

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Михайленко Т. Г., канд. ист. наук, доц.  
Юго-Западный государственный университет

## ВАРИАТИВНОСТЬ РЕШЕНИЯ УЗЛА СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

mihailenko62@mail.ru

*Целями разработки новых вариантов узлов стального каркаса здания является уменьшение металлоёмкости, трудоёмкости, сокращение пути передачи нагрузки, увеличение надёжности работы по сравнению с уже существующими решениями узлов. Проектированию предшествует анализ конструктивной схемы и предполагаемой методики расчёта. При конструировании следует предусматривать монтажное удобство выполнения узла.*

**Ключевые слова:** узел стальной конструкции (каркаса), усилие, надёжность

В настоящее время строится большое количество объектов (в основном общественного назначения) со стальным каркасом здания. Это, например, каркас, состоящий из трубчатых колонн и двутавровых балок. Такая несущая конструкция очень удобна с точки зрения своей простоты и быстроты монтажа и обеспечивает высокую надёжность сооружения.

Узлы сопряжения металлоконструкций каркаса применяются самые различные, каждый по-своему интересный, обладающий достоинствами и недостатками. Проектирование и расчёт узлов неразрывно взаимосвязаны с анализом предполагаемой конструктивной схемы здания. Если выбирается рамный каркас, то восприятие горизонтальных нагрузок следует обеспечить жёсткостью узлов. При этом достигается экономия стали в горизонтальных элементах-балках из-за уменьшения пролётного момента. Но устройство жёстких или полужёстких узлов требует более тщательного подхода, чем устройство шарнирных. Под термином полужёсткий узел понимается такой, конструкция которого позволяет осуществить поворот относительно одной из пространственных осей. Чаще всего такой осью является вертикальная. Для компьютерного расчёта (например, с помощью программного комплекса SCAD) применение полужёстких узлов в многопролётном многоэтажном каркасе позволяет учесть совместную работу всех элементов конструкции. Если принимать узлы сопряжений полностью жёсткими, то колонны и балки каркаса будут рассчитываться как отдельные элементы с жёсткими заделками на концах, что не соответствует полностью реальной работе каркаса здания. Опорная реакция в стандартных решениях жёстких узлов передаётся через вертикальное ребро, приваренное к колоннам и к стенкам балок. Опорный момент воспринимается горизонтальными накладками, приваренными на монтаже к колоннам и к пол-

кам балок. Для осуществления шарнирного узла необходимо обеспечить свободу поворота одной конструкции относительно другой, применяя при этом для соединения болты.

Для того чтобы изобрести совершенно новый узел сопряжения конструкций, который должен сохранить положительные качества существующих узлов и ликвидировать их недостатки, необходимо проанализировать достоинства новой модели по сравнению с прежними аналогичными конструкциями. В результате принятого решения достигаются две основные цели конструирования: экономия металла и простота монтажа здания.

При создании нового решения узла необходимо продумать методику его расчёта, рассматривая сопряжения конструкций в первую очередь как приспособления для передачи усилий с элемента на элемент. При таком взгляде упрощается конструирование и возрастает понимание работы строительных конструкций. Разработка методики расчёта узла одновременно с его конструированием приводит к пониманию физического процесса передачи нагрузки с одного элемента на другой.

При разработке новых конструктивных решений узлов стального каркаса следует учитывать следующие правила:

1. при восприятии усилия в одном узле объединять одинаковые по механизму передачи способы соединения,
2. максимально сокращать путь прохождения усилия по элементам узла,
3. обеспечивать удобство выполнения конструктивного решения.

Наиболее логичным путём передачи усилия с элемента на элемент является, конечно, путь по линии действия усилия. Если это невозможно осуществить в узле, то следует хотя бы стремиться направить путь передачи усилия под некоторым небольшим углом к первоначальной

линии его действия. Расположение элемента, воспринимающего усилие, перпендикулярно элементу, передающему усилие, может привести к неблагоприятным последствиям. Например, к расслоению металла листа, расположенного перпендикулярно усилию, срезу болтов, образованию трещин в сварных швах, потере устойчивости элементов. Конечно, все эти негативные факторы можно предотвратить соответствующим расчётом. Но при этом либо будет увеличен расход стали на устройство узла, либо будут проводиться дополнительные технологические операции по изготовлению сопряжения элементов.

Как результат выполнения вышеупомянутых правил был разработан ряд узлов. Например, узел опирания двутавровой балки на трубчатую колонну, который можно осуществить несколькими способами (см. [1],[2], [3],[4]).

