

ОСОБЕННОСТИ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Научная статья

Молочкова А.Ю.^{1,*}, Соловьёва О.Н.²

^{1,2} Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (aleksandra.molochkova[at]yandex.ru)

Аннотация

Целью статьи является исследование разнообразия узлов, которые можно использовать для соединения металлических конструкций. А также их систематизация для более удобного подбора при проектировании зданий и сооружений из металлических элементов в особенности прокатного профиля. В статье рассмотрены основные виды сопряжения элементов: соединение прогонов с фермой, соединения элементов фермы, опирание фермы на колонну, опирание балок на колонну и опирание колонны на фундамент. В каждом узле рассмотрены основные элементы и то, как они соединяются между собой, какие использованы способы соединения этих элементов. А также рассмотрены достоинства и недостатки таких видов соединений и где их лучше применять.

Ключевые слова: узел, соединение, металлические конструкции, ферма, балка, колонна, прогоны, шарнирный, жесткий.

SPECIFICS OF JOINING OF METAL STRUCTURES

Research article

Molochkova A.Y.^{1,*}, Solovyova O.N.²

^{1,2} Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

* Corresponding author (aleksandra.molochkova[at]yandex.ru)

Abstract

The aim of the article is to study the variety of joints that can be used to connect metal structures. As well as their systematization for more convenient selection in the design of buildings and structures made of metal elements, especially rolled sections. The article reviews the main types of element joints: connecting purlins to a truss, connecting firm elements, supporting a truss to a column, supporting beams to a column and supporting a column to a foundation. In each junction, the basic elements and how they are connected to each other are discussed, and what methods of connecting these elements are used. The advantages and disadvantages of these types of connections and where they are best applied are also reviewed.

Keywords: knot, joint, metal structures, truss, beam, column, purlin, hinged, hard.

Введение

Существуют различные виды соединений металлических конструкций. Для разного рода элементов есть несколько различных способов, которые отличаются надёжностью, долговечностью, лёгкостью монтажа и экономичностью. Рассмотрим какие бывают способы соединения металлических элементов, а также конкретные узлы, которые применяются при возведении зданий и сооружений.

Способы соединений металлоконструкций:

- Сварной – это неразборный способ соединения металлических деталей, за счет оплавления кромок этих элементов вместе с присадочным материалом, образованием сварочной ванны с последующим ее затвердеванием и кристаллизацией [1].

- Болтовые соединения. С помощью болтов собирают быстровозводимые здания и сооружения. Для ненагруженных конструкций используются обычные болты. Чаще всего используются высокопрочные или фрикционные болты [1].

- Заклепочные – неразъемное соединение на заклепках (скобах). Заклепки реже используются для ответственных сооружений, но в некоторых случаях предпочтителен именно такой способ соединения [1].

Соединение строительных стальных конструкций регламентируется отдельными требованиями ГОСТ 23118.

Основные узлы

2.1. Узлы соединения прогонов с фермой

Стальной прогон в виде швеллера (4) крепится к большей полке не равнополочного уголка (2) болтами (3). Уголок меньшей стороной приваривается к стальной ферме (1). Отличается тем, что прогон поднят над фермой, а не крепится к ней. Достоинством является точная центрация усилия от прогона относительно точки пересечения осей, проходящих по центрам тяжести стержней фермы.

Недостатком является необходимость, в зависимости от нагрузок и профилей прогонов, осуществлять центрацию усилия от прогона относительно точки пересечения осей.

Использование: в большепролетных зданиях [2].

