

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

III издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 11-13 сентября 2007 г., г. Хисар, Республика Болгария

Согласовано совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу с 23 по 26 октября 2007 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено XXIII заседанием Конференции Генеральных директоров (ответственных представителей) железных дорог ОСЖД 27 апреля - 1 мая 2008 г., г. Тегеран, Исламская Республика Иран

Дата вступления в силу: 1 мая 2008 г.

Примечание:

- теряет силу II издание Памятки Р 771 от 29.06.1981 г.;
- Памятка имеет обязательный характер для железной дороги УЗ

O+P
771

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, СОДЕРЖАНИИ И УСИЛЕНИЮ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации могут быть использованы для разработки нормативных документов на применение высокопрочных болтов при строительстве новых, а также при содержании, ремонте и усилении эксплуатируемых металлических пролетных строений железнодорожных мостов.

1.2. Высокопрочные болты, как правило, следует применять для устройства фрикционных соединений, в которых передача усилий осуществляется только силами трения по соприкасающимся поверхностям соединяемых деталей.

1.3. Фрикционные соединения разрешается применять в конструкциях мостов всех видов и назначений при любых силовых воздействиях.

2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫСОКОПРОЧНЫМ БОЛТАМ, ГАЙКАМ И ШАЙБАМ

2.1. Высокопрочные болты и гайки для мостовых конструкций рекомендуется изготавливать из среднеуглеродистых легированных сталей с временным сопротивлением в пределах 1100-1700 МПа, пределом текучести 750-850 МПа и относительным удлинением 6-8%.

Для повышения прочности высокопрочные болты и гайки должны подвергаться термической обработке.

Величины временного сопротивления и твердости металла болтов и гаек после термической обработки устанавливаются в соответствии со стандартами, техническими условиями или другими нормативными документами соответствующих стран.

2.2. В мостах рекомендуется применять болты с номинальным диаметром 18, 20, 22, 24, 27мм и длиной в пределах от 40 до 300мм. При необходимости допускается при соответствующем обосновании применение болтов диаметром более 27 мм.

2.3. Высокопрочные болты изготавливаются с шестигранной головкой и шестигранными гайками нормальной точности. Болты и гайки должны иметь нормальную метрическую резьбу с крупным шагом (от 2,5 до 3 мм), увеличенные размеры "под ключ" и увеличенные размеры головок болтов и гаек по высоте, по сравнению с обычными болтами аналогичных диаметров.

На каждый болт должна быть нанесена маркировка (клеймо), форма которой определяется стандартами, техническими условиями или другими нормативными документами соответствующих стран.

2.4. Шайбы для высокопрочных болтов рекомендуется изготавливать из углеродистых сталей с временным сопротивлением 380-470 МПа. Для повышения твердости шайбы рекомендуется цементировать.

Твердость готовых шайб должна быть в пределах от 35 до 46,5 единиц Роквелла по шкале С.

Размеры шайб в зависимости от диаметра болтов принимаются по нормам соответствующих стран.

2.5. Качество высокопрочных болтов, гаек и шайб, их соответствие стандартам, техническим условиями или другими нормативным документам контролирует предприятие-изготовитель. Кроме этого обязательно проводится входной контроль качества этих изделий строительной организацией, которая их применяет.

2.6. Правила упаковки, формы сопроводительной документации способы транспортирования высокопрочных болтов, гаек и шайб принимаются в соответствии со стандартами соответствующих стран.

3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ.

3.1. При определении усилий в элементах конструкций фрикционные соединения на высокопрочных болтах следует рассматривать как неподатливые.

Распределение продольного усилия между болтами прикрепления элемента принимаются равномерными. Каждая часть элемента (с учетом ее ослабления) должна быть прикреплена достаточным количеством болтов.

3.2. Расчет на прочность стыковых накладок, элементов ферм и поясов сплошных балок, как сжатых, так и растянутых следует производить по сечению нетто с учетом, что 50% усилия, приходящегося на каждый болт в рассматриваемом сечении, уже передано силами трения.

Расчет элементов с соединениями на высокопрочных болтах на выносливость, устойчивость и жесткость производят по сечению брутто.