Узел сопряжения двутавровой балки с трубчатой колонной можно выполнить, опирая балку на стальной сварной тавр или швеллер, приваренный к колонне. Достоинство такого соединения заключается в его надёжности. Опорная реакция балки воспринимается сварными швами, соединяющими опорный элемент с колонной. Швы расположены либо по линии действия силы в том случае, когда опорный элемент тавр, либо параллельно опорной реакции при применении швеллера.

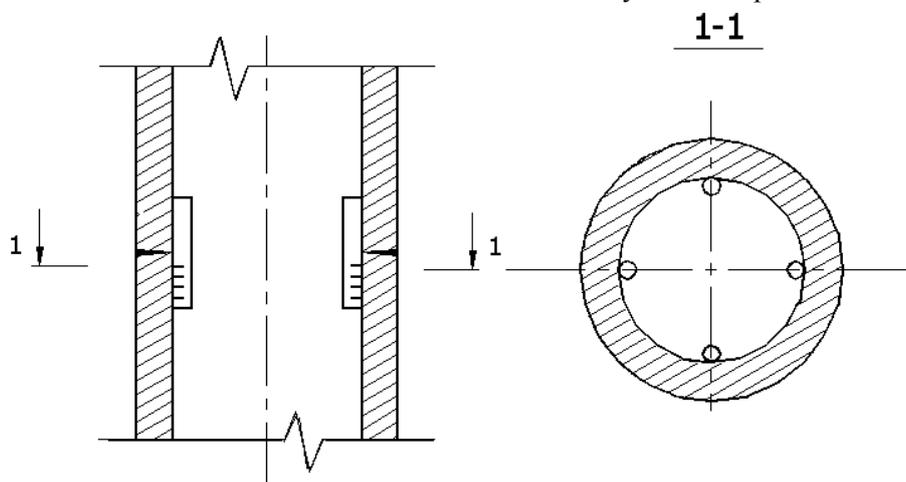


Рис. 1. Стык труб одинакового диаметра и толщины

Была предложена новая конструкция базы металлической колонны трубчатого сечения [7] для использования её в строительстве многоэтажных зданий и сооружений. Отличие данной конструкции по сравнению с аналогами состоит в том, что к опорной плите для простого и точного монтажа приваривается прямоугольное ребро-фиксатор, длиной на 3-5 мм меньше внутреннего диаметра колонны, которое по оконча-

Выполнение данной конструкции позволяет упростить изготовление и расчёт узла по сравнению с аналогами, используемыми в строительстве. Расчёт в основном состоит из определения параметров сварных швов по известным формулам (176). (177) [5]. Длина сварных швов определяет длину прикрепляемого опорного элемента. Рассчитываются также толщины стальных листов опорного элемента в виде сварного тавра или швеллера. Определяется толщина стенки колонны на продавливание в месте прикрепления опорного элемента. Наличие приваренных рёбер жёсткости в месте опирания балки, которая изготавливается чаще всего из прокатного двутавра, гарантирует стенку балки от потери устойчивости.

Другой узел, который тоже может быть применён в стальном каркасе с трубчатыми колоннами – это стык этих колонн. Достоинство полезной модели сварного стыка стальных трубчатых колонн одинакового диаметра и толщины [6] в том, что при наличии стержней, приваренных к внутренней поверхности нижней стальной трубчатой колонны, достигается точность совмещения верхней и нижней колонн перед началом сварки, при этом не снижается надёжность. Технической задачей, на которую направлена полезная модель, является упрощение совмещения верхней и нижней стальных трубчатых колонн одинакового диаметра и толщины между собой перед началом сварки.

нии монтажа оказывается внутри колонны. Достоинством такой базы является ещё и то, что она может применяться под колонны трубчатого сечения, воспринимающие изгибающие усилия в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Создание данного узла опирания на фундамент позволяет упростить монтаж колонн, так как используется безвыверочный метод (рис. 2).

