ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58901— 2020

ПРОФИЛИ СТАЛЬНЫЕ ЛИСТОВЫЕ ГНУТЫЕ С ТРАПЕЦИЕВИДНЫМИ ГОФРАМИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Методика расчета несущей способности

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «ПСМ-Стандарт» (ООО «ПСМ-Стандарт»), Ассоциацией «Объединение участников бизнеса по развитию стального строительства» (АРСС), Обществом с ограниченной ответственностью «Проектная группа «Наш Город» (ООО «Проектная группа «Наш Город»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 144 «Строительные материалы (изделия) и конструкции»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 июня 2020 г. № 314-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Стандартинформ, оформление, 2020

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

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Обозначения и сокращения . . . 2
5 Общие положения . . . 3
6 Материалы для профилей. Механические характеристики . . . 3
7 Геометрические и расчетные характеристики профилей . . . 4
8 Нагрузки на профиль . . . 6
9 Определение расчетной схемы профиля . . . 6
10 Расчет профиля по предельным состояниям первой группы . . . 7
10.1 Расчет профиля при изгибе (1-я группа) . . . 7
10.2 Расчет профиля на поперечную силу (1-я группа) . . . 8
11 Расчет профиля по жесткости (вторая группа предельных состояний) . . . 8
12 Правила оформления результатов расчета . . . 8
12.2 Содержание технического отчета . . . 8
Приложение А (справочное) Пример расчета несущей способности профиля . . . 10
Приложение Б (справочное) Формулы для определения усилий и опорных реакций при соответствующих схемах нагружения . . . 17
Библиография . . . 18

Введение

Настоящий стандарт разработан с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом [1] и пополнения нормативной базы в области конструкций из профилей стальных листовых гнутых с трапециевидными гофрами для объектов гражданского и промышленного строительства.

Задачей стандарта является разработка единых требований к методике расчета несущей способности профилей стальных листовых гнутых с трапециевидными гофрами в целях обеспечения безопасного проектирования и строительства несущих и ограждающих конструкций, в которых одним из основных элементов являются данные профили. При разработке настоящего стандарта использованы результаты научных исследований, отечественный и зарубежный опыт проектирования подобных конструкций.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРОФИЛИ СТАЛЬНЫЕ ЛИСТОВЫЕ ГНУТЫЕ С ТРАПЕЦИЕВИДНЫМИ ГОФРАМИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Методика расчета несущей способности

Steel sheet bent profiles with stair landings and railings for construction. Method of determining bearing capacity

Дата введения — 2020—12—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на методы расчета несущей способности профилей стальных листовых гнутых с трапециевидными гофрами (далее — профили), изготавливаемых из оцинкованной стали на профилегибочных станах по ГОСТ 24045, ГОСТ Р 58389 либо иным техническим условиям или стандартам и предназначенных для применения в строительстве.

1.2 При проектировании при определении несущей способности профилей вместо расчета несущей способности допускается использовать результаты испытаний на несущую способность по ГОСТ Р 58900.

1.3 Расчет профилей для сталежелезобетонных конструкций на стадии эксплуатации следует выполнять в соответствии с требованиями СП 266.1325800.2016.

При расчете профилей для сталежелезобетонных конструкций на стадии монтажа необходимо руководствоваться положениями настоящего стандарта и/или СП 266.1325800.2016.

1.4 Профиль следует рассчитывать на прочность и жесткость как стальной тонкостенный изгибаемый элемент, который относится к 4-му классу конструкций по напряженно-деформированному состоянию, в которых потеря местной устойчивости наступает до достижения передела текучести в одной или более зонах поперечного сечения. При расчете несущей способности профилей следует соблюдать требования ГОСТ 27751, СП 16.13330.2017 и СП 260.1325800.2016.

1.5 Настоящий стандарт не распространяется на профили, работающие в особых условиях эксплуатации (высоко- и низкотемпературные воздействия), в составе специальных конструкций (предварительно напряженных, пространственных, висячих).

1.6 Настоящий стандарт не устанавливает методы расчета на воздействие многократно повторяющейся нагрузки.

1.7 Настоящий стандарт не распространяется на методы расчета узловых соединений.

1.8 Настоящий стандарт устанавливает единые требования к оформлению результатов расчета в целях унификации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 14918 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия

ГОСТ 24045 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия

ГОСТ 26816 Плиты цементно-стружечные. Технические условия

ГОСТ 27751 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ Р 52246 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия

Издание официальное

ГОСТ Р 58389 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для сталежелезобетонных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 58900 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Метод испытаний на несущую способность

СП 14.13330.2014 «СНиП II-7—81* Строительство в сейсмических районах»

СП 16.13330.2017 «СНиП II-237—81* Стальные конструкции»

СП 17.13330.2017 «СНиП II-267—76 Кровли»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.077—85* Нагрузки и воздействия»

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-027—2003 Тепловая защита зданий»

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-017—99* Строительная климатология»

СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования

СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный 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 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.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 24045 и СП 260.1325800.2016, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **несущая способность:** Свойство конструкции сопротивляться воздействию механических нагрузок без разрушения и возникновения недопустимых деформаций (прогибов).

3.2 **редукция сечения:** Потеря местной устойчивости части сечения элемента при сжатии.

3.3 **редуцированное сечение:** Минимально возможное поперечное сечение, в котором для предупреждения потери местной устойчивости изменены геометрические характеристики.