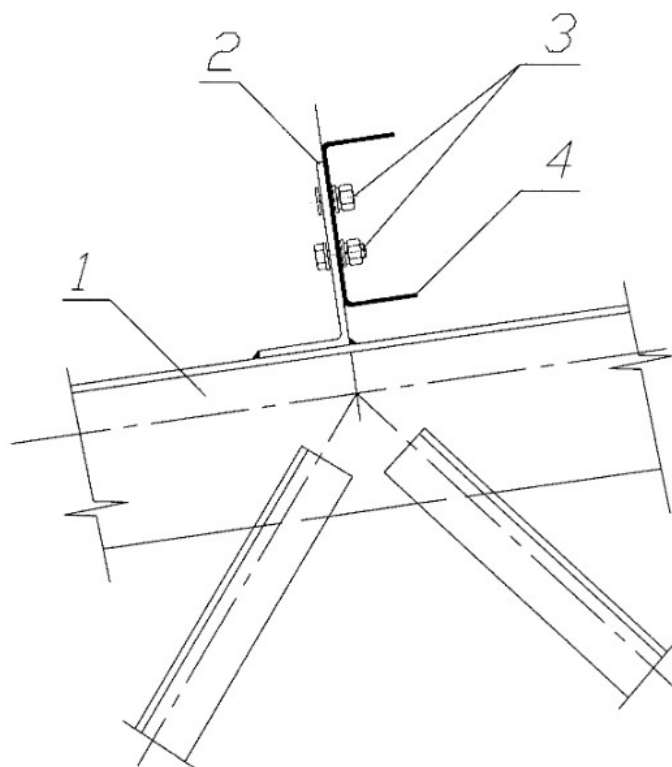


Рисунок 1 - Узел опирания прогона на ферму:
1 – стальная ферма; 2 – большая полка не равнополочного уголка; 3 – болты; 4 – швеллер
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.1>

Стальной прогон в виде швеллера (1) крепится к меньшей полке неравнополочного уголка (3) болтами. Уголок большей стороной и прогон привариваются к стальной ферме (2) [8].

При наклонном опирании швеллерные и профили в виде швеллера должны быть направлены концами полок вверх по склону, поскольку такое расположение обеспечивает лучшие условия для крепления и снижает крутящий момент прогона, возникающий при внецентренно приложенной нагрузке относительно центра изгиба сечения.

Использование: в большепролетных зданиях.

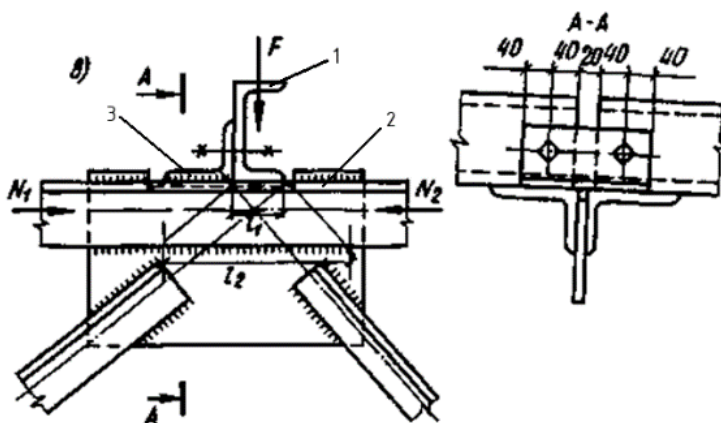


Рисунок 2 - Узел опирания прогона на ферму:
1 – швеллер; 2 – стальная ферма; 3 – меньшая полка неравнополочного уголка
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.2>

2.2. Узлы стропильных ферм

Стандартная сборка фермы состоит из равнополочных уголков (1). Уголки, привариваются к фасонке (2), заведённой между ними.

Фасонки ферм с треугольной решеткой должны быть оформлены с прямоугольным контуром, а с диагональной решеткой в виде прямоугольной трапеции.

Применяются в фермах из парных равнополочных уголков.

