окончание таблицы Г.1

$\bar{\lambda}$	φ_e при относительном эксцентриситете m_{ef}							
	7	8	9	10	12	14	17	20
0,5	0,214	0,187	0,167	0,153	0,128	0,108	0,092	0,079
1,0	0,200	0,179	0,160	0,145	0,123	0,105	0,088	0,075
1,5	0,186	0,166	0,151	0,137	0,116	0,101	0,084	0,071
2,0	0,173	0,156	0,141	0,128	0,109	0,096	0,081	0,068
2,5	0,161	0,147	0,133	0,120	0,103	0,092	0,078	0,066
3,0	0,150	0,138	0,125	0,114	0,099	0,088	0,074	0,064
3,5	0,140	0,128	0,117	0,108	0,094	0,084	0,070	0,061
4,0	0,130	0,120	0,110	0,100	0,090	0,080	0,067	0,058
4,5	0,120	0,112	0,103	0,095	0,085	0,077	0,065	0,056
5,0	0,113	0,105	0,097	0,090	0,081	0,073	0,063	0,054
5,5	0,106	0,097	0,091	0,086	0,077	0,070	0,061	0,052

Библиография

- [1] 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
- [2] ASTM A240/A240M—25 Стандартная спецификация для плоского проката из хромистой и хромоникелевой нержавеющей стали для сосудов высокого давления и для общего применения
(ASTM A240/A240M—25 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications)
- [3] 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)
- [4] EN 10095:1999 Жаростойкие стали и никелевые сплавы
(EN 10095:1999 Heat resisting steels and nickel alloys)
- [5] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

ОКС 91.080.10

ОКПД2 25.11.23.119

Ключевые слова: системы модульные стальные; монтажные профили треугольной формы; правила проектирования; конструктивные элементы; типовые варианты конструкций; геометрические характеристики; сталь; нержавеющая сталь; коррозионная стойкость конструкций; огнестойкость конструкций; расчет модульных систем; центрально растянутые элементы; центрально сжатые элементы; изгибаемые элементы; элементы, подверженные действию осевой силы с изгибом; элементы, подверженные кручению; расчет на устойчивость