3.3. Расчетная несущая способность одного болта по одному рабочему контакту соприкасающихся частей соединения (расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом соединения) при расчете по предельным состояниям определяется по формуле:

$$T = kmNf \quad (1),$$

где:

k - коэффициент однородности (надежности) согласно табл. 3.1;

N - нормативное значение усиления натяжения болта;

f - нормативное значение коэффициента трения по соприкасающимся поверхностям деталей соединения;

m - коэффициент условий работы, учитывающий уменьшение натяжения болтов в процессе эксплуатации вследствие релаксации напряжений, $m = 0,95$.

Таблица 3.1

Обработка контактных поверхностей	k при числе болтов в соединении:	
	менее 20	20 и более
Пескоструйная, дробеструйная	0,66	0,76
Удаление окалины с нанесением фрикционного грунта	0,76	0,84
Газопламенная	0,57	0,70
Металлическими щетками	0,50	0,64

При расчете по допускаемым напряжениям допускаемое усилие, воспринимаемое одним болтом по одному рабочему контакту, определяется по формуле:

$$T = \frac{Nf}{K_1} \quad (2),$$

где K_1 - коэффициент запаса, принимаемый по техническим условиям соответствующих стран.

3.4. Нормативные усилия натяжения высокопрочных болтов следует применять по нормативным документам соответствующих стран.

3.5. Среднестатистические нормативные коэффициенты трения f по контактными поверхностям соединяемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей в зависимости от способа обработки поверхностей рекомендуется принимать согласно табл. 3.2.

Нормативные значения коэффициентов трения

Таблица 3.2.

№№ пп	Обработка контактных поверхностей	f
1	Пескоструйная	0,58
2	Дробеструйная	0,47
3	Удаление окалины и нанесение фрикционного грунта	0,50
4	Газопламенная	0,42
5	Металлическими щетками	0,35

3.6. Расчетная фрикционная несущая способность (допускаемое усилие) высокопрочных болтов, подвергавшихся воздействию внешних перерезывающих и растягивающих сил (например, в креплениях поперечных балок к главным фермам и продольных балок к поперечным через фланцевые уголки) определяется по формулам:

- при расчете по предельным состояниям

$$T = (N - \xi P) f m \kappa \quad (3)$$

- при расчете по допускаемым напряжениям

$$T = \frac{(N - \xi P)}{K_1} f \quad (4),$$

где:

N, f, m, κ, K_1 обозначают те же величины, что и в формулах 1 и 2;

P - приходящаяся на болт внешняя отрывающая сила;

ξ - коэффициент, учитывающий перераспределение действующих на крепление отрывающих сил между болтом и деталями стягиваемого им пакета, а также влияние сил реактивного отпора изгибным деформациям, соединительных уголков со стороны соединяемых элементов.

Значение коэффициента ξ определяется по таблице 3.3 в зависимости от толщины полок фланцевых уголков и от расстояния от обушка уголка до оси болта.

Таблица 3.3

Толщина фланцевых уголков	Значение коэффициента ξ при расстоянии до оси болта, мм			
	50	60	75	85
12	0,36	0,30	0,20	0,15
16	0,45	0,40	0,30	0,25
20	0,50	0,45	0,35	0,30
30	0,55	0,50	0,40	0,35

Примечание: Промежуточные значения следует определять по интерполяции.

3.7. Болты, подвергающиеся воздействию внешних отрывающих сил, следует проверять на прочность и выносливость.

3.8. При проектировании соединений на высокопрочных болтах должна быть обеспечена возможность свободной постановки болтов, закручивания гаек динамометрическими ключами и гайковертами и плотного стягивания соединяемых деталей.

3.9. Номинальный диаметр отверстий может превышать номинальный диаметр болтов на 1-3 мм. Отверстия должны только просверливаться.

3.10. Соединения на высокопрочных болтах следует проектировать по возможности компактными.

3.11. Количество болтов в прикреплениях связей главных ферм и связей между продольными балками должно быть не менее двух. Число рядов высокопрочных болтов в полунакладках стыков вдоль усилия должно быть также не менее двух.

В прикреплениях, диагоналей соединительных решеток между ветвями составных сечений элементов главных ферм допускается применение одного болта.

4. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

4.1. Производство работ по устройству соединений на высокопрочных болтах включает следующие технологические операции:

- подготовку контактных поверхностей элементов и деталей;
- подготовку высокопрочных болтов, гаек и шайб;
- сборку соединений;
- натяжение высокопрочных болтов;
- контроль и приемку соединений.