4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

A_{red} — площадь редуцированного сечения;

E — модуль упругости;

f — прогиб конструкции;

f_u — предельный прогиб конструкции;

I_{red} — момент инерции редуцированного сечения;

l — пролет балки;

k_2 — коэффициент при определении прогиба в зависимости от расчетной схемы профиля;

M — изгибающий момент;

p — равномерно распределенная нагрузка;

Q — поперечная сила;

Q_W — поперечная сила, воспринимаемая стенкой профиля;

q^n — нормативная равномерно распределенная нагрузка на профиль;

R_{un} — нормативное сопротивление проката, равное временному сопротивлению стали;

R_{yn} — нормативное сопротивление проката, равное пределу текучести стали;

R_y — расчетное сопротивление проката растяжению, сжатию, изгибу;

R_s — расчетное сопротивление проката сдвигу;

R_{lp} — расчетное сопротивление проката смятию при плотном касании;

h — высота профиля;
h_w — высота стенки между срединными плоскостями полок;
t — толщина материала профиля;
W_{red} — момент сопротивления редуцированного сечения;
W_x — момент сопротивления сечения;
α — угол наклона стенки относительно полок;
γ_n — коэффициент надежности по назначению;
γ_f — коэффициент надежности по нагрузке.

4.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ЛСТК — легкая стальная тонкостенная конструкция;

ОСП — ориентированно-стружечная плита;

ЦСП — цементно-стружечная плита.

5 Общие положения

5.1 Определение несущей способности профилей путем расчета выполняется с целью:

- подбора сечения профиля для восприятия заданных проектных нагрузок;
- проверки требуемых показателей прочности и жесткости профиля на соответствие нагрузкам, предусмотренным в проектной документации;
- определения максимально возможного значения нагрузки на заданное сечение профиля.

5.2 В результате расчета профили должны удовлетворять требованиям двух предельных состояний в соответствии с ГОСТ 27751.

5.3 Определение несущей способности профилей путем расчета выполняет уполномоченное физическое лицо, квалификация которого подтверждена дипломом о соответствующем образовании, или юридическое лицо, квалификация которого подтверждена наличием членства в саморегулируемой организации на выполнение соответствующих работ.

5.4 По результатам расчета, выполненного в соответствии с настоящим стандартом, оформляется технический отчет. Содержание отчета приведено в разделе 12.

Содержание технического отчета должно соответствовать требованиям [2].

5.5 Методика расчета несущей способности профилей разработана в соответствии с требованиями [1] и содержит:

- требования к определению механических характеристик профилей;
- указания по используемым нормативным документам, на основании которых выполняется расчет;
- указания по определению геометрических характеристик полного и расчетного (эффективного) сечения в зависимости от геометрии профиля;
- указания по определению нормативных и расчетных нагрузок для профиля;
- указания по выбору расчетной схемы профиля, расположения широких гофр и способа расчета;
- рекомендации по выбору технического решения в зависимости от условий эксплуатации профиля;
- указания непосредственно по расчету;
- значения допускаемых прогибов согласно СП 20.13330.2016.

5.6 При расчете несущей способности профилей следует соблюдать требования ГОСТ 27751, СП 16.13330.2017 и СП 260.1325800.2016.

6 Материалы для профилей. Механические характеристики

6.1 Профили изготавливают из оцинкованного проката по ГОСТ Р 52246 и ГОСТ 14918.

6.2 Нормативные и расчетные сопротивления оцинкованного проката приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Нормативные и расчетные сопротивления проката

Марка оцинкованного проката по ГОСТ Р 52246	Нормативное сопротивление, МПа		Расчетное сопротивление, МПа		
	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_s	R_{bp}
220	220	300	215	125	105
250	250	330	245	140	120

Окончание таблицы 1

Марка оцинкованного проката по ГОСТ Р 52246	Нормативное сопротивление, МПа		Расчетное сопротивление, МПа		
	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_s	R_{lp}
280	280	360	270	155	135
320	320	390	310	180	155
350	350	420	330	190	165
ХП, ПК ГОСТ 14918	230	200	225	130	110

7 Геометрические и расчетные характеристики профилей

7.1 Профили относятся к 4-му классу конструкций. При выполнении расчетов по несущей способности возможность потери местной устойчивости профилей должна быть предупреждена путем использования геометрических характеристик редуцированного сечения, определяемого согласно пунктам 7.4—7.6 СП 260.1325800.2016.

Геометрические характеристики редуцированного сечения определяются в соответствии с требованиями СП 260.1325800.2016 расчетами аналитическим путем или с использованием программного комплекса. Программный комплекс должен быть сертифицирован на соответствие требованиям СП 16.13330.2017 и СП 260.1325800.2016.

7.2 Значения расчетных характеристик редуцированных сечений профилей при поперечном изгибе (расчетные значения моментов сопротивления и инерции) следует определять с учетом редуцированной площади сечения сжатых полок и стенок профилей в соответствии с требованиями СП 260.1325800.2016.

Расчетные характеристики (приведенные геометрические характеристики) сечения профилей настила (моменты инерции и сопротивления) должны определяться с учетом следующих допущений:

- форма поперечного сечения гофров при действии нагрузки не изменяется;
- гофры настила работают как тонкостенные балки трапециевидного сечения в упругой стадии;
- нормальные напряжения по высоте поперечного сечения стенок гофров распределяются линейно;
- нормальные напряжения по ширине продольно сжатых полок до местной потери устойчивости, а также по ширине растянутых полок распределяются равномерно.

7.3 Профили имеют различные элементы жесткости на полках и стенках для увеличения жесткости сечения в целом, особенно сечения с высоким или широким гофром. В зависимости от расположения и количества элементов жесткости у профиля при определении редуцированных характеристик различают следующие расчетные случаи.

7.3.1 Расчетный случай 1

Полки профиля имеют один или несколько промежуточных элементов жесткости, стенка не имеет промежуточных элементов жесткости (см. рисунок 1).

7.3.1.1 Расчетный случай 1а

Широкая полка профиля имеет один центральный элемент жесткости, узкая полка профиля и стенка профиля не имеют элемента жесткости [см. рисунок 1а)].

К таким профилям относят профили типа Н высотой 57 и 60 мм по ГОСТ 24045 или аналогичные.

Полки профиля одинаковые, и каждая имеет элемент жесткости, стенка профиля не имеет элемента жесткости [см. рисунок 1б)].

К таким профилям относят профили типа НС высотой 35 и 44 мм по ГОСТ 24045 либо аналогичные.