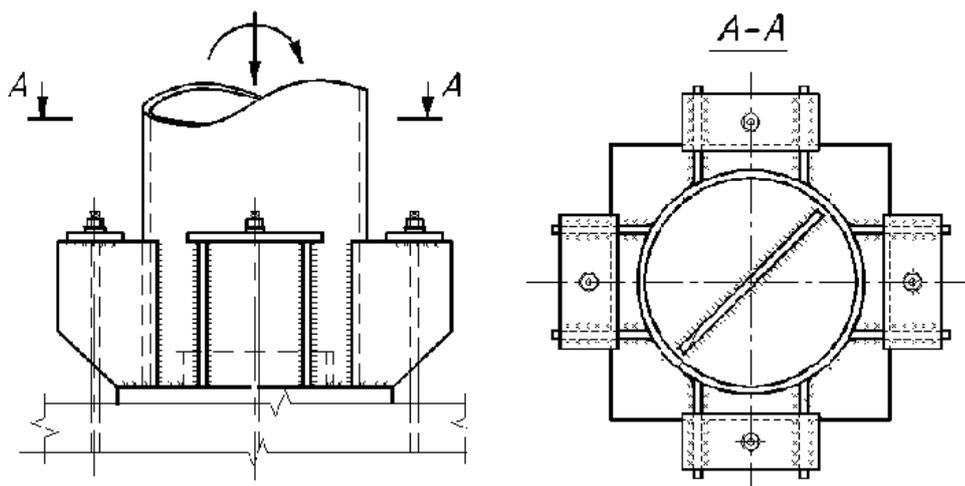


Рис. 2. Узел базы трубчатой колонны

Применение ребра-фиксатора позволяет добиться двойного положительного эффекта: упрощения монтажа и экономии металла. Уменьшение расхода стали на опорную плиту доказано расчётом в ПК SCAD двух различных

конструкций базы колонны: применяемой в строительстве и новой [8].

В узле соединения труб разного диаметра [9] применён принцип одинаковой прочности труб и соединительных деталей.

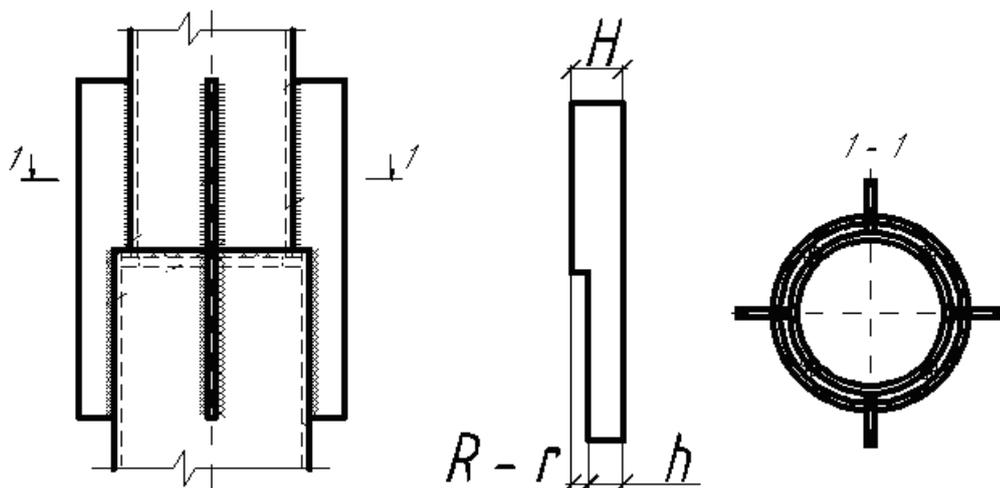


Рис. 3. Узел соединения труб разного диаметра

Этот узел может быть использован при строительстве многоэтажных зданий и сооружений, башен, мачт, опор линий электропередач и т.д. Соединение включает концы труб, вставленные друг в друга, сваренное в трубу большего диаметра кольцо и соединительные детали, прикреплённые к трубам на сварке. Соединительные детали выполнены в виде пластин с вырезом, который фиксирует положение трубы меньшего диаметра относительно трубы большего диаметра (см.рис.3). Меньшая ширина  $h$  соединительных деталей рассчитана по формуле:

$$h = 1,25r, \quad (1)$$

где  $h$  - меньшая ширина соединительных деталей,  $r$  - радиус меньшей трубы.

Толщина соединительных деталей принимается равной толщине меньшей трубы. Боль-

шая ширина  $H$  соединительных деталей рассчитана по формуле:

$$H = R - r + h, \quad (2)$$

где  $R$  - радиус большей трубы,  $r$  - радиус меньшей трубы,  $h$  - меньшая ширина соединительных деталей.

Изобретение позволяет уменьшить трудоёмкость изготовления соединения и увеличить его прочность за счёт передачи усилия с трубы меньшего диаметра на трубу большего диаметра через соединительные детали.

