

4. STRUCTURE® magazine [Электронный Ресурс] / STRUCTURE magazine, США, 2017 – Режим доступа: http://www.structuremag.org/?author_name=gerardfeldmann,

5. Suncoast Post-Tension [Электронный Ресурс] / Suncoast Post-Tension, Хьюстон, Техас, США, 2017 – Режим доступа: <https://suncoast-pt.com>, свободный (дата обращения: 15.09.2017)

УДК 624.014

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛТОВ В НОРМАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

БАКШАНСКИЙ И. С., ЖАБИНСКИЙ А. Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь расчет болтовых соединений выполняют в соответствии со СНИП II-23 и ТКП EN 1993-1-8, в Российской Федерации – по СП 16.13330 (свод правил) – актуализированной редакции СНИП II-23, а в странах Евросоюза – по EN 1993-1-8. Общим стандартом, определяющим механические характеристики и химический состав болтов, является ГОСТ ISO 898-1, соответствующий европейскому стандарту ISO 898-1.

Классы прочности болтов. В нормах Республики Беларусь, Российской Федерации И Европейского Союза не наблюдается единой системы в использовании, установленных ISO классов прочности болтов, часть классов, предусмотренных нормами СНИП, СП и EN не рассматривается в действующих нормативных документах на обычные и высокопрочные болты и наоборот. Кроме того, в РБ и РФ для установления характеристик болтов применяются ГОСТы. Так, например, в ГОСТ 22356 маркировка, обозначающая прочностные характеристики, не соответствует требованиям ISO 898-1, где установлено, что на головке болта маркируют его класс прочности, состоящий из двух чисел: число с левой стороны от точки состоит из одной или двух цифр и означает 1/100 от номинального предела прочности в МПа, а число с правой стороны от точки

равняется умноженному на 10 отношению номинального значения предела текучести к номинальному значению предела прочности на растяжение стали болта.

Химический состав болтов. Требования ГОСТ ISO 898-1 к химическому составу сталей для болтов по содержанию углерода, легирующих элементов и вредных примесей (сера, фосфор). Из отечественных сталей для анализа были выбраны марки 10 и 35, соответствующие ГОСТ 1050 – для обычных болтов из углеродистой стали, и стали марок 35X и 40X по ГОСТ 4543 – для высокопрочных болтов из легированной стали.

Химический состав обычных болтов из сталей 10 и 35 и высокопрочных болтов из стали 35X и 40X (высококачественных) в целом соответствует требованиям ГОСТ ISO по содержанию фосфора и серы. Что касается бора, молибдена и ванадия, то их содержание в отечественных нормах не регламентируется. Следует отметить, что повышенное содержание бора уменьшает пластические свойства стали и ухудшает коррозионную стойкость, что важно для болтов климатического исполнения ХЛ.

Нормы СП предполагают выбор материала для болтов на основании действующих норм и стандартов.

При выборе болтов необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ ISO 898-1 к химическому составу стали болтов, гарантирующими их качество.

Классы точности болтов. Классы точности оказывают влияние на способы изготовления отверстий в соединяемых элементах, несоответствие отверстий способствует появлению дополнительных деформаций в соединении, что препятствует одновременному включению болтов в работу. Класс точности определяется разницей диаметров тела болта и отверстия, в которое он устанавливается.

В Республике Беларусь согласно ГОСТ 1759.1 предусматривают использование трех классов точности болтов:

- А и В – для использования в расчетных соединениях;
- С – для использования в нерасчетных соединениях.

Также действует СТБ EN 1090-2 (идентичный EN 1090-2), определяющий номинальный зазор между телом болта и гранью отверстия. В Российской Федерации СП предусматривает использование двух классов точности болтов: А и В, с установлением требуемой разницы в диаметрах болтов и отверстий для каждого класса

соответственно. В странах Евросоюза EN 1993-1-8 не оговаривает классы точности, за исключением ссылок на стандарты, определяющие изготовление болтов классов точности А, В, С. Номинальный зазор между телом болта и гранью отверстия определяется EN 1090-2.

Расположение отверстий для болтов. При расчете соединений расположение отверстий и класс точности болтов учитывается:

– в СНиП (РБ) и в СП (РФ) – коэффициентом условий работы болтов γ_b при проверках на срез и смятие;

– в нормах EN (ЕС) – частными коэффициентами k_1 и α_b при проверке на смятие.

Расстояния между болтами и от болта до края элементов:

– в СНиП и СП минимальные и максимальные расстояния между болтами и от болта до края элементов зависят от диаметра отверстия под болт и толщин соединяемых элементов; работы соединения, где для сжатых элементов учитываются требования устойчивости более тонкого из соединяемых элементов, а для растянутых – из условия плотности пакета для предотвращения внутренней коррозии;

– в EN – от диаметра отверстия под болт для минимальных расстояний и от толщин соединяемых элементов для максимальных расстояний. Ограничения на максимальные расстояния между центрами болтов и от болта до края элементов вдоль и поперек усилия назначаются из условия обеспечения местной устойчивости соединяемых сжатых элементов и гарантии отсутствия коррозии между элементами.

EN так же дополнительно определяет правила размещения овальных отверстий.

Особенности выбора болтов в зависимости от условий эксплуатации. В СНиП II-23 наглядно учитываются условия эксплуатации соединения для выбора классов прочности болтов и их материалов при проектировании.

В СП 16.13330 произведена замена категорий климатических районов температурными диапазонами. Выбор класса прочности болтов и их марок сталей производится на основании условий эксплуатации по СП и по действующим стандартам на болты, и ГОСТ ISO 898-1.

В EN 1993-1-8 выбор класса прочности болтов принимается в зависимости от категории болтового соединения (А, В, С, D, Е, таб.3.2[5]), а также по ссылочным стандартам на болты, и по ISO 898-1.

Согласно СНиП и СП, для фланцевых соединений обязательны к применению высокопрочные болты климатического исполнения ХЛ (испытанные на ударный изгиб, с более ограниченными пределами на содержание углерода и увеличенными значениями относительного сужения).

В нормах СП болты 5.8 при работе на растяжение исключены. Это связано с тем, что данные болты изготавливаются методом холодной высадки без последующей термообработки, вследствие чего стержень болта обладает пониженными пластическими свойствами из-за сильного наклепа материала.

Действующий ГОСТ ISO 898-1 и ISO 898-1 допускают применение крепежных изделий при температурах от -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$, при условии, что они соответствуют его требованиям.

Расчетные сопротивления болтов (несущая способность) в рассматриваемых нормах определяются из величин временного сопротивления материала болта при работе на срез и временного сопротивления материала соединяемых элементов при работе на смятие с учетом своих частных коэффициентов для каждой из норм.

СНиП не рассматривает проверку на одновременную работу болта на срез и растяжение.

СНиП и СП не содержат проверок на вырыв головки болта из элемента и вырыв (выкол) материала элемента.

EN 1993-1-8 устанавливает необходимые критерии прочности болтовых соединений в зависимости от категорий (А, В, С, D, Е), и необходимые проверки, выполнение которых обеспечит должную надежность. В части подбора материалов, учета пониженных температур и сопротивления усталости необходимо пользоваться дополнительными документами: EN 1993-1-1, EN 1993-1-9, EN 1993-1-10.

Для *фрикционных соединений* СНиП и СП имеют аналогичные подходы по расчету. При определении коэффициента трения учитывают способ обработки (очистки) поверхностей, способ контроля натяжения болтов, размеры отверстий и вид нагрузки, действующей на соединение (статическая или динамическая).

СП и EN учитывают снижение расчетного сопротивления сдвигу поверхностей трения при действии на соединение усилия, вызывающего растяжение болтов.

EN не корректирует значение количества болтов в зависимости от их числа в соединении, как это делают СНиП и СП вводом коэффициента условий работы, но учитывает вид отверстий и направление действия усилия.

Фланцевые соединения. Расчет фланцевых соединений в Республике Беларусь и Российской Федерации выполняют в соответствии с «Пособием по проектированию стальных конструкций» к СНиП II-23 (ЦНИИСК им. Кучеренко). Сам документ Свода правил РФ не содержит рекомендации к расчету фланцевых соединений, кроме приведенной в нем информации.

В EN 1993-1-8 имеется информация о расчете фланцевых соединений, расчетную способность которых следует определять, как T-образного элемента.

Выводы:

1. Сравнивая нормы проектирования болтовых соединений Республики Беларусь, Российской Федерации и стран Евросоюза нельзя говорить о недостаточной эффективности каких-либо из них. Все рассмотренные нормы на практике показали свою эффективность, выраженную в надежности, безопасности и долговечности запроектированных и построенных по ним конструкций.

2. Наиболее подробно работу болтов в соединении описывает EN, включая, помимо отмеченных факторов, учет линейных и пластических форм распределения усилий в узле, расчеты соединений с применением таких крепежных деталей, как инъекционные болты, болты с потайной головкой, заклепки и штифты, оговаривает случаи комбинированных соединений, в которых болты работают совместно со сварными швами.

3. При использовании СНиП при расчете болтовых соединений необходимо использовать ТНПА, заменяющие устаревшие, а также документы, гармонизированные с ГОСТ ISO 898-1, СТБ EN 1090-2, что объясняет некоторую несогласованность требований СНиП и действующих ТНПА в отношении характеристик материалов и изделий.

4. СП разработан на основе СНиП с включением некоторых требований EN (например, учет растяжения болтов в фрикционных

соединениях или учет совместного действия растяжения и среза) в несколько иной форме, чем в EN. Проблема гармонизации и адаптации российских норм по расчету болтовых соединений с европейскими остается в целом такой же, как и для СНиП.

5. Для норм Республики Беларусь и Российской Федерации общим стандартом, определяющим химические и механические характеристики болтов, является ГОСТ ISO 898-1, соответствующий европейскому стандарту ISO 898-1. Использование указанного стандарта позволяет гармонизировать и расширить область применения болтовых соединений.

6. По СНиП и СП выбор сталей для болтов должен производиться с учетом требований ISO 898-1, также, как и в EN. EN предусматривает использование спокойных сталей и содержит ссылки на обязательные для применения документы, регламентирующие учет отрицательных температур и усталостных воздействий.

7. Эффективность проектирования соединений напрямую зависит от согласованности применяемых норм между собой, их доступности, от свойства однозначной трактовки их положений, способности принимаемых по ним расчетных моделей описывать реальную работу узлов и соединений с учетом современных возможностей вычислительной техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-23-81* «Стальные конструкции».
2. Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81* ЦНИИСК им. Кучеренко.
3. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*».
4. ТКП EN1993-1-1-2009* «Проектирование стальных конструкций. Общие правила и правила для зданий».
5. ТКП EN 1993-1-8-2009* «Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений».
6. ТКП EN 1993-1-9-2009* «Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность».
7. ТКП EN 1993-1-10-2009* «Проектирование стальных конструкций. Часть 1-10. Свойства трещиностойкости и прочности материалов в направлении толщины проката».