Редуцированные характеристики таких профилей по расчетному случаю 1а определяют согласно пункту 7.4.2.1 СП 260.1325800.2016.



а) б)

Рисунок 1 — Схемы профилей для определения редуцированных характеристик профиля по расчетному случаю 1а

7.3.1.2 Расчетный случай 1б

Полка профиля имеет два симметрично расположенных элемента жесткости, стенка не имеет элемента жесткости.

Редуцированные характеристики профилей по расчетному случаю 1б определяют согласно пункту 7.4.2.2 СП 260.1325800.2016.

7.3.1.3 Расчетный случай 1в

Полка профиля имеет три и более элемента жесткости, стенка не имеет элемента жесткости. Редуцированные характеристики в этом случае определяют согласно пункту 7.4.2.3 СП 260.1325800.2016.

7.3.2 Расчетный случай 2

Стенка профиля имеет промежуточные элементы жесткости в количестве не более двух (см. рисунок 2), полки профиля в этом случае не имеют промежуточных элементов жесткости либо имеют один элемент жесткости.

Редуцированные характеристики для стенок профилей определяют согласно пункту 7.5 СП 260.1325800.2016.

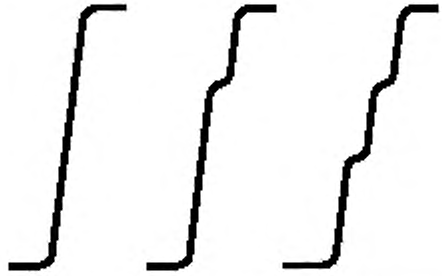


Рисунок 2 — Стенка профилей без элемента жесткости и стенки с элементами жесткости в количестве не более двух

7.3.3 Расчетный случай 3

Полки и стенки профиля имеют промежуточные элементы жесткости (см. рисунок 3). К таким профилям относят профили типа Н высотой 114 и 153 мм по ГОСТ 24045 и аналогичные.



Рисунок 3 — Профили с элементами жесткости на полках и стенках

При определении редуцированных характеристик таких профилей следует учитывать взаимодействие форм потери устойчивости стенки и полок согласно пункту 7.6 СП 260.1325800.2016.

7.4 Следует помнить, что требования СП 260.1325800.2016 по определению геометрических характеристик эффективного сечения справедливы для сечений, для которых выполняются следующие условия:

$$h/t \leq 300\sin\varphi, \quad (1)$$

где φ — поворот стенки профиля от горизонтали в пределах 45° — 90° (см. рисунок 4).

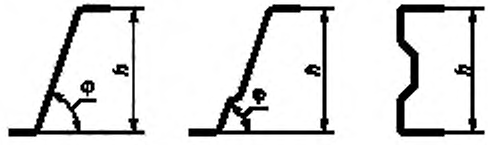


Рисунок 4 — Требования по соотношению высоты и толщины профиля

Если геометрические характеристики эффективного поперечного сечения определены испытаниями, то эти ограничения не учитывают.

8 Нагрузки на профиль

8.1 Расчет конструкций по предельным состояниям 1-й и 2-й групп выполняют с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок.

8.2 Сбор нагрузки на профиль выполняют в соответствии с СП 20.13330.2016 и оформляют в виде таблицы.

В расчетах по 1-й группе предельных состояний (по прочности) в расчетную схему вводят расчетные значения нагрузок. Это нормативные значения нагрузок, умноженные на коэффициент надежности по нагрузке γ_f. Значения нормативных нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузке принимают согласно СП 20.13330.2016. В расчетах по 2-й группе предельных состояний вводят нормативные нагрузки.

8.3 При расчете рассматривают несколько расчетных сочетаний нагрузок (РСН) — все возможные неблагоприятные комбинации нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании объекта.

В зависимости от способа эксплуатации профиля на него действуют следующие нагрузки:

- при использовании в конструкции покрытия: постоянная и климатическая (снеговая, ветровая);
- при использовании конструкции перекрытия: постоянная и полезная.

Величина постоянной нагрузки от кровли зависит от типа и толщины теплоизоляции, которую определяют в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012.

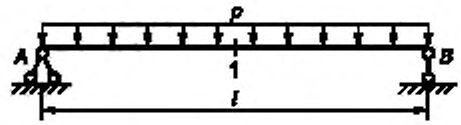
8.4 При эксплуатации профиль работает под распределенной нагрузкой.

9 Определение расчетной схемы профиля

9.1 Расчетная схема профиля определяется схемой раскладки профиля по пролету на перекрытии или покрытии.

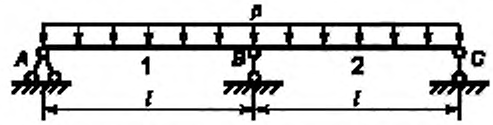
9.2 Ширину опирания профиля на балки или прогоны следует принимать не менее 40 мм на крайних и 60 мм на промежуточных опорах.

9.3 В зависимости от схемы раскладки профиля и технического решения кровли принимают однопролетную (разрезную) расчетную схему (см. рисунок 5), или многопролетную неразрезную расчетную схему (см. рисунки 6—9).



