

Расчет фланцевых соединений на растяжение

Коледа С.М.

(Научный руководитель – Жабинский А.Н.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Основные сведения

В монтажных стыках стропильных ферм с поясами из уголков, тавров, двутавров и различных труб (круглых и прямоугольных) рекомендуется применять фланцевые соединения (ФС). Использование таких фланцевых соединений позволяет обходиться без сварки при монтаже, что исключает возможность появления дефектов сварных швов и, как следствие, аварийных ситуаций. В этом случае также упрощается монтаж стыков и повышается их несущая способность.

Фланцевые соединения могут быть двух типов: А – с предварительным натяжением высокопрочных болтов, применяемых при работе стыков на растяжение, Б – без натяжения при использовании обычных болтов, применяемых при работе стыка на сжатие.

Рассмотрены две методики расчета фланцевых соединений на высокопрочных болтах на растяжение: приближенная и уточненная, при расчете в упругой стадии деформирования.

Приближенная методика расчета

Усилия распределяются равномерно на все болты фланцевого соединения, тогда прочность обеспечена при выполнении условия:

$$N \leq nP_{bh},$$

где P_{bh} – усилие предварительного напряжения болта: $P_{bh} = \gamma_{b0} R_{bh} A_{bn}$;

$\gamma_{b0} = 0.9$ – коэффициент учитывающий явление релаксации при предварительном натяжении болтов;

N – расчетное усилие воспринимаемое фланцевым соединением.

Толщина фланца определяется из условия прочности на изгиб пластины защемленной по одной грани (рисунок 1) и равна:

$$t_{fl} = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{bR_y\gamma_c}}.$$

Уточненная методика расчета

В соответствии с [1] при расчете болтов ФС, работающих на растяжение, учитывается дополнительное усилие «V» от «рычажного эффекта» или контактное усилие. Возникает упругое защемление фланцев под болтом, что изменяет расчетную схему.

Рычажная сила – это равнодействующая сила, возникающая от совместного прижатия двух фланцев друг к другу при натяжении болтов; ее положение зависит от толщины фланцев. Наличие рычажной силы уменьшает величину изгибающего момента, полученного по приближенной методике (рисунок 2). Уменьшение момента ведет к уменьшению толщины фланца.

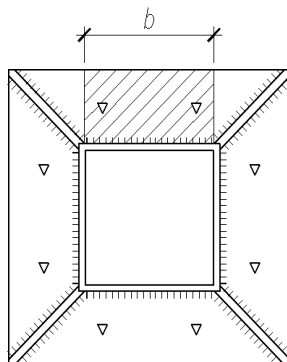


Рисунок 1 – К расчету фланца по приближенной методике

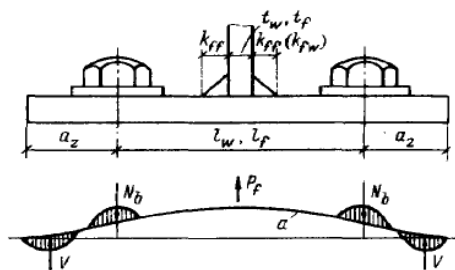


Рисунок 2 – К расчету фланца с учетом рычажной силы.

Фланцевое соединение открытого профиля рассматривается как совокупность элементарных Т-образных фланцевых соединений. Прочность соединения в целом определяется суммарной прочностью таких элементарных Т-образных соединений.

В общем случае прочность фланцевого соединения будет обеспечена, если соблюдается следующее условие:

$$N \leq n_{\hat{a}} N_{b\hat{a}} + \sum_{i=1}^{nH} N_{bni}$$

где $N_{b\hat{a}}$ – несущая способность одного болта внутренней зоны (рисунок 3);

N_{bni} – несущая способность болта наружной зоны i -го Т-образного участка фланца принимается минимальной из двух значений: N_{bi} и $N_{fl,i}$, где N_{bi} – расчетное усилие на болт, определяемое из условия прочности соединения по болтам; $N_{fl,i}$ тоже, но из условия прочности фланца на изгиб.