Иногда новое решение узла получается изменением жёсткости известного и применяемого узла. Например, при сопряжении стальных второстепенных балок и стальной главной балки в балочном перекрытии наблюдаются разные условия работы на опорах второстепенных балок и передача от них на главную балку опорного момента, направленного из плоскости глав-

ной балки, что может негативно повлиять на прочностные качества конструкции. Технической задачей, на которую направлена полезная модель [10], является изменение расчётной схемы второстепенных балок, благодаря чему достигается выравнивание условий работы второстепенных балок путём перераспределения между ними усилий, а также большее приближение реальной работы главной балки к её расчётной схеме путём исключения влияния опорного момента, направленного из плоскости главной балки. При этом не снижается надёжность соединения и, кроме того, уменьшается количество технологических операций благодаря исключению приварки накладки к верхнему поясу главной балки.

Разработка новых решений узлов сопряжений стальных конструкций является весьма перспективным направлением. Можно сформулировать следующие особенности их конструирования:

1. при выполнении конкретных требований передачи проектной нагрузки возможно появление или, наоборот, исчезновение усилий, существующих в стандартном узле, имеющемся в учебной или справочной литературе;

2. разработка нового решения узла может осуществляться с целями уменьшения металлоёмкости, трудоёмкости, сокращения пути передачи нагрузки, увеличения надёжности работы в сравнении с уже существующими решениями узлов;

3. при добавлении в узел элементов (стальных листов, деталей) предпочтительнее, чтобы добавленный элемент воспринимал какое-либо одно конкретное усилие. Это упрощает понимание работы узла в целом и его расчёт, а стало быть, и надёжность при применении данного конструктивного решения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайленко Т.Г., Кондратюк Н.А. Узел сопряжения колонны трубчатого сечения с двутавровой балкой. Пат. на полезную модель №49048 Рос. Федерации: МПК<sup>7</sup> Е 04 В 5/10 заявл. 22.03.05; опубл. 10.11.05. Бюл. №31.

2. Михайленко Т.Г., Авдеев Р.И. Узел сопряжения металлической колонны трубчатого сечения с двутавровой балкой. Пат. на полезную модель №49049 Рос. Федерации : МПК<sup>7</sup> Е 04 В 5/10 заявл. 11.05.05 ; опубл. 10.11.05. Бюл. №31.

3. Михайленко Т.Г., Разиньков Д.И. Узел сопряжения металлической колонны трубчатого сечения с двутавровыми балками. Пат. на полезную модель №55807 Рос. Федерации : МПК<sup>7</sup> Е 04 В 5/10 заявл. 10.04.06; опубл. 27.08.06, Бюл. №24.

4. Михайленко Т.Г., Разиньков Д.И. Узел сопряжения металлической колонны трубчатого сечения с двутавровыми балками. Пат. на полезную модель №57773 Рос. Федерации : МПК<sup>7</sup> Е 04 В 5/10 заявл. 22.05.06; опубл. 27.10.06. Бюл. №30.

5. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II -23-81\* / Минрегион России. М., 2011.173с.

6. Михайленко Т.Г. Сварной стык стальных трубчатых колонн одинакового диаметра и толщины. Пат. на полезную модель №124277 Рос. Федерации : МПК<sup>9</sup> Е 04 В 1/38, заявл. 06.08.12, опубл. 20.01.13. Бюл. № 2.

7. Михайленко Т.Г., Виткалова О.В. База металлической колонны трубчатого сечения. Пат. на полезную модель №57773 Рос. Федерации МПК<sup>7</sup> Е 04 В 5/10 заявл. 22.05.06; опубл. 27.10.06. Бюл. №30.

8. Михайленко Т.Г., Виткалова О.В. Новые конструктивные решения узлов стального каркаса здания. Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. - Курск, 2007. - С. 113-117.

9. Михайленко Т.Г., Воробьёв С.И. Узел соединения труб разного диаметра. Пат. на изобретение №2357145 Рос. Федерации: МПК<sup>8</sup> Е 04 В 1/58 заявл. 14.05.07; опубл. 27.05.09, Бюл. №15.

10. Михайленко Т.Г., Майченко Ю.В. Узел сопряжения неразрезных стальных второстепенных балок и стальной главной балки. Пат. на полезную модель №120668 Рос. Федерации : МПК<sup>9</sup> Е 04 В 1/38, заявл. 14.04.12, опубл. 27.09.12. Бюл. №27.