DOI 10.15593/2409-5125/2018.01.09

УДК 624.014

М.П. Сон

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Наиболее технологичным и в то же время экономичным решением соединения металлических балок с колоннами являются фланцевые соединения. В статье приводятся достоинства фланцевых соединений: высокая надежность, простота монтажа и контроля. Их недостатком является высокая точность изготовления. Показаны различия к подходам проектирования таких соединений в России и за рубежом. Основным отличием является возможность учета пластического деформирования соединений в странах Европы, что значительно снижает металлоемкость. Проблема проектирования фланцевых соединений в России связана с отсутствием действующих норм, регламентирующих правила их расчета. В статье говорится об отличии сортамента металлопроката разных стран, следовательно, методики расчета также могут отличаться. Раскрывается необходимость проведения испытаний на комплексных масштабных моделях узлов соединения балок с колоннами с целью определения их действительных механических свойств, выявления сценариев разрушения, нахождения разрушающих нагрузок. На базе лаборатории строительного факультета ПНИПУ был разработан и изготовлен испытательный стенд, позволяющий испытывать различные конструкции, в том числе фланцевые соединения, как с двусторонним примыканием балок к колонне, так и с односторонним.

Ключевые слова: фланец, узел, колонна, балка, соединение, металлокаркас, болт, натурные испытания, образец, нормы проектирования.

В развитых странах для строительства зданий, в том числе жилого и общественного назначения, доля стальных конструкций сопоставима или превышает долю железобетонных конструкций. Россия по этому показателю сильно отстает, процент строительства жилья на металлокаркасе практически равен нулю. Для сопряжения несущих элементов, например, балок с колоннами разрабатываются узлы, которые могут быть решены как шарнирные или жесткие. В жестких узлах в основном применяются фланцевые¹ соединения (рис. 1).

Главным достоинством использования фланцевых соединений (ФС) является превращение процесса строительства в процесс сборки его элементов путем соединения фланцев болтами. Каркас становится быстро

Сон М.П. Фланцевые соединения в строительных конструкциях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 1. – С. 125–136. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.01.09

Son M. Flange connections in building constructions. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 1. Pp. 125-136. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.01.09

¹ Фланец – плоская деталь прямоугольной или иной формы с отверстиями для болтов, служащая для прочного и жесткого соединения элементов конструкций.

собираемым «конструктором». В Китае такие специально разработанные каркасы-конструкторы собираются в рекордные сроки, известны случаи строительства зданий от рытья котлована до полной отделки под ключ,

Рис. 1. Пример фланцевого соединения балок с колоннами

с размещением мебели всего за несколько дней. Например, на 15-этажный отель ушло 6 дней, на 30-этажный – 15 дней, на 57-этажный – 19 дней. Каркасы с применением фланцевых соединений могут возводиться во всех четырех климатических поясах Российской Федерации. Главное достоинство фланцевых соединений – их высокая надежность, они способны воспринимать проектную нагрузку, включая динамическую, на всех этапах жизненного цикла здания. Описанное выше 30-этажное здание рассчитано на землетрясение магнитудой 9. Также к достоинствам ФС относится простота их контроля [1].

Основными недостатками использования фланцевых соединений в России является сложность их изготовления:

1. Жесткие узлы, решенные посредством фланцевых соединений, требуют высокой точности изготовления. Следствием неточности изготовления конструкции будут являться зазоры между контактными поверхностями фланцев, что может привести к нарушению работы, как стыка, так и каркаса в целом [2]. Одна из главных причин таких неточностей связана с тем, что при приварке фланцев к балкам возникают остаточные сварочные деформации, приводящие к появлению во фланцах грибовидности² [1]. Согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» при искажении плоскости фланцев до 3 мм возможно выравнивание поверхностей путем их фрезеровки с тангенсом скоса не более 0,1. В случае большей депланации фланцев необходимо вводить дополнительные металлические прокладки. После натяжения болтов соединения должны быть исключены зазоры между фланцами (фланцем и полкой колонны). Плотность стыковки контролируется щупом 1/10 мм, который не должен проходить между фланцами.

2. Фланцевые соединения в России требуется выполнять только на высокопрочных болтах, с временным сопротивлением не ниже 1100 МПа. Ограничивается также и сталь болтов – 40Х «селект». В международной

² Грибовидность – дефект сварных листовых металлических конструкций, проявляющийся в выпучивании их элементов.