В методике приведенной в [1] толщина фланца принимается в зависимости от диаметра болта по таблице 1.

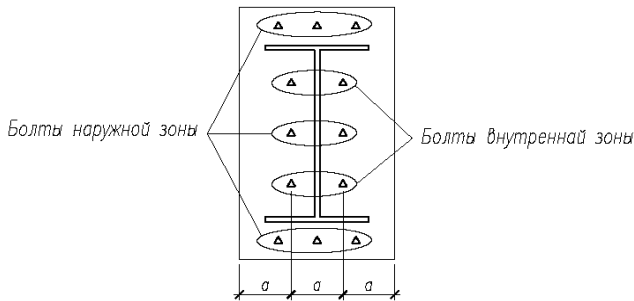


Рисунок 3 – Пример фланцевого соединения с поясами из двутавров

Таблица 1

Диаметр болта	Толщина фланца	К= N_v / N_n	Диаметр болта	Толщина фланца	К= N_v / N_n	Диаметр болта	Толщина фланца	К= N_v / N_n
M20	20	1,7	M24	25	1,8	M30	30	1,7
	25	1,4		30	1,5		40	1,2
	30	1,2		40	1,1			

К – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения внешней нагрузки между болтами внутренней и наружной зон.

Расчет толщины фланца в ПК «Лира»9.6

В расчетной схема фланца был использован метод конечных элементов. Расчет выполнялся на усилие и жесткостные параметры элементов фланцевого узла определенных по уточненной методике. Для узла были приняты: труба их ГСП 180х8, ребра жесткости толщиной $t=8$ мм и фланец толщиной $t=20$ мм. Расчетное растягивающее усилие на узел равно $N=1288$ кН. Крепление фланца осуществлялось при помощи 8 высокопрочных болтов диаметром 24 мм. На рисунок 4 показаны распределения изгибающих моментов M_x и M_y , по которым видно, что максимальные усилия возникают в крайних зонах вокруг шайб под высокопрочными болтами. Значения приведенных напряжений, рассчитанные по этим усилиям оказались меньше расчетного сопротивления стали по пределу текучести (R_y), что свидетельствует об упругой работе пластины фланца. Толщина фланца рассчитанная по этим максимальным изгибающим моментам составила 18 мм.

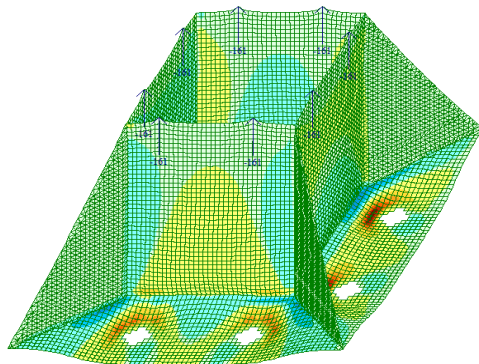


Рисунок 4 – Изополю изгибающих моментов

Выводы

В таблице 2 приведены результаты расчета фланца по различным методикам. Расчетное растягивающее усилие на узел равно $N=1288$ кН. Для узла были приняты: труба их ГСП 180х8, ребра жесткости толщиной $t=8$ мм.

Таблица 2

Методика расчета	Толщина фланца, мм	Относительная материалоемкость, %
Приближенная (методика 1)	36	180
Уточненная, при расчете в упру- гой стадии дефор- мирования (методи- ка 2)[1]	20	100
Расчет фланца в ПК «Ли́ра» 9.6	18	90

Анализ выполненных результатов расчета показывает, что расчет толщины фланца выполненный по ПК «Ли́ра» 9.6 близок к результатам расчета уточненной методики [1]. Приближенная методика расчета дает завышенную толщину фланца и ведет к необоснованному перерасходу металла.

Литература:

1. Бирюлев В.В., Кошин И.И., Крылов И.И., Сильвестров А.В. Проектирование металлических конструкций. Специальный курс. Ленинград 1990.