

РАЗДЕЛ II. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 624.073

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ НА СДВИГ СОЕДИНЕНИЯ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ СОГЛАСНО СТБ ЕН

БАРАНЧИК А. В., БАРАНЧИК В. Г.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Высокопрочные болты с регулируемым натяжением в настоящее время получили большое распространение.

Несущая способность соединения зависит от количества плоскостей сдвига, коэффициента трения, напряжения болтов и их числа. Для работы в соединениях используют высокопрочные болты.

К монтажным соединениям на высокопрочных болтах с контролируемым натяжением относятся: фрикционные или сдвигоустойчивые соединения, в которых внешние усилия воспринимаются за счет сопротивления сил трения, возникающих по контактным плоскостям соединяемых элементов от предварительного натяжения болтов; фрикционно-срезные соединения, в которых внешние усилия воспринимаются, главным образом, за счет преодоления сопротивления сжатию фланцев от предварительного натяжения высокопрочных болтов.

В сдвигоустойчивых соединениях не происходит взаимного смещения соединяемых элементов, сдвигающие усилия воспринимаются только силами трения, а сами сильно натянутые болты непосредственного участия в передаче усилий не принимают. Цилиндрическая поверхность болта даже не касается внутренней поверхности отверстий в элементах узла. В этом главное отличие от соединений с болтами нормальной и повышенной точности.

В настоящей работе рассматриваются фрикционные соединения на болтах с контролируемым натяжением, с подготовкой поверхности и с использованием специальных составов для увеличения тре-

ния, выполненные на высокопрочных болтах с контролируемым натяжением при соединении стальных элементов, имеющих цинковое покрытие.

Необходимость устройства цинкового покрытия вызвана необходимостью эксплуатации конструкций в агрессивных средах. Работа выполнялась по заказу ЗАО «Струнные технологии».

Болтовые соединения при соответствующей предварительной затяжке болтов передают за счет сил трения, возникающих между плоскостями сдвига, определенное усилие, F :

$$F = f \cdot P \cdot n,$$

где F – сила трения, кН;

f – коэффициент трения;

P – усилие затяжки болта, кН;

n – число болтов в соединении.

В сдвигоустойчивых соединениях расчетное усилие, которое может быть воспринято каждой поверхностью трения соединяемых элементов, стянутых одним высокопрочным болтом, определяется по формуле:

$$Q_{bh} = f_{ub} \cdot \gamma_b \cdot A_{bh} \cdot (\mu / \gamma_h),$$

где f_{ub} – номинальное значение временного сопротивления материала болта, МПа;

A_{bh} – площадь сечения болта, мм²;

μ – коэффициент трения;

γ_h – коэффициент надежности (табл. 7.8);

γ_b – коэффициент условий работы соединения, зависящий от числа болтов, необходимых для восприятия расчетного усилия.

Число n высокопрочных болтов в сдвигоустойчивом соединении, необходимых для восприятия действующего продольного усилия N , определяется по формуле:

$$n > N / \gamma_c Q_{bh},$$

где γ_c – коэффициент условий работы при расчете на прочность.

Номинальное минимальное усилие предварительного натяжения $F_{p,c}$ определялось согласно СТБ EN 1090-2-2013 по формуле:

$$F_{p.c} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_s,$$

где f_{ub} – номинальное значение временного сопротивления материала болта;

A_s – площадь сечения болта нетто.

Исследуемые образцы состояли из стальных пластин толщиной 16 мм с цинковым покрытием толщиной 200 мкм, нанесенным методом горячего оцинкования, соединенные при помощи высокопрочных болтов передающим нагрузку за счет сил трения.

Для болтов с контролируемым натяжением приняты болты класса 10.9 класса точности В, диаметром 16 мм. Номинальное минимальное усилие предварительного натяжения $F_{p.c}$ принято 110 кН. Количество болтов в соединении 4 шт. Контроль натяжения болтов производился по значению крутящего момента $M_{r,i}$, который прикладывался при затяжке гайки.

Значения момента закручивания $M_{r,i}$, используемые для создания номинального минимального усилия предварительного натяжения $F_{p.c}$, определяют для каждого типа комплекта болта и гайки, основанные на классе, декларируемом изготовителем:

Болты затягивались динамометрическим ключом с соответствующим рабочим диапазоном. Использовался ручной динамометрический гаечный ключ. Момент затяжки гаек – $M_{r,i}$ равен 330 Н·м при $k_{md} = 0,175$.

Натяжения болтов по моменту закручивания проводилось в два этапа:

а) первый этап натяжения: гаечный ключ устанавливался на значение момента закручивания, приблизительно равное $0,75M_{r,i}$;

б) второй этап натяжения: гаечный ключ устанавливался на значение момента закручивания, равного $1,10M_{r,i}$.

Момент затяжки болтов, контролируемый перед испытаниями, составил $330 \div 350$ Н·м.

Образцы для испытаний представлены на рисунке 1. Вид образцов при проведении испытаний представлен на рисунке 2.

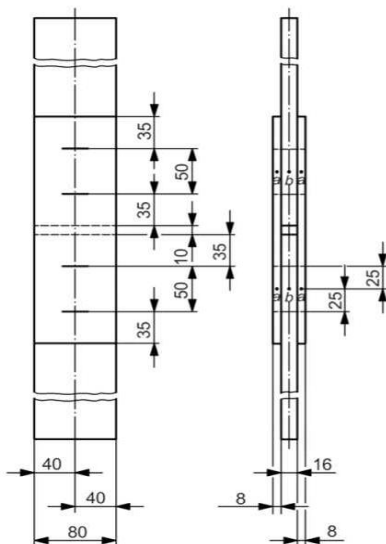


Рис. 1. Образцы для испытаний по определению коэффициента трения



Рис. 2. Образец № 2 в испытательной машине

Исследование образцов проводились на машине разрывной модернизированной для статических испытаний Р-100М. Машина позволяет выполнить построение диаграммы нагрузка-деформация,

произвести автоматическое нагружение образцов по заранее заданной диаграмме с заданной скоростью, имеется возможность длительного нагружения образца с заданным усилием. Данные возможно импортировать на компьютер.

Испытания проводились на семи образцах. Четыре первых образца нагружались с нормальной скоростью (продолжительность испытаний – приблизительно от 10 до 15 мин). Три оставшихся образца испытывались на ползучесть.

Сдвиг соединяемых деталей измерялся отдельно для каждого края образца. Для контроля сдвига в соединении на первых четырех образцах устанавливались 8 индикаторов часового типа ИЧ-10. Для каждого края величина сдвига принималась по среднему значению смещения пластин на обеих сторонах образца.

Жесткость соединения на сдвиг F_{Si} характеризуется нагрузкой, при которой деформация сдвига составляла согласно СТБ EN 1090-2-2013 – 0,15 мм. Следует отметить, что сдвиг образцов происходил моментально со смещением более 0,5 мм.

Шестой испытываемый образец нагружался до значения, равного 90 % средней сдвиговой нагрузки F_{Sm} .

Значения коэффициента трения μ_i определялись по формуле

$$\mu_i = \frac{F_{Si}}{4F_{p.c}}.$$

Среднее значение сдвиговой нагрузки F_{Sm} и ее стандартное отклонение S_{Fs} определялось по формулам:

$$F_{Sm} = \frac{\sum F_{Si}}{n}.$$

Стандартное отклонение сдвиговой нагрузки составило:

$$S_{Fs} = \frac{(F_{Si} - F_{Sm})^2}{(n - 1)}.$$

Среднее значение коэффициента трения μ_m и его стандартное отклонение S_{μ} определялось по формулам:

$$\mu_{sm} = \frac{\sum \mu_{si}}{n};$$

$$S_{\mu s} = \frac{\sqrt{S}(\mu_i - \mu_s)^2}{(n-1)}.$$

По результатам испытаний получены следующие значения:

№ п/п	F_{Si} , кН	F_{Sm} , кН	S_{Fs} , кН	μ_i	μ_{sm}	$S_{\mu s}$
1	298	296,5	17,6	0,677	0,683	0,000149
2	301			0,684		
3	302			0,686		
4	285			0,648		

Характеристическое значение коэффициента трения для испытаний на ползучесть принималось равным среднему значению μ_{sm} за вычетом стандартного отклонения, умноженного на 2,05. По данному значению вычислена сдвиговая нагрузка F_s , на которую проводились испытания пятого образца.

Начальная нагрузка на образцы для испытания на ползучесть принята 260 кН. При нагружении пятого образца деформации сдвига фиксировались при помощи индикаторов многооборотных с ценой деления 0,001 мм. Показания по индикаторам снимались через 5 минут после нагружения (условный ноль) и далее через 15 минут.

При испытании шестого образца на 30 минуте нагружения деформации сдвига составили 0,05 мм и превысили 0,002 мм (предельное значение по СТБ EN 1090-2-2013).

Нагрузка на седьмой образец для испытания на ползучесть составила 240 кН. При нагружении седьмого образца деформации сдвига на 180 минуте испытаний составили 0,0017 мм и таким образом образец прошел испытания.

Для этой нагрузки был вычислен коэффициент трения $\mu_i = 0,545$ и данная нагрузка принята как сдвиговая нагрузка F_s .

Но по СТБ EN 1090-2-2013 возможно назначить сдвиговую нагрузку по формуле $F_s = 0,9 F_{Sm}$.

Как видно из результатов проведенных исследований назначение данной нагрузки для соединений выполненных на болтах с контро-

лируемым натяжением стальных элементов, имеющих цинковое покрытие является завышенной. Для назначения сдвиговой нагрузки F_S следует использовать статистический метод. Данные исследования явились продолжением серии испытаний стальных элементов, имеющих цинковое покрытие. При применении специальных составов коэффициент трения в соединении увеличивается и при этом повышается нагрузка, которую может передать соединение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТБ EN 1090-2-2013. «Возведение стальных и алюминиевых конструкций. Часть 2. Технические требования к стальным конструкциям», Минск., 2013 г.

УДК 624

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

БОГУШ Л. И., БОНДАРЬ В. В.

Филиал БНТУ «Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала»

Введение. Разработка новых и совершенствование старых нормативных документов в области строительства занимало и продолжает занимать важную, особую роль в деятельности строительной отрасли Республики Беларусь. Это связано не только с необходимостью повышения надежности конструктивных элементов, что безусловно, является наиболее важным в процессе проектирования, возведения и эксплуатации здания и сооружений. В настоящее время этого требует складывающаяся, непростая экономическая ситуация в строительной отрасли. И поэтому рядом с концепцией надежности, изложенной в СН 2.01.01-2019 [1], встает вопрос о разработке максимально эффективных конструктивных решений, которые бы позволили при наименьшей стоимости элементов максимально использовать их прочностные и геометрические характеристики.