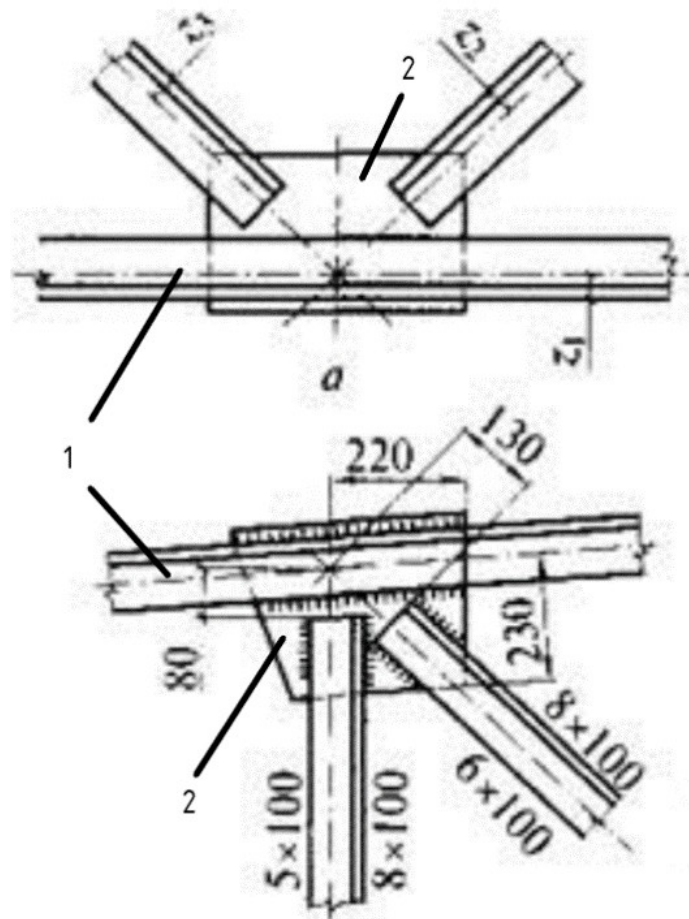


Рисунок 3 - Узлы соединения решетки фермы с поясами:
1 – равнополочные уголки; 2 – фасонка
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.3>

2.3. Узлы сопряжения стропильной фермы с колонной

Свободное опирание фермы (1), из парных стальных уголков, на колонну. Фасонка (2) приваривается к опорной плите колонны (3).

Применяется при опирании стальной фермы на железобетонную колонну [3].

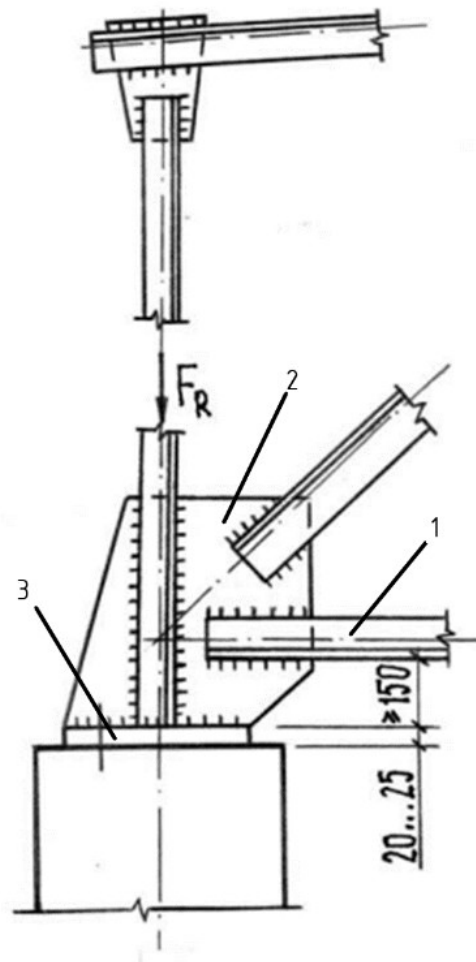


Рисунок 4 - Узел опирания фермы на колонну сверху:
 1 – свободное опирание фермы; 2 – фасонка; 3 – опорная плита колонны
 DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.4>

Для создания шарнирного узла, можно опереть ферму (1) на колонну (3) сверху, но в таком случае необходимо использование дополнительной стойки (над колонной) (2). Верхний пояс закрепляют на фасонке (4) над колонной стойки грубыми или обычными болтами. Отверстие в фасонке на 5-6 мм больше диаметра болта, так как для такого соединения используют обычный болт и узел не смог бы воспринять усилия от опорного момента и обеспечить шарнирное сопряжения. Нижний пояс приваривается фасонкой к опорному ребру, который крепится к надколоннику болтами.

Применяется при опирании стальной фермы на стальную колонну [3].

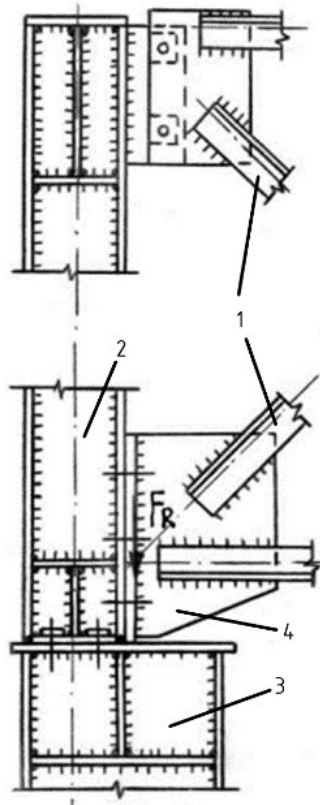


Рисунок 5 - Узел опирания фермы на колонну сверху над колонной стойкой:

1 – ферма; 2 – дополнительная стойка; 3 – колонна; 4 – фасонка

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.5>

Жесткое соединение стропильной фермы (1) с колонной (2). Ферма расположена сбоку от колонны и устанавливается фасонкой (4) на опорный столик (3), а усилия от опорного момента воспринимаются фланцевым соединением на болтах или сварными узлами.

