## РАСЧЁТ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

**CALCULATION OF FLANGE CONNECTIONS OF ELEMENTS OF FRAME STRUCTURES OF VARIABLE SECTION**

## *Во Суан Хоанг, магистр кафедры «строительные конструкции», Владимирский государственный университет*

## *Научный руководитель: Смирнов Е.А (д.т.н., профессор)*

Аннотация

В данной статье ставится рассмотрено расчёта фланцевых соединения элементов рамных конструкций переменного сечения. Изложены вопросы несущих способности высокопрочных болтов фланцевых соединений, расчет сварных швов и расчёт фланцевых соединений с учётом развития пластических деформаций выполняют с применением метода предельного равновесия.

Abstract

In this article, we consider the calculation of the flange connections of elements of frame structures of variable crosssection. The questions of the bearing capacity of high-strength bolts of flange joints, calculation of welded seams and calculation of flanged connections taking into account the development of plastic deformations are carried out using the method of limiting equilibrium.

***Ключевые слова:*** *Фланцевый, фланцевое соединение, переменное сечение.*

***Keywords:*** *Flange, flange connection, variable section.*

В современной строительной практике в монтажных стыках и сопряжениях несущих элементов рамных конструкций широко используются фланцевые соединения, в том числе фланцевые на высокопрочных болтах.

По сравнению с фрикционными соединениями на участках, в фланцевых соединениях нет трудных операций для подготовки контактирующих поверхностей конструкций. Кроме того, в фланцевых соединениях нет дополнительных монтажных пластин (4-8 штук на каждое соединение), и значительно, в 2-3 раза, количество высокопрочных болтов уменьшается.

Расчёт фланцевых соединений - довольно сложная задача. В частности, это относится к соединениям элементов, которые воспринимают не только продольные силы, но и изгибающие моменты. Основная трудность заключается в том, что деформационные характеристики зон с сжатой и растянутой связью различны, и поэтому положение соединения нейтральной оси и распределение напряжений вблизи зоны фланца неизвестно заранее.

В качестве основной расчётного сечения рассматривается около фланцевого сечения двутавровых элемента, нагруженного продольными и поперечной силами и изгибающими моментами. Конструктивное поперечное сечение нагружено распределенными реактивными силами, передаваемыми с деформируемой поверхности фланцев. В сжатой зоне максимальное значение реактивных сил ограничено вычисленным сопротивлением стали Ry двутавра, а в растянутом - предельной силой, необходимой для достижения заданных напряжений во фланце.

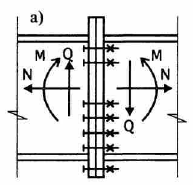


Рис.1. Реактивные усилии околофланцевой сечения

При расчёте фланцевых соединений, в зависимости от конструктивного решения, характера переданных сил и эксплуатационных требований, необходимо проверить следующее:

* Несущую способность болтового соединения
* Прочность фланцевых листов при изгибе
* Прочность сварных швов, соединяющих фланец с основным элементом

Несущая способность высокопрочных болтов фланцевых соединений определяется по формуле:



Где : Rbh – расчетное сопротивление болтов; Аbn – площадь сечения болта, нетто; γc – коэффициент условия работы высокопрочных болтов во фланцевом соединении, учитывающий влияние изгиба: γc = 0,95.

Проверка прочности болтов: 

Где: Nbt1(2) – суммарное усилие в затянутом болте 1 или 2 группы от предварительного натяжения и действующих на него внешних нагрузок.



При Pbh – усилие предварительного натяжения болтов.

Для болтов группы 1: 

Для болтов группы 2: 

Где  и  – полное усилие, действующее на болты 1-й и 2-й групп

 ; 

Где : Nbf

- усилие, передающееся с растянутой полки на отдельный болт: 

Nbw

- усилие, передающееся на болты 1-й группы с примыкающего участка стенки (ребра):

Nbv

- дополнительная нагрузка на болты 2-й группы от рычажного усилия, возникающего деформированным фланце



Где: - относительное напряжение в растянутой полке; - относительное напряжение в растянутой зоне стенки; При >1 следует принимать = 1; - площадь растянутой полке, см2

;

- количество болтов, расположенных с обеих сторон растянутой полки; а и с – расчетная длина участка полки, см; , - расчетное сопротивление стали двутавра и фланца, кг/см2

; - параметры; - параметр при условии соблюдение расстояния от оси болта до края фланца.