4.2. Подготовка контактных поверхностей

Рабочие контактные поверхности соединяемых элементов (концы элементов в пределах соединения, фасонки, накладки и прокладки стыков) рекомендуется подготавливать одним из ниже перечисленных способов:

- пескоструйной или дробеструйной очисткой;
- газопламенной очисткой;
- очисткой металлическими щетками;
- дробеструйной очисткой.

Очищенные контактные поверхности могут покрываться специальными фрикционными покрытиями, что обеспечивает высокий и стабильный коэффициент трения.

Способ подготовки контактных поверхностей и состав клеефрикционных покрытий устанавливается проектом.

4.3. Перед очисткой с контактных поверхностей из болтовых отверстий следует удалить заусенцы, а также другие дефекты, препятствующие плотному прилеганию элементов.

4.4. При пескоструйной (дробеструйной) обработке прокатная окалина и ржавчина должны быть полностью удалены с образованием однородной поверхности металла светло-серого цвета. Остатки песка и пыли с поверхностей следует удалять сжатым воздухом или чистой волосяной щеткой.

4.5. Газопламенную очистку контактных поверхностей рекомендуется производить кислородно-ацетиленовым пламенем с последующим удалением образовавшихся продуктов сгорания способами согласно п.4.2. Допускается применение других видов горючего .

4.6. Перед очисткой металлическими щетками с контактных поверхностей рекомендуется вначале удалить имеющиеся жировые пятна, прогревом газопламенной горелкой или протиркой ветошью, смоченной растворителем (уайтспиритом, ацетоном, бензином). После обработки металлическими щетками с контактных поверхностей следует удалить сжатым воздухом или волосяной щеткой остатки отслоившейся окислы, пыли и ржавчины.

4.7. Для консервации контактных поверхностей элементов мостовых конструкций в качестве фрикционных покрытий рекомендуется применять:

- протекторные грунтовки на основе эпоксидных смол абразивными материалами (карборундом, цинковым порошком и др.) в качестве наполнителя или присыпки
- цинк - силикатные краски и грунты;
- металлизацию поверхности электронапылением цинка, алюминия или их сплавов.

Перед нанесением фрикционных покрытий контактные поверхности должны быть очищены пескоструйной или дробеструйной обработкой.

Консервацию можно осуществлять как в заводских условиях, так и на строительных площадках.

4.8. Фрикционные грунты и краски рекомендуется наносить пневматическими краскораспылителями слоем толщиной 60-80 мкм.

Высохшая пленка покрытия должна иметь серый матовый цвет и хорошее сцепление с металлом. Подтеки, пузыри, морщины, сорность, неокрашенные места и другие дефекты не допускаются.

4.9. Повторную обработку контактных поверхностей следует производить в следующих случаях:

- при попадании на контактную поверхность грязи, масла и краски;
- при несоблюдении сроков сборки соединений.

Повторную обработку контактных поверхностей разрешается не производить в случаях попадания на контактные поверхности атмосферных осадков или конденсации водяных паров.

4.10 Подготовка высокопрочных болтов, гаек и шайб.

Высокопрочные болты, гайки и шайбы должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и иметь сертификат завода-изготовителя.

4.11. Болты, гайки и шайбы перед постановкой их в конструкцию следует очистить от заводской консервационной смазки, случайных загрязнений, ржавчины. После очистки резьба высокопрочных болтов должна быть прогнана провертыванием гайки так, чтобы гайка навинчивалась на резьбу болта от руки по всей длине нарезки.

4.12. Перед установкой болтов в конструкцию резьбы и опорную поверхность гаек следует слегка смазать жидким минеральным маслом.

4.13. Сборку соединений и натяжение всех высокопрочных болтов соединения до нормативных усилий следует производить в минимальные сроки, но не более чем через трое суток после подготовки (очистки) контактных поверхностей. В случае, если контактные поверхности подготовлены консервацией фрикционными покрытиями, сборка соединений может осуществляться при сроке хранения элементов до года после нанесения покрытий.

4.14. Сборку соединений на высокопрочных болтах рекомендуется производить в следующем порядке:

- совмещают отверстия и фиксируют взаимное положение элементов и деталей соединения с помощью монтажных пробок;
- устанавливают в свободные отверстия высокопрочные болты и производят их натяжение до нормативных усилий;
- проверяют плотность стягивания пакета и производят герметизацию соединения;
- извлекают пробки, в освободившиеся отверстия ставят высокопрочные болты и затягивают их до нормативных усилий.

4.15. Не допускается стыковать элементы конструкций с отклонениями по размерам и форме в зоне стыка, превышающих требования строительных норм и правил соответствующих стран.

Точность совпадения монтажных отверстий для высокопрочных болтов должна обеспечивать геометрические размеры конструкции в пределах установленных для

них допусков строительными нормами и правилами, в том числе для строительного подъема. Допускается несовпадение монтажных отверстий (чернота), не препятствующее свободной постановке болтов.

4.16. Собранные соединения после проверки плотности стягивания пакетов защищают от попадания влаги на контактные поверхности. С этой целью по контуру соединений наносят густотертую краску, а щели в местах перепада толщин и зазоры в стыках шпаклюют.

4.17. Для натяжения высокопрочных болтов могут применяться как ручные динамометрические ключи, так и механические (пневматические или электрические) гайковерты, обеспечивающие регистрацию крутящих моментов с точностью не ниже $\pm 5\%$. Ключи и гайковерты должны подвергаться соответствующей тарировке.

4.18. Натяжение высокопрочных болтов до нормативных усилий допускается производить одним из двух способов:

- закручиванием гайки с приложением нормативной величины крутящего момента,
- поворотом гайки на заданный угол от фиксируемого начального положения.

4.19. Нормативную величину прикладываемого к гайке крутящего момента (в кНм) определяют по формуле:

$$M = k_2 N d ,$$

где:

N - нормативное усилие натяжения болта, кН;

d - номинальный диаметр болта, мм;

k_2 - коэффициент закручивания, равный 0,17.

Технология натяжения болтов методом поворота гайки на заданный угол и величины нормативных углов поворота устанавливаются нормами соответствующих стран

4.20. Натяжение болтов в соединении следует производить в направлении от центра узла к периферии. После затяжки всех болтов соединения следует проверить натяжение ранее поставленных болтов, которые могут ослабнуть после затяжки соседних болтов.

5. КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА РАБОТ

5.1. Для проверки качества работ по устройству соединения на высокопрочных болтах следует применять пооперационный контроль. Контролю подлежит: состояние динамометрических ключей и гайковертов; качество подготовки высокопрочных болтов, гаек, шайб; способы, сроки и качество подготовки контактных поверхностей элементов; плотность стягивания пакетов; точность натяжения высокопрочных болтов; качество готовых соединений.

Контроль качества осуществляется строительно-монтажная организация с участием представителя заказчика.

5.2. При контроле ключей и гайковертов проверяют их техническую исправность, точность и время тарировки.

5.3. При проверке качества подготовки высокопрочных болтов, гаек и шайб устанавливается соответствие их состояния требованиям пунктов п.4 10-4.12.

5.4. Способы и качество подготовки контактных поверхностей проверяют наружным осмотром непосредственно перед сборкой соединений. Дефектные поверхности или их участки, а также поверхности, просроченными сроками после очистки подлежат исправлению, повторной очистке.

5.5. Плотность стягивания пакета контролируют проверкой зазоров по кромкам деталей соединения.

Зазоры устраняют постановкой дополнительных болтов в свободные отверстия или правкой металла деталей соединения.

5.6. Нормативные усилия натяжения высокопрочных болтов контролируют выборочной проверкой величин крутящих моментов контрольными динамометрическими ключами. Отсчет по ключу следует брать в начале движения (поворота) гайки.

Количество подлежащих контролю болтов и величины допускаемых отклонений усилий натяжения высокопрочных болтов рекомендуется принимать по нормам соответствующих стран.

Натяжение болтов, при контроле которых крутящие моменты выходят за указанные пределы, должно быть доведено до требуемой величины.

После контроля натяжения болты, затянутые до нормативного усилия помечают краской.

5.7. При приемке соединений проверяют качество герметизации соединения и состояние высокопрочных болтов, гаек и шайб.

Подлежат замене высокопрочные болты, гайки и шайбы, на которых после натяжения появились дефекты в виде трещин. Болты, длина которых оказалась недостаточной для полного накручивания гайки на болт так, чтобы за гайкой осталось не менее одного свободного, витка с полным профилем резьбы болта.

5.8. При приемке смонтированных конструкций с соединениями на высокопрочных болтах в составе исполнительной документации предъявляют: журнал контроля качества подготовки контактных поверхностей конструкций; журнал контрольной тарировки ключей для натяжения болтов; журнал постановки высокопрочных болтов; сертификат завода-изготовителя на высокопрочные болты, гайки и шайбы.

6. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ ПРИ СОДЕРЖАНИИ, РЕМОНТЕ И УСИЛЕНИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МОСТОВ

6.1. В эксплуатируемых металлических мостах высокопрочные болты рекомендуется применять:

- для замены ослабленных и дефектных заклепок и обычных болтов;
- для повышения усталостной прочности клепаных прикреплений подвесок и раскосов;
- для прикрепления нового металла к элементам и соединениям при усилении по площади сечения;
- для прикрепления новых элементов и деталей пролетных строений, устанавливаемых взамен изношенных.

6.2. Замену ослабленных и дефектных заклепок, а также замену заклепок с целью повышения усталостной прочности элементов эксплуатируемых мостов следует производить на равное количество высокопрочных болтов. При этом диаметры высокопрочных болтов, устанавливаемых вместо заклепок, рекомендуется принимать согласно табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Диаметр заменяемых заклепок		Диаметр высокопрочных болтов, мм
дюймы	мм	
3/4	19-21	18
7/8	23-25	22
1	26-27	24
	28-30	27

6.3. Удаление дефектных и слабых заклепок в соединениях следует производить параллельно с постановкой высокопрочных болтов, при отсутствии поезда на мосту и с соблюдением требований, установленных для такого вида работ.

6.4. Если в отверстиях после удаления заклепок имеется чернота, овальность или косина, не препятствующие свободной без повреждения резьбы постановке высокопрочных болтов и плотному опиранию их опорных поверхностей на плоскости соединяемых конструкций, то рассверловка отверстий не требуется.

6.5. При замене слабых и дефектных заклепок высокопрочными болтами необходимо зачистить наружные поверхности элементов под шайбами устанавливаемых болтов от старой краски, ржавчины и других загрязнений, препятствующих плотному прилеганию шайб к основному металлу конструкции.

6.6. При замене заклепок высокопрочными болтами в соединениях с прокатными профилями, имеющими непараллельные плоскости полок, следует применять клиновидные прокладки. В стесненных местах допускается применение срезанных с одной стороны шайб.

6.7. При замене высокопрочными болтами слабых и дефектных заклепок не рекомендуется создавать соединения, в которых болты расположены только по одну сторону от продольной оси симметрии прикрепляемого элемента. В случаях, когда дефектные заклепки расположены только по одну сторону от продольной оси симметрии прикрепления, необходимо одновременно с ними заменять симметрично расположенные не дефектные заклепки.

6.8. В соединениях, в которых поставленные вместо заклепок высокопрочные болты подвергаются воздействию внешних растягивающих сил (например, в креплениях балок проезжей части, особенно в конструкциях креплений, не способных воспринимать опорный момент) натяжение болтов в начальный период эксплуатации, как правило, уменьшается за счет смятия соединяемых деталей. В указанных креплениях через 2-3 недели их эксплуатации после ремонта натяжение высокопрочных болтов необходимо проверить, и ослабленные болты вновь затянуть до нормативного усилия.

6.9. Для повышения усталостной прочности заклепочного крепления рекомендуется производить полную замену заклепок (дефектных и не дефектных) не менее чем в двух крайних рядах от края фасонки.

6.10. При усилении элементов по площади сечения добавлением нового металла с заменой связующих заклепок высокопрочными болтами, поверхности соприкосновения старого металла с добавляемым металлом должны быть очищены от старой краски, ржавчины и других загрязнений пескоструйной или газопламенной обработкой.

При усилении креплений следует стремиться к тому, чтобы высокопрочные болты передавали усилия по двум плоскостям трения (подобно переводу односрезных заклепок в двухсрезные).

6.11. При частичной замене заклепок высокопрочными болтами без разборки узлов и элементов не возможно подвергнуть специальной очистке соприкасающиеся поверхности. В связи с этим, коэффициенты трения в этих соединениях в зависимости от состояния соприкасающихся поверхностей могут изменяться в широких пределах. Учитывая, что принимаемое в расчетах состояние соприкасающихся поверхностей не может быть гарантировано, несущую способность высокопрочных болтов в клепано-болтовых соединениях рекомендуется принимать равной несущей способности заменяемых заклепок.

При оценке усталостной прочности и долговечности клепано-болтовых соединений следует учитывать влияние начальных усталостных повреждений, накопленных заклепочным соединением за период эксплуатации до их усиления высокопрочными болтами.

6.12. Все работы по замене ослабленных и дефектных заклепок высокопрочными болтами должны быть зафиксированы в книге моста и журнале работ.