классификации болт относится к высокопрочным, если его предельное сопротивление разрыву выше 800 МПа. Болты выполняют предварительно натяженными. Натяжение, контролируемое динамометрическим ключом, выполняют на расчетный момент закручивания M :

$$M = N \cdot K \cdot d, \quad (1)$$

где N – проектное усилие натяжения; K – коэффициент закручивания; d – диаметр болта.

3. Необходимо обеспечить K в заданном диапазоне 0,18–0,22. Для этого производят расконсервацию метизов. Сначала болты, гайки и шайбы кипятятся 15 мин в воде, а затем в горячем состоянии обрабатываются смесью, состоящей из 75 % бензина и 25 % минерального масла, что обеспечивает на поверхности метизов тонкую пленку смазки. При обеспечении среднего значения коэффициента закручивания в размере 0,2 и при отсутствии на поверхности болтов ржавчины или других дефектов, в том числе отсутствии смазки болт разрешается к установке.

4. Все установленные в соединения болты подлежат обязательному контролю натяжения.

К сожалению, установленные нормами правила изготовления и монтажа ФС часто игнорируются, что может привести к аварийным последствиям. На рис. 2 показана часть стыковки двух балок, решенной в виде фланцевого соединения. Из-за возникновения грибовидности и отсутствия надлежащей обработки поверхностей фланцы не сошлись на 8 мм, в то время как даже 0,1 мм недопустимо.

Рис. 2. Ошибки изготовления фланцевых соединений, возникновение грибовидности

Также фактором, тормозящим использование ФС, является отсутствие развитого сортамента металлопроката [3], в частности для колонн. Существующему российскому прокату свойственен большой разброс вы-

соты сечения двутавров, что приводит к повышению трудоемкости и значительному усложнению стыковки элементов. Второй проблемой существующего сортамента является минимальная толщина стенки. Это может привести к ее разрыву в растянутой зоне колонны (*e*), потере устойчивости в сжатой зоне (*m*), или сдвигу (*h*) (рис. 3). Для предотвращения таких разрушений необходимо вводить различное сочетание элементов и ребер жесткости, что значительно повышает трудоемкость изготовления стыка. Некоторые варианты таких усилений можно видеть на рис. 4. Как правило, в российской практике их сочетают друг с другом и дополнительно под балку вводят опорный столик. Он служит для резервного восприятия вертикальных сил, передаваемых с балки на колонну.

Зона	Обозн. (место)	Место разрушения
Растяжение	<i>a</i>	Растяжение болтов
	<i>b</i>	Изгиб фланца балки
	<i>c</i>	Изгиб полки колонны
	<i>d</i>	Растяжение стенки балки
	<i>e</i>	Растяжение стенки колонны
	<i>f</i>	Сварной шов верхней полки
	<i>g</i>	Сварной шов стенки балки
Горизонтальный сдвиг	<i>h</i>	Сдвиг стенки колонны
Сжатие	<i>i</i>	Сжатие нижней полки балки
	<i>k</i>	Сварка сжатой полки
	<i>l</i>	Разрушение стенки колонны
	<i>m</i>	Потеря устойчивости стенки колонны
Вертикальный сдвиг	<i>n</i>	Сварной шов стенки балки
	<i>p</i>	Срез болта
	<i>q</i>	Смятие фланца или полки под болтом

Рис. 3. Расчетные зоны узла

Рис. 4. Варианты усиления стенки колонны

Расчет фланцевых соединений в России регламентируется руководствами [4, 5], составленными в дополнение к соответствующим главам

СНиП II-23-81* «Стальные конструкции», справедливых для СП 53-102-2004 «Общие правила проектирования стальных конструкций». Эти руководства выпущены в 1981 и 1988 г. соответственно и являются устаревшими – они не имеют статуса нормативной литературы, а являются справочными материалами. Действующих норм по проектированию фланцевых соединений в России нет! Для полноценного анализа работы ФС необходимо изучить методики расчета других стран [6–8].

Приваренный фланец к балке передает момент путем растяжения в болтах и сжатия на противоположной полке. Если нет продольной силы в балке, две силы равны и противоположны (рис. 5).

Испытания показывают [8], что по предельному состоянию поворот происходит с центром вращения в плоскости или вблизи сжатой полки. Поэтому считается, что сжатие сосредоточено на уровне центра фланца.

