

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Соединение на болтах на сегодня является основным способом сопряжения элементов. Такой способ позволяет быстро и точно производить монтаж с минимальным набором оборудования.

Болтовые соединения различают по классам прочности: соединения, работающие на сдвиг и соединения, работающие на растяжение.

Таблица 1 – Классы прочности болтовых соединений

Категория	Критерий	Примечание
Соединения, работающие на сдвиг		
А Срезное соединение	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Предварительное натяжение не требуется. Могут использоваться болты классов 4.6–10.9
В Фрикционное соединение в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{vs,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Следует применять болты класса 8.8 или 10.9 с предварительным натяжением.
С Фрикционное соединение в предельном состоянии по несущей способности	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	Следует применять болты класса 8.8 или 10.9 с предварительным натяжением.
Соединения, работающие на растяжение		
Д Соединение без предварительного натяжения болтов	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Предварительное натяжение не требуется. Могут использоваться болты классов 4.6–10.9
Е Соединение с предварительным натяжением болтов	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Следует применять болты класса 8.8 или 10.9 с предварительным натяжением

Способы обработки высокопрочных болтов по классу поверхностей трения по ТКП EN 1993-1-8-2009 и по СП 5.04.01-2021 отличаются.

Различия между двумя стандартами заключаются прежде всего в подходах к расчету и требованиям к безопасности. В СП 5.04.01-2021 более подробно описывается поведение болтов при различных условиях эксплуатации, в том числе при сдвиговых, изгибных и крутящих нагрузках, что позволяет более точно выбирать оптимальный тип болтов для конкретной конструкции.

В СП 5.04.01-2021 уделено больше внимания требованиям к качеству материалов, из которых изготавливаются болты, что также важно для обеспечения безопасности конструкций.

В целом, как СП 5.04.01-2021, так и ТКП EN 1993 являются важными руководящими документами при выборе и проектировании болтов для конструкций, однако в выборе оптимальных болтов для конкретной конструкции рекомендуется учитывать требования обоих стандартов.

Таблица 2 – Значения коэффициента трения  $\mu$

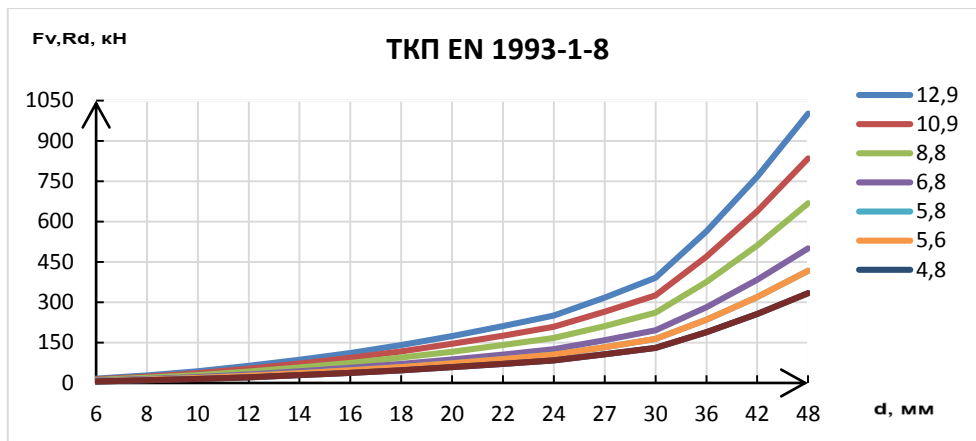
Класс поверхностей трения	Обработка поверхности по ТКП	Коэффициент трения $\mu$
А	Поверхности, продуваемые дробью или песком, с удаленной сыпучей ржавчиной, без коррозионных язв	0,5
В	Поверхности, продуваемые дробью или песком: а) с металлизированным напылением продуктов на основе алюминия или цинка; б) с щелочной цинковой силикатной краской толщиной от 50 мкм до 80 мкм	0,4
С	Поверхности, очищаемые проволочной щеткой или с помощью газопламенной очистки, с удаленной сыпучей ржавчиной	0,3
Д	Поверхности в состоянии после прокатки	0,2