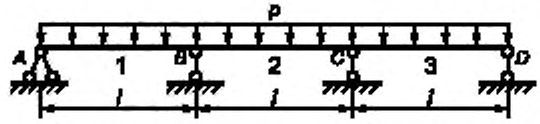
A, *B* — опоры; *p* — равномерно распределенная нагрузка, *l* — пролет балки

Рисунок 5 — Однопролетная схема работы профиля



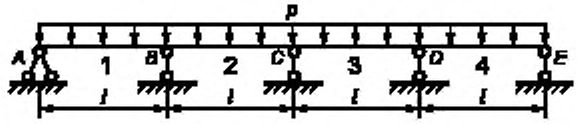
A, *B*, *C* — опоры; *p* — равномерно распределенная нагрузка; *l* — пролет между опорами балки

Рисунок 6 — Двухпролетная неразрезная схема работы профиля



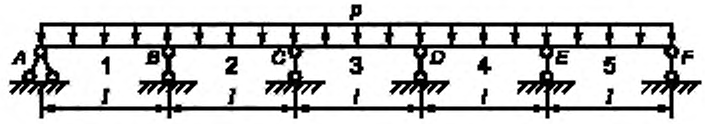
A, *B*, *C*, *D* — опоры; *p* — равномерно распределенная нагрузка; *l* — пролет между опорами балки

Рисунок 7 — Трехпролетная неразрезная схема работы профиля



A, B, C, D, E — опоры; *p* — равномерно распределенная нагрузка; *l* — пролет между опорами балки

Рисунок 8 — Четырехпролетная неразрезная схема работы профиля



A, B, C, D, E, F — опоры; *p* — равномерно распределенная нагрузка; *l* — пролет между опорами балки

Рисунок 9 — Пятипролетная неразрезная схема работы профиля

9.4 Значения усилий и опорных реакции для расчетных схем на рисунках 5—9 приведены в приложении Б. Допускается определять усилия при помощи программных комплексов.

9.5 При определении усилий от временных нагрузок следует учитывать неравномерность загружения снеговой нагрузкой при наличии снеговых мешков, при неравномерном загружении полезной нагрузкой.

9.6 Рекомендуется использовать неразрезную трехпролетную схему работы профиля.

9.7 Для конструкции кровли различают два типа решения опирания для профилей — прогонное и беспрогонное.

При прогонном решении в зависимости от пролета конструкции и действующих нагрузок следует применять профили с небольшой высотой сечения, как правило, не выше 114 мм, типа Н и НС.

При прогонном решении используют разрезную и неразрезную расчетную схему работы профиля. Рекомендуемая величина пролета 3—4 м.

В беспрогонном решении в зависимости от пролета конструкции и действующих нагрузок следует применять профили с увеличенной высотой сечения Н114, Н153 и выше. В беспрогонном решении рекомендуется использовать разрезную расчетную схему работы профиля. Рекомендуемая величина пролета 3—6 м.

9.8 Профили укладывают широкими полками вверх для исключения продавливания утеплителя и мягкой кровли от воздействия сосредоточенных сил.

9.9 Выбор технического решения определяется заданием на проектирование.

10 Расчет профиля по предельным состояниям первой группы

10.1 Расчет профиля при изгибе (1-я группа)

10.1.1 Расчетную несущую способность поперечного сечения по изгибающему моменту *M* определяют следующим образом

$$\frac{M}{W_{red,\min}R_y} \le 1, \tag{2}$$

где $W_{red,\min}$ — минимальный момент сопротивления редуцированного сечения.

10.1.2 В случае подбора сечения профиля формула имеет вид

$$W_{red,\min} = \frac{M}{R_y}. \tag{3}$$

10.1.3 Для определения предельно допускаемой нагрузки формула имеет вид

$$M = \frac{W_{red,\min}}{R_y}. \tag{4}$$

Далее в зависимости от расчетной схемы определяется нагрузка.

10.2 Расчет профиля на поперечную силу (1-я группа)

10.2.1 Расчет профиля на поперечную силу ведется в зонах у крайних опор и в зонах над промежуточными опорами (в многопролетных схемах).

10.2.2 Несущую способность поперечного сечения профиля по поперечной силе определяют по формуле

$$Q_w = \frac{h_w \cdot t \cdot R_s}{\sin\alpha}, \quad (5)$$

где Q_w — поперечная сила, воспринимаемая стенкой;

h_w — высота стенки между срединными плоскостями полок;

R_s — расчетное сопротивление материала профиля при сдвиге;

α — угол наклона стенки относительно полок.

11 Расчет профиля по жесткости (вторая группа предельных состояний)

11.1 Расчет профиля по второму предельному состоянию выполняется с учетом редукции

$$f \le f_u, \quad (6)$$

где f — расчетный прогиб от воздействия нормативных нагрузок от внешних воздействий с учетом редукции;

f_u — предельный прогиб, допустимый по условиям эксплуатации по СП 20.13330.2016.

11.2 Для однопролетной расчетной схемы расчетный прогиб определяют в середине пролета по формуле

$$f = \frac{5}{384}\frac{q^n \cdot l^4}{E \cdot I_{red,min}}, \quad (7)$$

где q^n — нормативная равномерно распределенная нагрузка на профиль;

$I_{red,min}$ — минимальный момент инерции редуцированного сечения по длине расчетной схемы профиля. Расчет ведется на 1 м ширины профиля.

Для многопролетной схемы расчетный прогиб определяют в точках возникновения максимальных прогибов по формуле

$$f = k_2 \cdot \frac{q^n \cdot l^4}{E \cdot I_{red,min}}, \quad (8)$$

где k_2 — коэффициент, определяемый в зависимости от расчетной схемы профиля и принимаемый равным 0,0091 для двухпролетного настила, 0,0088 — для настила с числом пролетов три и более.

12 Правила оформления результатов расчета

12.1 Расчет несущей способности профиля оформляется техническим отчетом.

12.2 Содержание технического отчета

12.2.1 Титульный лист, на котором указаны шифр проектной документации, дата проведения расчета, ФИО специалиста, проводившего расчет, наименование проектной организации, выполнившей расчет, номер свидетельства членства в саморегулируемой организации.

12.2.2 Общие положения, в которых приводят:

- наименование заказчика, основание и цель проведения расчета;
- наименование и марку изделия или изделий, для которых выполняется расчет;
- марку стали и/или оцинкованного проката, из которого изготовлено изделие;
- механические характеристики изделия в соответствии с сертификатами качества.

12.2.3 Перечень действующих нормативных документов, на основании которых выполняется расчет.

12.2.4 Описание объекта капитального строительства (здания или сооружения) в целом, для которого выполняется подбор профиля, описание общих данных о месте строительства, климатические

условия участка строительства и условия эксплуатации профиля. Описание несущей или ограждающей конструкции, для которой предусмотрен рассчитываемый профиль.