Рис. 5. Силы в узле

В основе традиционного представления о работе узла, в том числе в России, лежит гипотеза плоских сечений. Считается: центр поворота фланца балки совпадает с центром нижней полки и сечение при этом остается плоским, что позволяет получить распределение сил по треугольнику (рис. 6). Чем дальше ряд болтов от центра поворота, тем большая сила на него приходится:

$$M = \sum F_{ri} h_i, \quad (2)$$

или в случае треугольного распределения сил в болтах

$$M = \frac{N_{\max}}{h_{\max}} \sum n_i \cdot h_i^2, \quad (3)$$

где $N_{\max}$ – расчетная несущая способность болта; n_i – количество болтов в ряду; $h_{\max}$ – расстояние до наиболее удаленного ряда болтов.

Усилие в болте зависит не только от плеча до точки поворота, но и от сопротивления прилегающих участков узла. Поэтому болты вблизи участков жесткости, таких как полки балки или ребра жесткости, воспринимают большие нагрузки. Максимальное усилие приходится не на наивысший ряд, а на ряд под полкой балки; в следующем вверх ряду усилия начинают убывать. Наличие более одного ряда выше полки не окажет значимого усиления узла.

Рис. 6. Распределение сил в болтах

Напряжения в наиболее нагруженном ряду болтов могут быть переданы соседним рядам, которые имеют запас прочности. Этот принцип лучше описывает фактическую работу узлов.

Распределение усилий в болтах с учетом пластики возможно только в том случае, если допускаются соответствующие деформации.

Если помимо момента в сечении балок действуют продольные силы, то это приведет к изменению длин сжатой и растянутой зоны сечения элементов и изменению положения нейтральной оси, что может привести к смещению центра поворота [1]. Если толщину фланца подбирать из условия прочности, ограничиваясь пределом текучести лишь в крайних фибрах фланца, то она получится значительно завышенной [10].

Для расчета фланцевых соединений используют метод разбиения его на отдельные Т-образные элементы (рис. 7). При этом в Еврокоде Т-образные фланцы рассчитывают по методу предельного равновесия [11, 12], рассматривая возможные сценарии разрушения. В российских рекомендациях Т-образные элементы считаются в упругой стадии.

Рис. 7. Т-образный фланец

При изгибе фланца его торцы плотно прижимаются друг к другу – возникает дополнительное рычажное усилие [2]. Положение равнодействующей рычажного усилия зависит от соотношения толщины фланца к несущей способности болта, а также от геометрии соединения (рис. 8).

Нахождение рычажных усилий Q является сложной задачей. В зависимости от геометрии соединения эти усилия могут изменяться от 0 до 40 % и выше от силы натяжения болта [8]. По этой причине традиционные методы проектирования учитывают их влияние в интервале от 20 до 30 % усилия в болте. Этот подход принят BS 5950 (британские нормы [7]). В табл. 32 этого стандарта определяется несущая способность болта N_b с учетом эффекта рычажных сил.

Рис. 8. Возникновение рычажного усилия

Несущая способность фланцевого соединения сложится из несущей способности отдельных его частей – Т-образных фланцев, которая является минимумом из трех возможных вариантов отказа. В тонких фланцах будет происходить образование пластических шарниров, соединение превратится в механизм до разрушения болтов. Во фланцах средней толщины разрушение в болтах начнется после частичного образования пластических шарниров во фланце [13, 14]. В жестких фланцах (большой толщины) разрушение происходит посредством разрыва болтов [15]. Варианты разрушения Т-образного соединения в зависимости от толщины фланца (1, 2, 3) представлены на рис. 9.

Рис. 9. Возможные режимы отказа соединения в зависимости от толщины фланца

Возникновение пластических деформаций во фланцах необходимо учитывать при моделировании узлов и каркаса в целом [16, 17], так как возрастает деформативность узлов, принимаемых в расчетах жесткими.

В последние годы Россия стремится нарастить долю жилых и общественных зданий на металлокаркасах. Создана ассоциация развития стального строительства АРСС. В области расчета и использования фланцевых соединений мы отстали от передовых стран, таких как Китай, США, Англия и пр.