При расчёте сварных швов, которые прикрепляют фланцы к соединяемым элементам, они изготавливаются отдельно для полки, стен и армирующих ребер в соответствии с работой и с учетом глубины проникновения корня шва на 2 мм вдоль третьего (рис.2).

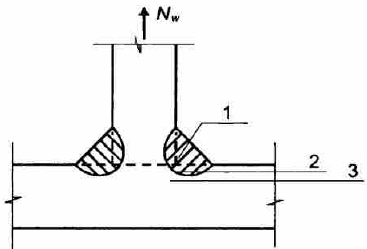


Рис.2. Схема расчетных сечений сварных швов

По металлу шва (сечение 1):



По металлу границы сплавления с профилем (сечение 2):



По границе сплавления шва с фланцем в направлении толщины проката (сечение 3):

Где: - расчетная длина шва:

Для полок двутавра: 

Для стенки двутавра: 

Для подкрепляющего ребра: 

- усилие действующее на рассматриваемый шов:

Для полок двутавра: 

Для стенки двутавра: 

Для подкрепляющего ребра: 

Гле : , , - ширина полки и высота стенки двутавра и подкрепляющего ребра соответственно; , , - толщина полки, стенки двутавра, подкрепляющего ребро соответственно; , , , , , - коэффициенты; , , - расчетные сопротивления угловых швов условную срезу по металлу шва и металлу границы сплавления с профилем; - расчетное сопротивление стали фланца в направлении толщины проката; - коэффициент условия работы сварного шва фланца, учитывающий дополнительные напряжения в шве от изгиба фланца (= 0,9-0,95).

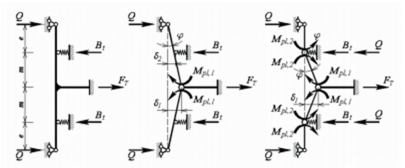
Кроме того, для совместного действия сил дополнительно накладываются сварные швы вдоль профильной стенки, а поперечная сила Q, действующая на соединение по формулам:







Расчёт фланцевых соединений с учётом развития пластических деформаций осуществляется с использованием метода предельного равновесия. Различают три возможных механизма разрушения: разрушение болтов, разрушение болтов с частичным развитием пластических деформаций во фланце и развитие глубоких пластических деформаций во фланце (рис.3).



*Рисунок 3. Расчетные модели фланцевых соединений согласно EN 1993–1–8*

Если фланец имеет значительную изгибную жёсткость, то фланцевое соединение разрушается из-за разрушения болтов, нагруженных внешними силами, в отсутствие контактной силы из-за наличия «рычажного» эффекта. Грузоподъемность такого соединения будет полностью определяться несущей способностью натяжных болтов.

В случае уменьшения изгибной жёсткости фланца (при проектировании фланцев меньшей толщины) фланцевое соединение разрушается из-за разрушения болтов с частичным развитием пластических деформаций во фланце. Несущая способность такой связи может быть определена из уравнения равновесия работы внешних Wext и внутренних сил Wint.

В случае использования тонких фланцев разрушение соединения связано с развитием пластических деформаций во фланце. В этом случае несущая способность шва определяется грузоподъемностью самого фланца.

Следует отметить, что развитие пластических деформаций во фланцах и поперечных сечениях соединенных элементов в зоне припоя вызывает значительное увеличение общей деформации структуры, что должно быть надлежащим образом учтено дальнейший нелинейный анализ базовой системы.

### Список литературы

[1] СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*.

[2] Катюшин В.В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проект- титрование, строительство). — М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2005. — 656 с.: ил.

[3] Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций // СО Сталь монтаж, ВНИПИ Промстальконструкция, ЦНИИПСК им. Мельникова. — М., 1988. — 83 с.

**(© Во. Суан. Хоанг, 2018)**