12.2.5 Описание и обоснование конструктивных решений зданий и сооружений, включая их пространственные схемы, описание конструктивной системы здания.

12.2.6 Описание и обоснование технического решения опирания профилей — прогонное или беспрогонное.

12.2.7 Схема раскладки профиля, описание и обоснование принятой расчетной схемы профиля — однопролетная или многопролетная и ее выбор, принятое расположение широких гофр, значение расчетного пролета l_0.

12.2.8 Описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость конструкций в целом.

12.2.9 Описание и обоснование принятого типа профиля. Характеристики профиля.

12.2.10 Сбор нагрузок, включая собственный вес профиля. Определение нормативных и расчетных нагрузок.

12.2.11 Определение расчетных характеристик редуцированного сечения профиля.

12.2.12 Значения допускаемых прогибов согласно СП 20.13330.2016.

12.2.13 Результаты расчета профиля, выполненного на основные сочетания нагрузок по двум группам предельных состояний.

12.2.14 Заключение о несущей способности профиля, в котором приводятся:

- значение коэффициента использования сечения по прочности;
- вывод об обеспечении несущей способности сечения;
- запас по прочности в процентном содержании (не менее 10 %);
- величина деформаций;
- вывод о запасе по деформациям в процентном содержании (не менее 10 %);
- вывод о соответствии сечения профиля требованиям норм по двум группам предельных состояний.

12.2.15 Необходимые рисунки и схемы.

12.3 При проверочном расчете двух и более вариантов профилей отчет оформляют на каждый вид сечения профиля отдельно.

12.4 Технический отчет по результатам расчета должен быть заверен:

- лицом, выполнившим расчет;
- главным инженером проекта (ГИП) проектной организации;
- главным конструктором (при наличии) проектной организации;
- главным инженером строительно-монтажной организации в случае, когда проектной документацией предусмотрены испытания изделия на несущую способность по результатам расчета.

Приложение А
(справочное)

Пример расчета несущей способности профиля

А.1 Исходные данные

Требуется проверить принятый профиль для покрытия однопролетного отапливаемого здания спортзала пролетом 16 м (см. рисунок А.1).

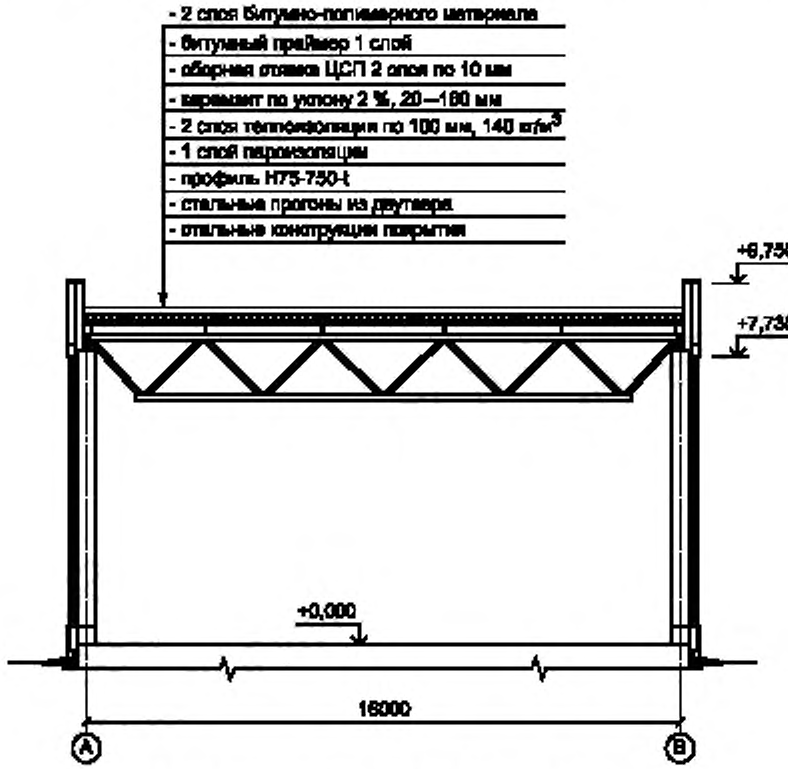


Рисунок А.1 — Поперечный разрез здания спортзала

Место строительства — Вологодская область, IV снеговой район, I ветровой район.

Кровля здания плоская, неэксплуатируемая, с повышенной поверхностной жесткостью по профилированному настилу со сборной стяжкой. Уклон кровли — 2 %.

Несущие конструкции покрытия — фермы с параллельными поясами из гнутосварных труб. Шаг установки ферм — 6 м.

Техническое решение опирания профлиста — прогонное, с учетом конструкции фермы назначен шаг прогонов 3,13 м, прогоны из двутавра.

Принят профиль Н114-750-0,8 по ГОСТ 24045. Материал профиля — оцинкованный прокат марки 250 по ГОСТ Р 52246.

А.2 Нормативные документы

В ходе расчета были учтены требования настоящего стандарта, а также:

- ГОСТ 27751;
- СП 16.13330.2017;
- СП 17.13330.2017;
- СП 20.13330.2016;
- СП 266.1325800.2016.

А.3 Описание объекта расчета. Описание здания в целом

Объектом расчета является профиль конструкции покрытия здания спортзала в Вологодской области. Здание спортзала представляет собой однопролетное здание для проведения соревнований. Пребывание людей — временное.

Конструктивная система здания — каркасная.

Здание одноэтажное, в плане имеет форму прямоугольника, габариты здания в осях — 30,0 × 16,0 м, высота в верхней точке парапета 9,8 м.

Уровень ответственности здания согласно пункту 7 части 1 и части 7 статьи 4 [1] — нормальный, коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1{,}0$.

Климатический район — IIВ согласно СП 131.13330.2012.

Сейсмичность района — 5 баллов согласно СП 14.13330.2014.