Применение опыта других стран возможно, но, как правило, он идет в разрез с положениями действующих российских норм [4, 5]. Так, например Еврокод [6] и английские нормы [7] учитывают пластическое распределение усилий в болтах, а отечественные нормы – нет; за расчетное сопротивление болтов разрыву в британской литературе принято для болтов класса прочности 8.8^3 560 МПа [8], в России – 400–450 МПа и сами болты класса 8.8 не являются высокопрочными. В Европе предпочитают принимать болты класса 8.8, реже 10.9 из-за их меньшей пластичности, в России фланцевые соединения выполняют на высокопрочных болтах.

Но главным отличием является сам сортамент металлопроката и решения узлов. Например в Англии, принятые для их сортамента узлы, могут абсолютно не подходить для российского сортамента. В российских тонкостенных двутаврах разрушение может произойти именно по стенке колонны, болты и фланцы при этом останутся целыми.

Создание новых методик расчета ФС невозможно без дополнительных экспериментальных исследований определения их несущей способности [18]. Для возможности корректного проектирования инженером узлов фланцевых соединений удачные и прошедшие испытания решения должны сводиться в таблицы с указанием несущей способности таких узлов, как это делается во многих странах. В СССР была разработана серия типовых узлов для соединений балок и колонн [9], в которой реализован данный подход.

На базе лаборатории строительного факультета ПНИПУ был разработан и изготовлен испытательный стенд (рис. 10), позволяющий испытывать различные конструкции, в том числе фланцевые соединения, как с двусторонним примыканием балок к колонне, так и с односторонним.

Внутри данного стенда при помощи гидравлических домкратов возможно создавать силы до 200 т, прикладываемые к испытуемым моделям.

Проведение натурных экспериментов позволит выявить наиболее слабые места, определить разрушающую нагрузку, уточнить физико-механические свойства материалов для узлов испытания (рис. 11).

³ Класс прочности болта: первая цифра обозначает 0,01 номинальной величины предела прочности на разрыв, измеренную в МПа. В случае класса 8.8 первая 8 обозначает $8 \times 100 = 800$. Вторая цифра – это отношение предела текучести к пределу прочности, умноженному на 10. Из пары цифр можно узнать предел текучести материала $8 \times 8 \times 10 = 640$ МПа.

Рис. 10. Установка испытательного стенда в проектное положение

Рис. 11. Образец ФС для проведения испытаний

Выводы:

1. Фланцевые соединения – наиболее простой и надежный способ жесткого соединения балок с колоннами. На сегодняшний день в России нет действующих норм расчета фланцевых соединений.

2. Заимствование методик расчета фланцевых соединений у стран с более развитой культурой их проектирования может оказаться некорректной в силу разницы используемого сортамента металлопроката. Существующему российскому сортаменту двутавра свойственны тонкие стенки, что должно учитываться при проектировании и расчете узлов.

3. Для создания методик расчета и проектирования ФС необходимо провести комплексные испытания полномасштабных образцов – выявить наиболее слабые места, определить разрушающую нагрузку, уточнить физико-механические свойства узлов.

4. На базе лаборатории строительного факультета ПНИПУ был разработан и изготовлен испытательный стенд, позволяющий испытывать различные конструкции, в том числе фланцевые соединения, как с двусторонним примыканием балок к колонне, так и с односторонним.

5. Важно определить податливость узлов, которая должна учитываться при математическом моделировании всего каркаса.

Библиографический список

1. Катюшин В.В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения. – М.: Стройиздат, 2005. – 450 с.
2. Криксунов Э.З., Перельмутер А.В., Юрченко В.В. Расчетные модели фланцевых соединений рамных узлов металлических конструкций и их программная реализация в SCAD office // Бюллетень строительной техники. – 2010. – № 1. – С. 56–59.
3. Ведяков И.И., Конин Д.В. О совершенствовании отечественных сортовентов двутавровых профилей с параллельными гранями полок для колонн и развитии норм проектирования современных металлических конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. – 2014. – № 3. – С. 50–56.

4. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций / СО «Стальмонтаж»; ВНИПИ «Промстальконструкция»; ЦНИИПСК им. Мельникова. – М., 1988. – 83 с.

5. Руководство по проектированию, изготовлению и сборке монтажных фланцевых соединений стропильных ферм с поясами из широкополочных двутавров / ЦНИИПСК им. Мельникова. – М., 1981.