Для использования такого вида соединения, как шарнир, необходимо фланец верхнего узла сделать очень тонким (= 8 – 10 мм) и небольшой длины, а расстояние между болтами сделать очень большим (= 160 – 200 мм).

Применяется при опирании стальной фермы на стальную колонну, для уменьшения высоты здания [3].

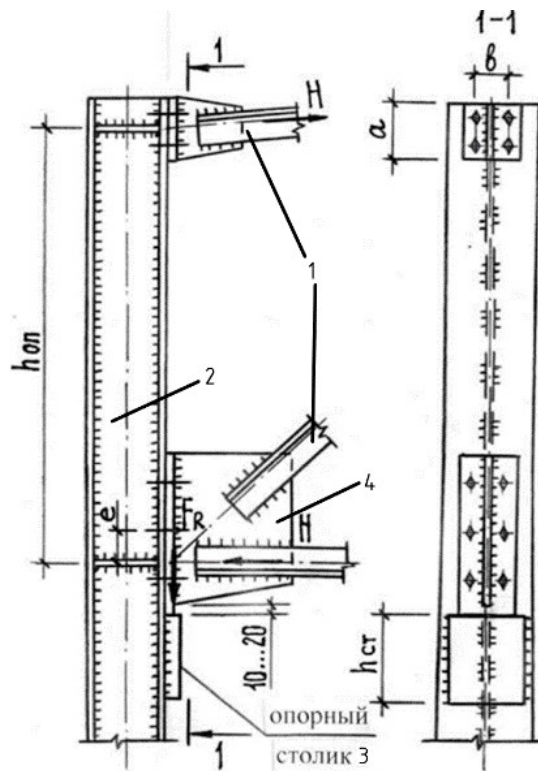


Рисунок 6 - Узел опирания фермы на колонну сбоку:
 1 – стропильная ферма; 2 – колонна; 3 – опорный столик; 4 – фасонка
 DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.6>

2.4. Узлы сопряжения балок с колонной

Опираение балки (1) на колонну (2) сверху. Нагрузка на колонну передается через опорное ребро (3), которое приваривается к балке. Для правильной передачи нагрузки ребро выступает на 15-20 мм.
 Применяется в зданиях с балочным перекрытием и покрытием.

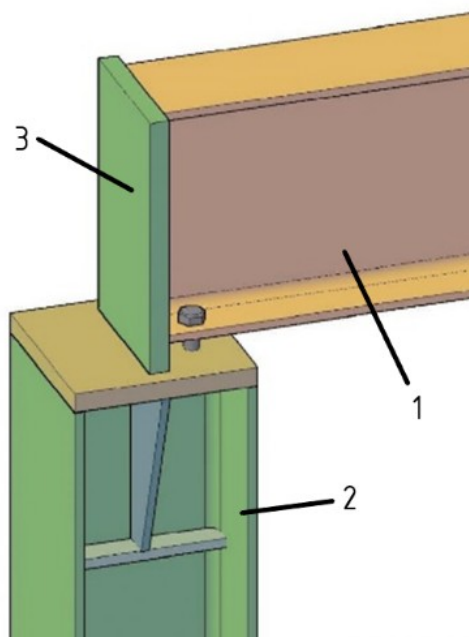


Рисунок 7 - Узел опирания балок на колонну сверху:
 1 – балка; 2 – колонна; 3 – опорное ребро
 DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.7>

Аналогичен предыдущему, только балки (1) соединяются между собой. Две балки прикручиваются в нижней части опорных ребер (2). Если болты закрепить в верхней части получится жесткое соединение. Применяется в зданиях с балочным перекрытием и покрытием [6].

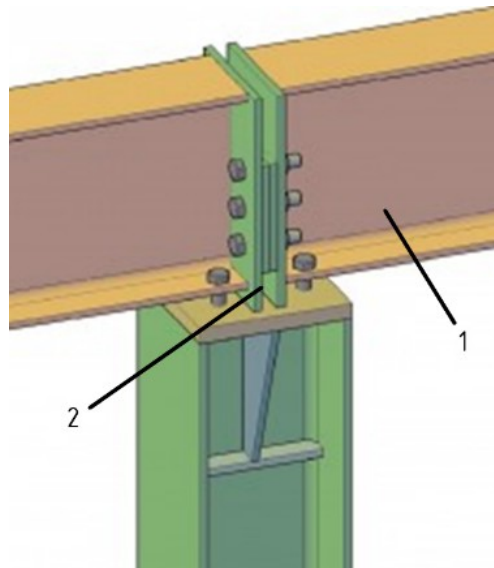


Рисунок 8 - Узел опирания балок на колонну сверху:

1 – балки; 2 – опорные ребра

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.8>

Ещё один вид опирания балок (1) на оголовок колонны (2). Для передачи поперечной силы балки усиливают ребром (3), которое должно располагаться над полками колонны. С помощью накладки (4) балки соединяются болтами. В данном виде крепления ребро у колонны не требуется. Применяется во временных зданиях с балочным перекрытием и покрытием.

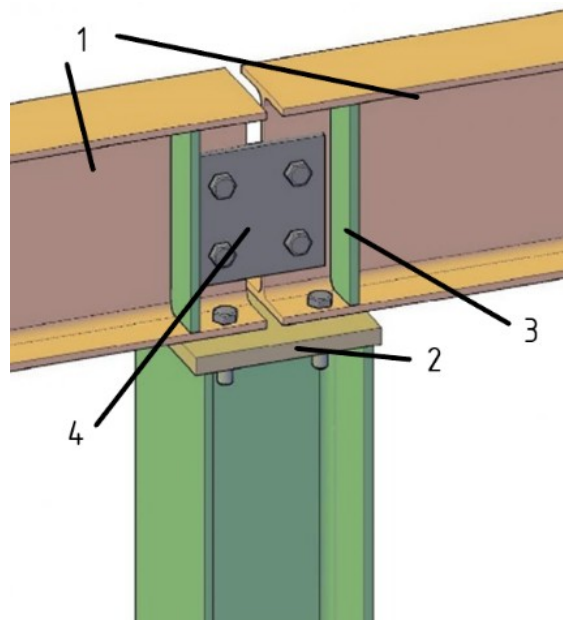


Рисунок 9 - Узел опирания балок на колонну сверху:

1 – балки; 2 – оголовок колонны; 3 – ребро; 4 – накладка

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.9>

Шарнирное крепление балки (1) к колонне (2) сбоку. Нагрузка передается только через ту сторону опоры, с помощью которой балка приварена к опорному столу (3). Столик представляет собой прочный лист стали, но возможно использование не равнополочного уголка. Ширина столика на 20 — 40 мм больше ширины балочного ребра (4). Столик должен быть сварен с трех основных сторон. Шарнирное опирание исключает установку ребра в каркасе колонны.

Является более надёжным узлом, ввиду большой длины сварного шва, при этом необходима дополнительная прокладка между балкой и колонной для свободного монтажа. Но это крепление требует большого расхода листового проката и трудоёмкости. Применяется на зданиях с балочным перекрытием, рамной и рамно-связевой каркасной системой [5], [7].

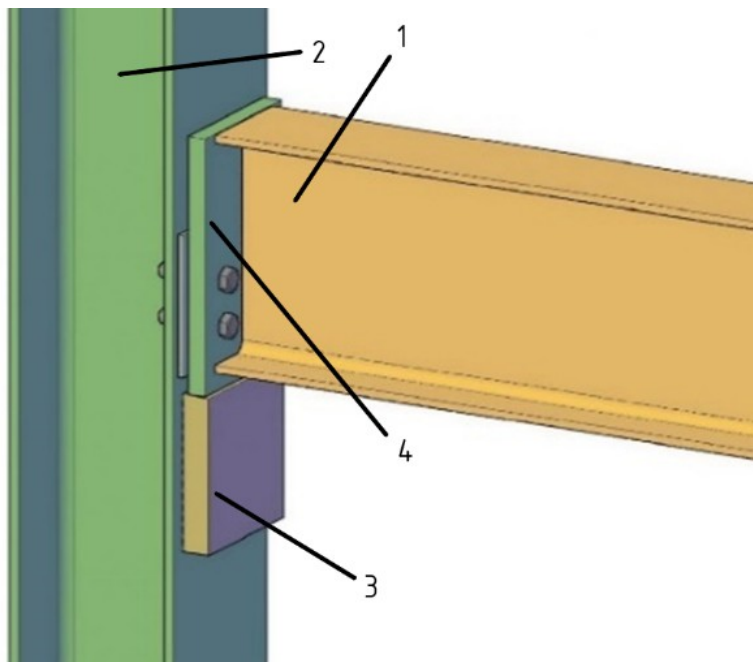


Рисунок 10 - Узел опирания балки на колонну сбоку:
1 – балка; 2 – колонна; 3 – опорный стол; 4 – балочное ребро
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.10>

Жёсткий узел сопряжения балки (1) и колонны (2). Накладки (3) привариваются к колонне на заводе, а уже на строительной площадке балка крепится к колонне болтами [4].

Применяется на зданиях с балочным перекрытием, рамной и рамно-связевой каркасной системой.

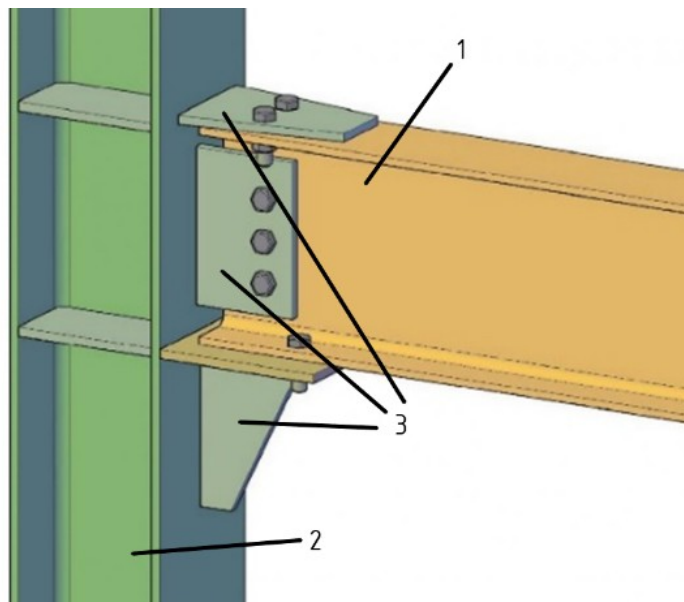


Рисунок 11 - Узел опирания балки на колонну сбоку:
1 – балка; 2 – колонна; 3 – накладки
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.11>

Балки перекрытия (1) в виде швеллера соединяются с основными балками (2) с помощью ребер жесткости (3). Швеллер непосредственно крепится к ребру болтами, без использования накладок.

Применяется на зданиях с балочным перекрытием.

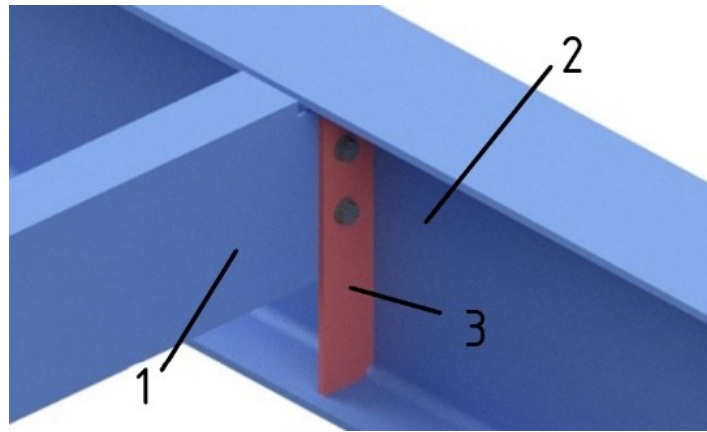


Рисунок 12 - Узел опирания балки на балку:
1 – балки перекрытия; 2 – основные балки; 3 – ребра жесткости
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.12>

Двутавровая балка перекрытия (1) крепится к основной с использованием накладки (2). Накладка приваривается к балке перекрытия, а к основной балке (3) крепится болтами, так же как и в прошлом случае к ребрам жесткости (4) [9]. Применяется на зданиях с балочным перекрытием.

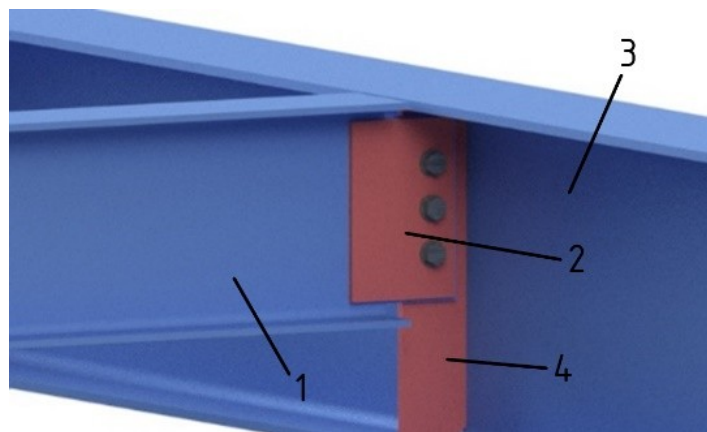


Рисунок 13 - Узел опирания балки на балку:
1 – двутавровая балка перекрытия; 2 – накладка; 3 – основная балка; 4 – ребра жесткости
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.13>

2.5. Узлы базы колонны

Двутавровая колонна (1) крепится к фундаменту через металлическую плиту (2). Сама плита крепится к фундаменту болтами. Колонна к плите приваривается, помимо этого по центру полков устанавливаются траверсы (3) для равномерной передачи нагрузки и большей устойчивости.

Используется в одноэтажных промышленных зданиях в рамно-связевых системах, как крайняя колонна [10].

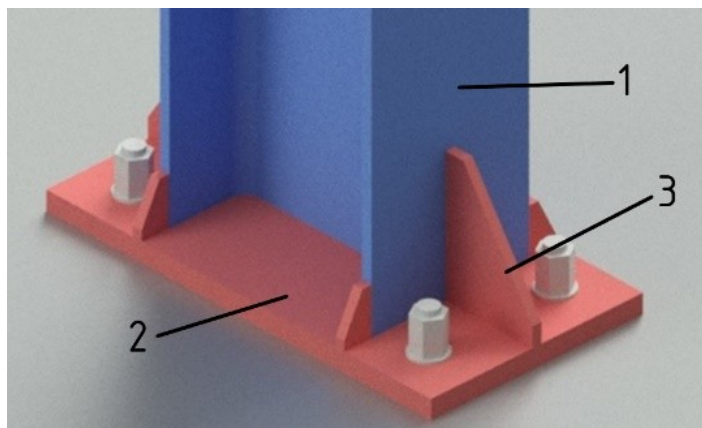


Рисунок 14 - Узел опирания балки на балку:
1 – двутавровая колонна; 2 – металлическая плита; 3 – траверсы
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.14>

Жесткое опирание двутавровой колонны (1) на фундамент. Колонна приварена к плите (2), соединенной с фундаментом. А по бокам двутавра приварены траверсы (3), которые дополнительно соединены между собой пластинами (4).

Данное закрепление используется при больших высотах колонны и наличии грузоподъемного оборудования, так как на опорах в таком случае повышенные изгибающие моменты.

Используется для колонн подверженных большим внецентренным нагрузкам (краны высокой грузоподъемностью).

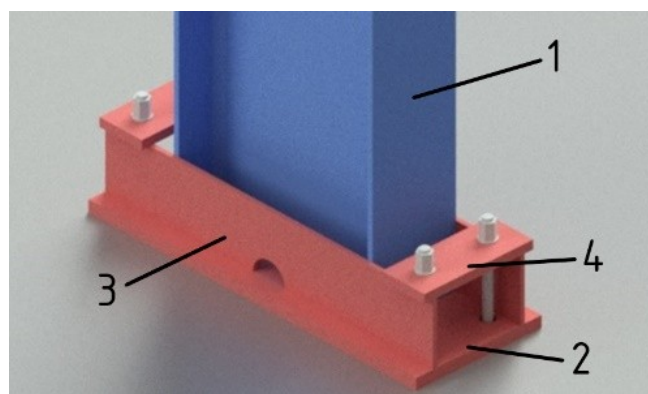


Рисунок 15 - Узел опирания балки на балку:
1 – двутавровая колонна; 2 – металлическая плита; 3 – траверсы; 4 – пластины
DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2023.36.1.15>

Заключение

Были рассмотрены узлы соединения прокатных профилей, которые имеют большое распространение в строительстве промышленных зданий. Они способны выдержать огромные нагрузки от работающего оборудования, а правильно подобранные виды соединения помогают передавать эти нагрузки с наибольшей эффективностью.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Беленя Е. И. Металлические конструкции: Учебник для вузов / Е. И. Беленя. — 6-е изд. — М.: Стройиздат, 1986. — С. 90, 112, 115

2. Михайленко Т. Г. Патент узел опирания стального прогона на стальную ферму / Т. Г. Михайленко , А. Г. Часовиков. — Патентообладатели: Юго-Западный государственный университет
3. Абашаева Л. П. Проектирование и расчет стальных ферм покрытий из парных уголков: Методические указания / Л.П. Абашева, И.И. Зуева. — Перм. гос. техн. ун-т., Пермь, 2008. — С. 24-26
4. Руководство по проектированию стальных конструкций многоэтажных зданий (Часть 2. Узлы) (в развитие СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»). — Москва, 2021 г. — С. 48-49
5. Опирание балки на столик. — 2023 г. — URL: <https://mebel-gu.ru/stoly/opiranie-balki-na-stolik.html> (дата обращения: 17.04.2023)
6. Опирание металлической балки на металлическую колонну. — 2023 г. — URL: <https://mdmetalla.ru/metall/opiranie-metallicheskoj-balki-na-metallicheskuyu-kolonnu.html> (дата обращения: 17.04.2023)
7. Типовые узлы стыковки металлических балок. — URL: <https://varimtutru.com/tipovye-uzly-stykovki-metallicheskih-balok/> (дата обращения: 17.04.2023)
8. Узлы металлических конструкций. — URL: <https://proekt-km.ru/proektirovanie-metallokonstrukcij/uzly-metallokonstrukcij.html> (дата обращения: 17.04.2023)
9. Узлы металлических балок: основные способы соединения. — URL: <https://metalldokordom.ru/metalloprokat/kreplenie-balki-k-kolonne.html> (дата обращения: 17.04.2023)
10. Узел опирания колонны на фундамент. — URL: <https://stroitelstvo-gid.ru/fundament/uzel-opiraniya-kolonny-na-fundament.html> (дата обращения: 17.04.2023)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Belenja E. I. Metallicheskie konstrukcii [Metal Constructions]: Textbook for universities / E. I. Belenja. — 6th ed. — М.: Strojizdat, 1986. — P. 90, 112, 115 [in Russian]
2. Mihajlenko T. G. Patent uzeloj opiraniya stal'nogo progona na stal'nuju fermu [Patent Steel Purlin Support Unit for Steel Truss] / T. G. Mihajlenko, A. G. Chasovikov. — Patent holders: South-West State University. [in Russian]
3. Abashaeva L. P. Proektirovanie i raschet stal'nyh ferm pokrytij iz parnyh ugol'kov [Design and Calculation of Steel Trusses of Coatings from Paired Corners]: Guidelines / L.P.Abasheva, I.I.Zueva. — Perm State Technical University. Perm, 2008. — P. 24-26 [in Russian]
4. Rukovodstvo po proektirovaniju stal'nyh konstrukcij mnogoetazhnyh zdaniy [Guidelines for the design of steel structures of multistorey buildings] (Part 2. Nodes) in the development of the joint venture 16.13330.2017 "Steel structures". — М., 2021. — P. 48-49 [in Russian]
5. Opiranie balki na stolik [Support of the beam on the table]. — 2023. — <https://mebel-gu.ru/stoly/opiranie-balki-na-stolik.html> (accessed: 17.04.2023) [in Russian]
6. Opiranie metallicheskoj balki na metallicheskuyu kolonnu [The support of a metal beam on a metal column]. — 2023. — <https://mdmetalla.ru/metall/opiranie-metallicheskoj-balki-na-metallicheskuyu-kolonnu.html> (accessed: 17.04.2023) [in Russian]
7. Tipovye uzly stykovki metallicheskih balok [Typical junctions of metal beams]. — <https://varimtutru.com/tipovye-uzly-stykovki-metallicheskih-balok/> (accessed: 17.04.2023) [in Russian]
8. Uzly metallicheskih konstrukcij [Nodes of metal structures]. — <https://proekt-km.ru/proektirovanie-metallokonstrukcij/uzly-metallokonstrukcij.html> (accessed: 17.04.2023) [in Russian]
9. Uzly metallicheskih balok: osnovnye sposoby soedinenija [Nodes of metal beams: the main ways of connection]. — <https://metalldokordom.ru/metalloprokat/kreplenie-balki-k-kolonne.html> (accessed: 17.04.2023) [in Russia]
10. Uzel opiraniya kolonny na fundament [The node of the column support on the foundation]. — <https://stroitelstvo-gid.ru/fundament/uzel-opiraniya-kolonny-na-fundament.html> (accessed: 17.04.2023) [in Russian]