Состав конструкции кровли представлен на рисунке А.1. Для создания повышенной жесткости была применена сборная стяжка из двух слоев ЦСП по ГОСТ 26816; гидроизоляция из двух слоев битумно-полимерного материала. По теплотехническим требованиям принят минераловатный плитный утеплитель плотностью 140 кг/м^3, толщина 200 мм. Профиль укладывают на прогоны широкими полками вверх для удобства размещения утеплителя.

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается наличием связей в виде диафрагм жесткости. Прочность элементов здания обеспечивается несущей способностью конструкций на соответствующие нагрузки и их сочетания, принятые в расчетных схемах.

А.4 Описание профиля и его характеристики

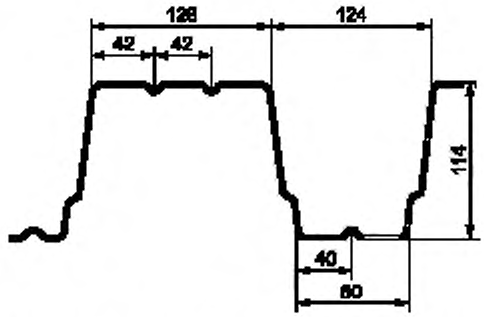


Рисунок А.2 — Профиль типа Н высотой 114 мм шириной 750 мм по ГОСТ 24045

Характеристики профиля приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Характеристики профиля

Обозначение профилированного листа	t, мм	Площадь сечения А, $см^2$	Масса 1 м длины, кг	Справочные значения на 1 м ширины						Масса 1 $м^2$, кг	Ширина заготовки, мм
				при сжатых узких полках			при сжатых широких полках				
				Момент инерции I_x, $см^4$	Момент сопротивления, $см^3$		Момент инерции I_x, $см^4$	Момент сопротивления, $см^3$			
					W_{x1}	W_{x2}		W_{x1}	W_{x2}		
Н114-600-0,8	0,8	10,0	8,4	320,9	53,3	59,7	320,9	52,4	55,8	14,0	1250
Н114-600-0,9	0,9	11,3	9,3	361,0	60,0	67,2	361,0	59,6	65,9	15,6	
Н114-600-1,0	1,0	12,5	10,3	405,4	67,6	75,0	405,4	67,6	75,0	17,2	
Н114-750-0,8	0,8	11,2	9,4	307,9	51,2	57,1	307,9	51,2	57,1	12,5	1400
Н114-750-0,9	0,9	12,6	10,5	345,2	57,4	64,0	345,2	57,4	64,0	14,0	
Н114-750-1,0	1,0	14,0	11,7	383,6	63,8	71,1	383,6	63,8	71,1	15,4	

Расчетное сопротивление оцинкованного проката марки 250, R_y = 245 МПа, модуль упругости стали $E = 2{,}06 \cdot 10^5$ МПа согласно СП 16.13330.2017.

А.5 Сбор нагрузки

Сбор нагрузок выполнен в соответствии с СП 20.13330.2016 и приведен в таблице А.2. Коэффициенты надежности по нагрузке приняты согласно СП 20.13330.2016.

Для расчета были рассмотрены несколько расчетных сочетаний нагрузок (РСН) согласно СП 20.13330.2016. Согласно пункту 6.2 СП 20.13330.2016 созданы основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных.

На профиль действуют следующие нагрузки:

- собственный вес — постоянная;
- вес кровли — постоянная;
- снеговая нагрузка с учетом снеговых мешков (если есть) — кратковременная;
- ветровая нагрузка — кратковременная.

А.6 Постоянная нагрузка

Таблица А.2 — Сбор нагрузок

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, Н/м^2	Коэффициент надежности γ_f	Расчетная нагрузка, Н/м^2
Постоянная, g			
гидроизоляция — 2 слоя	100	1,2	120
сборная стяжка 2 слоя ЦСП 20 мм, 1300 кг/м^3	260	1,2	312
керамзит по уклону, 160 мм, 600 кг/м^3	960	1,3	1250
теплоизоляция 200 мм, 140 кг/м^3	280	1,2	336
пароизоляция — пленка	—	—	—
профлист	125	1,05	132
Итого (кровля)	1725	—	2150

А.7 Снеговая нагрузка

Нормативное значение снеговой нагрузки определяют по формуле

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (А.1)$$

где c_e — коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с пунктами 10.5—10.9 СП 20.13330.2016, c_e = 1;

c_t — термический коэффициент, принимаемый в соответствии с пунктом 10.10 СП 20.13330.2016, c_t = 1;

μ — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с пунктом 10.4 СП 20.13330.2016, μ = 1;

S_g — нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое согласно пункту 10.2 СП 20.13330.2016 для IV снегового района, S_g = 2,0 кПа.

Расчетное значение снеговой нагрузки

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 2{,}0 \cdot 1{,}4 = 2{,}8 \text{ кПа}, \quad (А.2)$$

где γ_f — коэффициент надежности по нагрузке для снега согласно пункту 10.12 СП 20.13330.2016.

Покрытие здания ограничено парапетом высотой 0,685 м от поверхности кровли. Необходимо определить, появляется ли в связи с этим дополнительная снеговая нагрузка. Расчет выполняется согласно приложению Б.13 СП 20.13330.2016. Снеговую нагрузку на покрытие возле парапетов принимают по схеме, приведенной на рисунке Б.16 СП 20.13330.2016 (см. рисунок А.3).

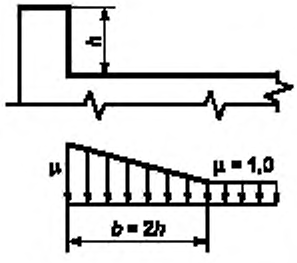


Рисунок А.3 — Расчетная схема учета снеговой нагрузки у парапетов по СП 20.13330.2016

Данная схема справедлива при условии $h > S_0/2$, здесь условие не выполняется $h = 0{,}685 < S_0/2 = 2{,}0/2 = 1$. Таким образом, дополнительной снеговой нагрузки не образуется. К расчету принимают схемы с равным загружением снеговой нагрузкой по пролету.