6. EN 1993-1-8. Eurocode 3. Design of Steel Structures. Part 1.8: Design of joints. CEN, 2005.

7. BS 5950-1:2000. British standard. Structural use of steelwork in building. Part 1: Code of practice for design – Roller and welder sections.

8. Joints in Steel Construction Moment Connections. The Steel Construction Institute, 1997.

9. Серия 2.440-2. Узлы стальных конструкций производственных зданий промышленных предприятий. Вып. 1. Шарнирные узлы балочных клеток и рамные узлы примыкания ригелей к колоннам. Чертежи КМ / ЦИТП Госстроя СССР. – М., 1989. – 80 с.

10. Алпатов В.Ю., Соловьев А.В., Холопов И.С. К вопросу расчета фланцевых соединений на прочность при знакопеременной эпюре напряжений // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 2. – С. 26–30.

11. Sumner E.A., Murray T.M. Behaviour and design of multi-row extended end- plate moment connections // Proceedings of International Conference Advances in Structures (ASCCA'03). – Sydney, 2003.

12. Undermann D., Schmidt B. Moment Resistance of Bolted Beam to Column Connections with Four Bolts in each Row // Proceedings of IV European Conference on Steel and Composite Structures "Eurosteel 2005". – Maastricht, 2005.

13. Pisarek Z., Kozlowski A. End-plate steel joint with four bolts in the row // Proceeding of the International Conference "Progress in Steel, Composite and Aluminium Structures". – London, 2006. – P. 257–826.

14. Design of end plate joints subject to moment and normal force / Z. Sokol, F. Wald, V. Delabre, J.P. Muzeau, M. Svarc // Eurosteel–2002. – Coimbra, Portugal, 2002. – P. 1219–1228.

15. Urbonas K., Daniunas A. Behaviour of steel beam-to-beam connections under bending and axial force // Proceedings of 8th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques". – Lithuania, Vilnius, 2004. – P. 650–653.

16. Cerfontaine F., Jaspart J. P. Analytical study of the interaction between bending and axial force in bolted joints // Eurosteel–2002. – Coimbra, Portugal, 2002. – P. 997–1006.

17. Jaspart J. P General report: session on connections // Journal of Constructional Steel Research. – 2000. – Vol. 55. – P. 69–89.

18. Сон М.П., Конин Д.В. Фланцевые соединения балок с колоннами в стальных каркасах жилых и общественных зданий // Строительная механика и расчет сооружений. – 2015. – № 6. – С. 29–35.

References

1. Katyushin V.V. Zdaniya s karkasami iz stal'nyh ram peremennogo secheniya [Buildings with frameworks of steel frames of variable section]. Moscow: Strojizdat, 2005. 450 p.

2. Kriksunov E.H.Z., Perel'muter A.V., Yurchenko V.V. Raschetnye modeli flancevyh soedinenij ramnyh uzlov metallicheskih konstrukcij i ih programmaya realizaciya v SCAD office [Calculation models of flange connections of frame units of metal structures and their software implementation in SCAD office]. *Byulleten' stroitel'noj tekhniki*, 2010, no. 1, pp. 56–59.

3. Vedyakov I.I., Konin D.V. O sovershenstvovanii otechestvennyh sortamentov dvutavrovnyh profilej s parallel'nymi granyami polok dlya kolonn i razvitiy norm proektirovaniya sovremennyh metallicheskih konstrukcij [On the improvement of domestic grades of I-profiles with parallel faces of shelves for columns and the development of standards for the design of modern metal structures]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij*, 2014, no. 3, pp. 50–56.

4. Rekomendacii po raschetu, proektirovaniyu, izgotovleniyu i montazhu flancevyh soedinenij stal'nyh stroitel'nyh konstrukcij [Recommendations for the calculation, design, manufacture and installation

of flanged joints of steel building structures]. SO Stal'montazh, VNIPI Promstal'konstrukciya, CNIIPSK im. Mel'nikova. M., 1988, 83 p.

5. Rukovodstvo po proektirovaniyu, izgotovleniyu i sborke montazhnyh flancevyh soedinenij stropil'nyh ferm s poyasami iz shirokopolochnyh dvutavrov [Guidelines for the design, manufacture and assembly of flange mounting joints for rafters with belts made of broadband I-bars]. M.: CNIIPSK im. Mel'nikova, 1981.

6. EN 1993-1-8. Eurocode 3. Design of Steel Structures. Part 1.8: Design of joints. CEN, 2005.

7. BS 5950-1:2000. British standard. Structural use of steelwork in building. Part 1: Code of practice for design – Roller and welder sections.

8. Joints in Steel Construction Moment Connections. The Steel Construction Institute. 1997

9. Seriya 2.440-2. Uzly stal'nyh konstrukcij proizvodstvennyh zdaniy promyshlennyh predpriyatij. Vypusk 1. SHarnirnye uzly balochnyh kletok i ramnye uzly primykaniya rigelej k kolonnam [Knots of steel structures of industrial buildings of industrial enterprises]. CHertezhi KM. – CITP Gosstroya SSSR. 1989, 80 p.

10. Alpatov V.YU., Solov'ev A.V., Holopov I.S. K voprosu rascheta flance-vykh soedinenij na prochnost' pri znakoperemennoj ehpyure napryazhe-nij [On the problem of calculating flange connections for strength under an alternating stress diagram] // Promyshlennoe i grazhdan'skoe stroitel'stvo, 2009, no. 2, pp. 26-30.

11. Sumner E.A., Murray T.M. Behaviour and design of multi-row extended end- plate moment connections // Proceedings of International Conference Advances in Structures (ASCCA'03). – Sydney, 2003.

12. Undermann D., Schmidt B. Moment Resistance of Bolted Beam to Column Connections with Four Bolts in each Row // Proceedings of IV European Conference on Steel and Composite Structures "Eurosteel 2005". Maastricht, 2005.

13. Pisarek Z., Kozlowski A. End-plate steel joint with four bolts in the row // Proceeding of the International Conference "Progress in Steel, Composite and Aluminium Structures" // Gizejowski, Kozlowski, Slecza & Ziolk (eds.) / Taylor & Francis Group, London, 2006, pp. 257-826.

14. Sokol Z., Wald F., Delabre V., Muzeau J. P, Svarc M. Design of end plate joints subject to moment and normal force // Eurosteel Coimbra, 2002. – pp. 1219–1228.

15. Urbonas K., Daniunas A. Behaviour of steel beam-to-beam connections under bending and axial force // Proceedings of 8th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques" (Lithuania, Vilnius, May 19-21, 2004) – pp. 650-653.

16. Cerfontaine F., Jaspert J. P. Analytical study of the interaction between bending and axial force in bolted joints // Eurosteel Coimbra, 2002, pp. 997-1006.

17. Jaspert J. P General report: session on connections // Journal of Constructional Steel Research, 2000, vol. 55, pp. 69-89.

18. Son M.P., Konin D.V. Flancevye soedineniya balok s kolonnami v stal'nyh karkasah zhilyh i obshchestvennyh zdaniy [Flanged joints of beams with columns in steel frames of residential and public buildings]. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2015, no. 6, pp. 29-35.

Получено 11.01.2017

M. Son

FLANGE CONNECTIONS IN BUILDING CONSTRUCTIONS

The most manufacturable and at the same time efficient solution for connecting metal beams and beams with columns are flanged connections. In the article the advantages of flange connections, including high reliability, ease of installation and control, as well as their disadvantages, such as the necessary high accuracy of manufacturing are highlighted. The differences between design approaches for such connections in Russia and abroad are shown. The main difference is the possibility of

taking into account the plastic deformation of compounds in the European countries, which significantly reduces metal consumption. The problem of designing flange connections in Russia is connected with the absence of existing standards regulating the rules for their calculation. In the paper the difference of the rolled metal products assortment in different countries is highlighted; accordingly, the calculation methods may vary as well. It is disclosed the need to conduct tests on complex scale models of connections of beams with columns to determine their actual mechanical properties, to identify the destruction scenarios and to find destructive loads. On the basis of a laboratory of the Civil Engineering Faculty of the Perm National Research Polytechnic University a test stand which allows testing various designs, including flange connections, with both double-sided junctions to the column and one-sided ones, has been designed and manufactured.

Keywords: flange, unit, column, beam, connection, metal frame, bolt, full-scale tests, sample, design standards.

Сон Марк Петрович (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и вычислительная механика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mark-son@mail.ru).

Son Mark (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of Department «Constuction structures and computational mechanics», Perm National Research Polytechnical University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: mark-son@mail.ru).