Таблица 3 – Коэффициенты трения  $\mu$

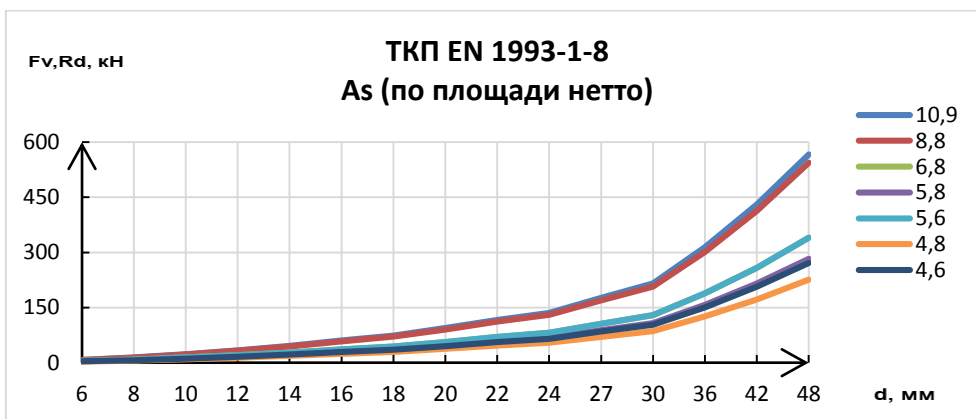
Обработка поверхности СП	Коэффициент трения $\mu$
Дробеметный или дробеструйный двух поверхностей без консервации	0,58
Дробеметный или дробеструйный двух поверхностей с консервацией	0,5
Одна поверхность — дробью с консервацией полимерным клеем и посыпкой карборундовым порошком, другая — стальными щётками без консервации	0,5
Газопламенный двух поверхностей без консервации	0,42
Стальными щётками двух поверхностей без консервации	0,35
Без обработки	0,25

По ТКП EN 1993-1-8 расчет на срез по одной поверхности производится, когда плоскость среза проходит через гладкую часть болта и через резьбовую часть болта. По СП расчёт производится только тогда, когда плоскость среза проходит через гладкую часть болта.

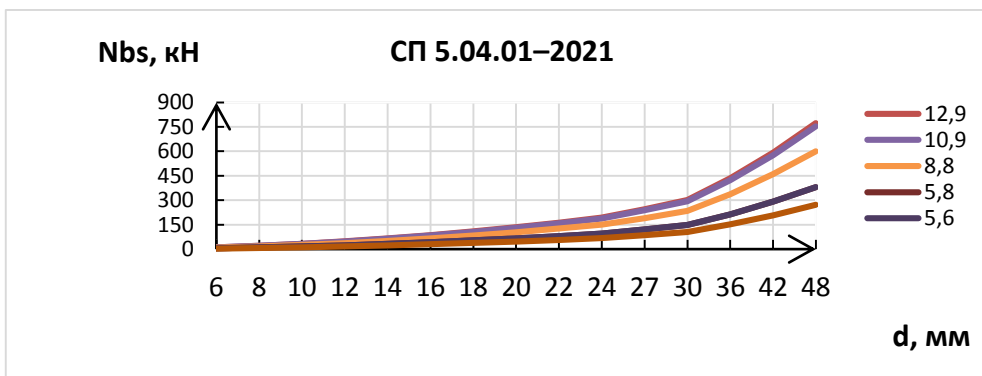
Сравнение болтов по этим стандартам показывает, что ТКП EN 1993 устанавливает более жесткие требования к прочности материала, чем СП 5.04.01-2021. В частности, ТКП EN 1993 требует, чтобы болты имели высокую механическую прочность и обеспечивали надежную фиксацию соединений. С другой стороны, СП 5.04.01-2021 включает требования к надежности и долговечности болтовых соединений, а также к размерам и форме болтов. Это позволяет обеспечить высокое качество металлоконструкций и их безопасность в эксплуатации. Результаты представлены на графиках.



*Рисунок 1 – Плоскость среза проходит через гладкую часть болта*



*Рисунок 2 – Плоскость среза проходит через резьбовую часть болта*



*Рисунок 3 – Плоскость среза проходит через гладкую часть болта*

Вывод. Несущая способность болтов, рассчитанная по ТКП EN 1993, выше, чем по СП 5.04.01-2021.

#### Список цитированных источников

1. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–8. Расчет соединений: ТКП EN 1993-1-8-2009. Еврокод 3. – Минск : МАиС РБ, 2009. – 133 с.
2. Стальные конструкции: СП 5.04.01-2021. – Минск : МАиС РБ, 2021. – 153 с.