А.8 Определение расчетной схемы и способа расчета

Расчет профиля выполняют в плоской постановке аналитически.

С учетом уровня ответственности здания (нормальный) выполняется расчет профиля только на основное сочетание нагрузок.

Для определения расчетной схемы профиля следует выполнить раскладку профиля по покрытию (см. рисунок А.4). Для покрытия по пролету требуются два типа листов профиля Н1 и Н2 различной длины. Согласно полученной раскладки для расчета Н1 была принята двухпролетная расчетная схема, для Н2 — трехпролетная расчетная схема (см. рисунок А.5).

Нагрузка — распределенная по всему пролету.

Шаг между опорами профиля 3,13 м.

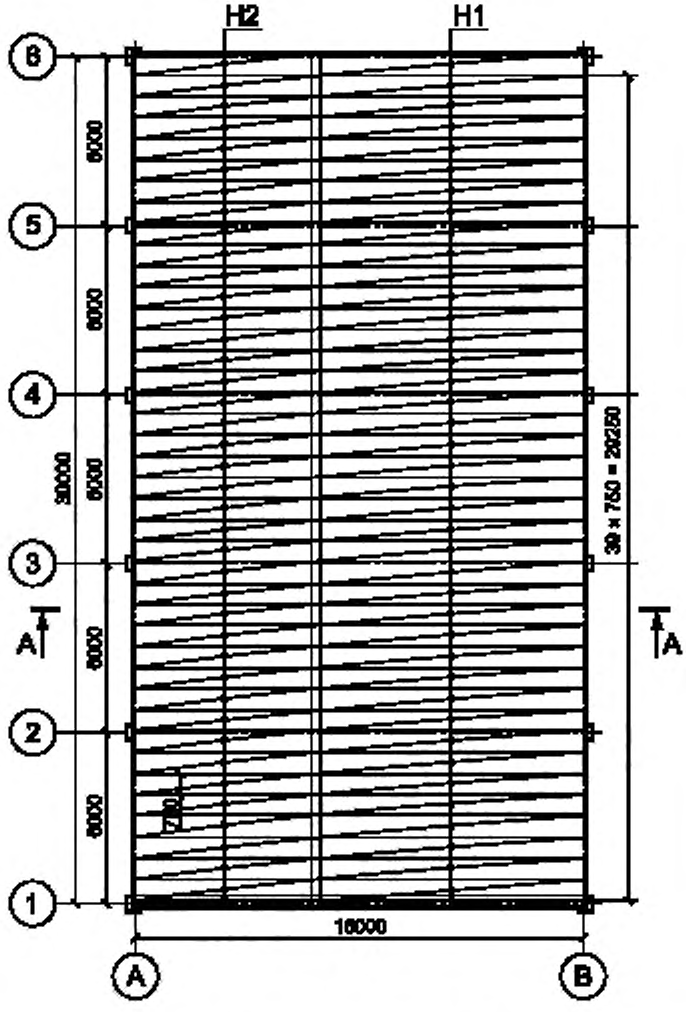


Рисунок А.4 — Схема раскладки профиля

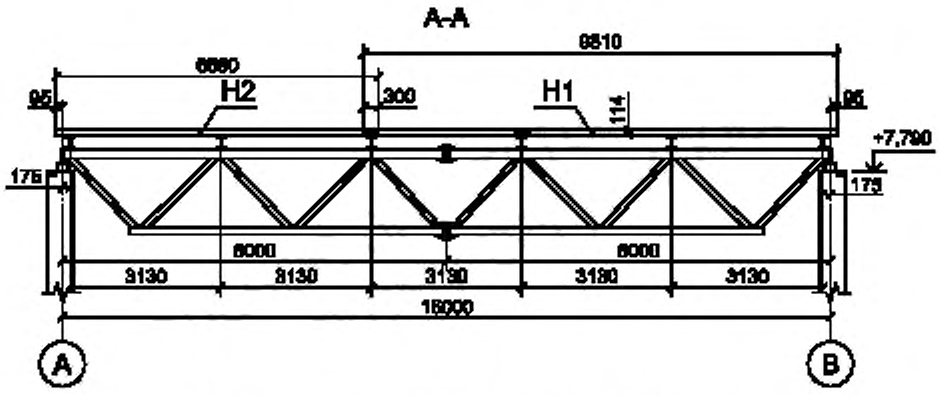


Рисунок А.5 — К определению расчетной схемы профиля

А.9 Расчетные характеристики редуцированного сечения профиля

Расчетные редуцированные характеристики профилей Н114-750-t на 1 м ширины определены в соответствии с методикой СП 260.1325800.2016 с учетом местной потери устойчивости сжатых пластин сечения и потери формы поперечного сечения профиля за счет потери устойчивости промежуточных элементов жесткости и приведены в таблице А.3.

Таблица А.3 — Расчетные редуцированные характеристики профилей Н114-750-t (в соответствии с методикой СП 260.1325800.2016)

Обозначение профиля	Справочная величина на 1 м ширины при сжатых полках					
	узких			широких		
	$I_{x,red}$ см^4	$W_{x1,red}$ см^3	$W_{x2,red}$ см^3	$I_{x,red}$ см^4	$W_{x1,red}$ см^3	$W_{x2,red}$ см^3
Н114-750-0,8	269,9	41,7	54,9	229,2	42,1	38,4
Н114-750-0,9	306,6	47,7	61,7	269,0	47,7	46,7
Н114-750-1,0	342,9	53,7	68,4	306,9	54,6	53,2

А.10 Расчет профиля по предельным состояниям первой группы. Расчет на поперечный изгиб. Проверка по трехпролетной схеме

Профиль Н1 работает по трехпролетной схеме и рассчитывается как неразрезная трехпролетная шарнирно-опертая балка с равными пролетами, загруженная равномерно распределенной нагрузкой (см. рисунок А.6). Расчет ведется на 1 м ширины профиля.

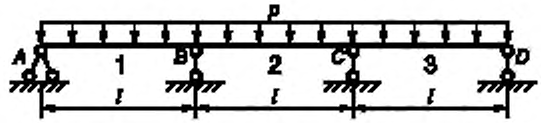


Рисунок А.6 — Расчетная схема к определению усилий в профиле Н1

Усилия от расчетной полной нагрузки составляют:

- изгибающий момент в середине 1-го пролета

$$M_1 = 0,080(g+v)l^2 = 0,080\cdot(2,15+2,8)\cdot(3,13)^2 = 3,9 \text{ кНм}; \quad (А.3)$$

- поперечная сила на опоре

$$Q_B = -0,6(g+v)l = -0,6\cdot(2,15+2,8)\cdot 3,13 = 9,3 \text{ кН}; \quad (А.4)$$

- изгибающий момент на опоре

$$M_B = -0,1(g+v)l^2 = -0,1 \cdot 4,95 \cdot (3,13)^2 = -4,9 \text{ кНм}. \quad (A.5)$$

Усилия от нормативной полной нагрузки составляют

$$M_1^n = 0,080(g+v)l^2 = 0,080 \cdot 3,725 \cdot (3,13)^2 = 2,94 \text{ кНм}. \quad (A.6)$$

Узкие полки сжаты

$$W_{red,min} = W_{x1,red} = 41,7 \text{ см}^3 < W_{x1,red} = 54,9 \text{ см}^3. \quad (A.7)$$

Расчетная несущая способность поперечного сечения по изгибающему моменту

$$\frac{M}{W_{red,min} R_y} \le 1, \quad (A.8)$$

поэтому

$$\frac{4,9 \cdot 10^3}{41,7 \ 10^{-6} \ 245 \ 10^6} = 0,48 \le 1. \quad (A.9)$$

Данные формулы справедливы при условии, что элемент не подвержен потери устойчивости формы сечения и угол между стенкой и полкой профиля более 60°. В данном случае редуцированные характеристики были определены с учетом потери формы сечения профиля (см. А.9); угол подтвержден геометрией профиля (см. рисунок А.2), следовательно, использование формулы справедливо.

Условие выполняется, следовательно, несущая способность обеспечена.

А.11 Проверка по жесткости

Для трехпролетной схемы

$$f = 0,0088 \cdot \frac{q^n \ l^4}{E \ I_{red \ min}} = \frac{3,725 \cdot 3,13^4}{2,06 \ 10^{11} \ 229,2 \cdot 10^{-8}} = \mathbf{6,7 \text{ мм} < 20,9 \text{ мм}}, \quad \mathbf{(A.10)}$$

где предельный прогиб, допустимый по условиям эксплуатации по СП 20.13330.2016, составляет $f_u = 1/150l = 20,9$ мм.

А.12 Вывод

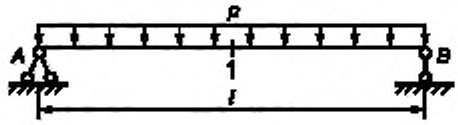
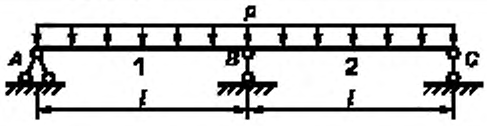
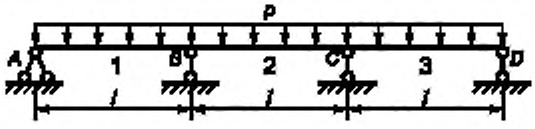
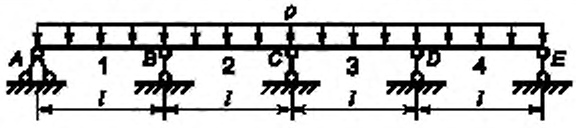
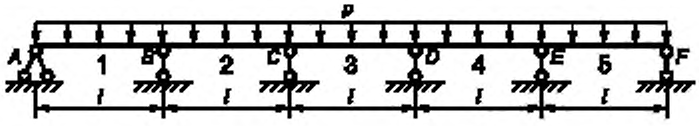
Коэффициент использования сечения по прочности не превышает 0,48. Несущая способность сечения обеспечена, запас по прочности составляет не менее 52 %. Деформации не превышают 7 мм, запас по деформациям составляет 68 %. Сечение профиля удовлетворяет требованиям по двум группам предельных состояний. Рекомендации: возможно уменьшить сечение профиля по экономическим соображениям.

Далее следует выполнить аналогично проверку по двухпролетной схеме.

Приложение Б
(справочное)

Формулы для определения усилий и опорных реакций при соответствующих схемах нагружения

Таблица Б.1 — Формулы для определения усилий и опорных реакций при соответствующих схемах нагружения

Расчетная схема	Усилия и опорные реакции
Однопролетная балка	
	$M_1 = 0{,}125\ pl^2$ $Q = 0{,}5\ pl$
Двухпролетная неразрезная балка	
	$M_1 = 0{,}080\ pl^2$ $M_2 = 0{,}025\ pl^2$ $M_B = -0{,}1\ pl^2$
Трехпролетная неразрезная балка	
	$M_1 = 0{,}080\ pl^2$ $M_2 = 0{,}025\ pl^2$ $M_B = -0{,}1\ pl^2$ $Q_B = -0{,}6\ pl$
Четырехпролетная неразрезная балка	
	$M_1 = 0{,}077\ pl^2$ $M_B = -0{,}107\ pl^2$
Пятипролетная неразрезная балка	
	$M_1 = 0{,}078\ pl^2$ $M_B = -0{,}105\ pl^2$

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[2] Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию»

УДК 669.14.624.016:006.354 ОКС 77.140.70

Ключевые слова: стальные листовые гнутые профили, трапециевидные гофры, несущая способность

БЗ 4—2020/31

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 06.07.2020. Подписано в печать 29.07.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,52.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru