

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
(ОСЖД)**

II издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу, 1-3 июня 2015 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава, Республика Польша

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу, 27-30 октября 2015 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава, Республика Польша

Дата вступления в силу: 30 октября 2015 г.

Примечание: Теряет силу I издание Памятки от 23.10.1998 г.

**P 774/7**

**МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ  
СТРОЕНИЙ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ОРТОТРОПНОЙ ПЛИТЫ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ  
НА НАПРАВЛЕНИЯХ В СООБЩЕНИИ ЕВРОПА-АЗИЯ**

## **1. Задачи обследования пролетного строения, подлежащего усилению**

1.1. Обследование дефектного пролетного строения необходимо для решения вопроса о возможности и методах усиления различных типов сварных, болто-сварных и клепаных пролетных строений в зависимости от их состояния, конструктивных особенностей и предполагаемых сроков дальнейшей эксплуатации с учетом грузонапряженности линии.

1.2. Перед проектированием усиления пролетного строения необходимо провести его детальное обследование.

1.3. При обследовании пролетного строения необходимо зафиксировать все имеющиеся в его элементах трещины с указанием мест их расположения и полной длины, характера (сквозная или поверхностная), предпринятых ранее мер по их локализации.

1.4. Особенно тщательно следует осматривать места наиболее вероятного появления и развития усталостных трещин.

## **2. Причины возникновения усталостных трещин**

При проектировании усиления пролетных строений следует учитывать комплекс причин, вызывающих образование и развитие трещин в усиливаемой конструкции. Такими причинами являются:

- высокие (до предела текучести) остаточные напряжения в местах обрыва швов прикрепления вертикальных или горизонтальных ребер жесткости (для сварных конструкций), а также различного рода технологические непровары или шлаковые включения, резко повышающие концентрацию напряжений, или конструктивные концентраторы;

- знакопеременные напряжения от внешней нагрузки, резко ухудшающие условия работы на выносливость участков стенок в балках; наиболее значительными такие знакопеременные напряжения бывают из-за циклического кручения верхних поясов балок от изгиба конструкций мостового полотна;

- поперечные колебания низкой частоты отсеков в стенках балок и нижних поясов;

- вибрации средней и высокой частоты, воздействующие, прежде всего, на отсеки стенок и в связях.

Кроме того, образованию трещин в пролетных строениях могут также способствовать следующие причины:

- люфты в опорных частях, которые влияют на трещиностойкость опорных узлов балок (это влияние тем существеннее, чем короче пролет);

- наличие неровностей пути и рельсовых стыков на пролетном строении, а также предмостовых ям, увеличивающих динамическое воздействие экипажа на пролетное строение в целом и, в особенности, на приопорные панели балок.

### **3. Общие данные о вариантах усиления**

Усиление дефектного пролетного строения выполняется с целью продления срока его службы или обеспечения его вновь назначенного ресурса. Последний после усиления зависит как от интенсивности его дальнейшей эксплуатации, так и от вида проведенного усиления. При выполнении усиления пролетного строения решаются не только технические, но и экономические задачи. Поэтому предлагаются варианты усиления пролетных строений с различной материалоемкостью и расчетной усталостной прочностью. При всех вариантах материалоемкость при усилении дефектных пролетных строений ниже, чем при их замене. Кроме того, после усиления пролетное строение может приобрести новые качества, отличающие его условия эксплуатации (существенно снижающие эксплуатационные расходы), которые отсутствуют у типовых пролетных строений.

Для достижения поставленной задачи необходимо с помощью усиления изменить характер работы и величину действительной нагруженности элементов, имеющих трещины. Это достигается, в частности, центрированной передачей нагрузки от мостового полотна на верхние пояса и стенки балок, а также снижением вибрационного фона.

#### **3.1. Усиление пролетного строения с устройством ортотропной плиты с ездой по балласту**

Срок службы пролетных строений с трещинами после усиления в этом случае при грузонапряженности линии около 40 млн. т бр. в год может составлять около 60 лет и более (в зависимости от типа гидроизоляции балластного корыта).

После усиления пролетное строение может эксплуатироваться без ограничений.

Расход металла на усиление составляет от 20 % до 50 % от массы нового типового металлического пролетного строения с безбалластным мостовым полотном и до 45 % от массы нового металлического пролетного строения с ездой на балласте.

Минимальная ширина балластного корыта принята 4500 мм.

На пролетном строении рекомендуется укладывать бесстыковой путь.

Устройство балластного корыта снижает уровень вибрационного фона на частотах до 80 Гц в 3-5 раз.

Балластное корыто предохраняет главные балки и связи от атмосферных воздействий. При устройстве балластного корыта на мосту необходимо произвести расчет грузоподъемности пролетных строений и опор с учетом изменения постоянных нагрузок на конструкции.

### **3.2. Усиление пролетного строения с устройством безбалластной ортотропной плиты**

Срок службы пролетных строений с трещинами после усиления по этому варианту составляет до 40 лет при грузонапряженности линии 40 млн. т бр. в год. Расход основного металла на усиление составляет около 40 % от массы нового типового металлического пролетного строения с безбалластным мостовым полотном и до 30 % от массы нового металлического коробчатого пролетного строения с ездой на балласте. Снижение вибрационного фона на частотах до 80 Гц (вне зоны рельсовых стыков) в 1,5-2 раза. На пролетном строении предпочтительна укладка бесстыкового пути. Мостовое полотно может быть выполнено из деревянных поперечин (мостобрус или шпалы) или в виде контейнерного прикрепления рельса. Ортотропная плита предохраняет главные балки и связи от атмосферных воздействий.

### **3.3. Сравнение вариантов усиления по материалоемкости и назначенному ресурсу**

Сравнение материалоемкости вариантов усиления дефектных сварных пролетных строений выполнено на основе эскизного проектирования усиления пролетных строений пролетами 23÷33 м. В табл. 3.1. представлен расход основного и дополнительного металла для усиления конструкции по предлагаемым вариантам с указанием назначенного ресурса.

Таблица 3.1

**Расход основного и дополнительного металла для усиления конструкции по предлагаемым вариантам и ресурс усиленных пролетных строений при грузонапряженности линии 40 млн. т брутто в год**

Длина пролетного строения	Масса металла (т) на пролетное строение с ездой											
	на балласте				на безбалластной ортотропной плите				на поперечинах			
	типовое	конструкции усиления			типовое	конструкции усиления			типовое	конструкции усиления		
		Всего	в % к типовой	Плановый ресурс лет		Всего	в % к типовой	Плановый ресурс лет		Всего	в % к типовой	Плановый ресурс лет
23 м	42				42				42			
С заменой тротуаров		25	66	60 и более		21	50	40		8	19	35
Без замены тротуаров			-	-		16	38	40		3	7	35
27 м	58				58				58			
С заменой тротуаров		36	62	60 и более		26	44	40		14	24	35
Без замены тротуаров		-	-			21	36	40		8	13	35
33 м	90/80				80				80			
С заменой тротуаров			46/57	60 и более		32	40	40		17	21	35
Без замены тротуаров		-				25	31	40		10	13	35

#### **4. Требования по конструкции отдельных узлов рекомендуемых вариантов усиления**

Предложения по усилению пролетных строений с трещинами в стенках балок и фасонках прикрепления связей разработаны ВНИИЖТ. Отступление от предложенных конструктивных решений могут не обеспечить их усталостную прочность.

##### **4.1. Усиление пролетного строения путем устройства ортотропной плиты с ездой на балласте**

Ширина балластного корыта принимается 4100÷4500 мм. В поперечном направлении лист ортотропной плиты имеет ширину 3000 мм. К нему пристыковываются бортовые элементы в виде уголка короткой стороной наружу и вверх, объединенного с тротуарной панелью. Свес нижнего окаймляющего листа тавра имеет ширину 100 мм и образует с листом ортотропной плиты нижнюю поверхность балластного корыта. Увеличение ширины балластного корыта до 4500 мм существенно увеличивает расход металла и может быть выполнено по желанию заказчика.

Опираение листа ортотропной плиты на верхние пояса выполняются через прокладку, в форме клина, поскольку днищу корыта необходимо придать поперечный уклон величиной 3 % для обеспечения водоотвода. Клиновидная прокладка приваривается к листам ортотропной плиты угловыми швами, а с верхними поясами соединяется высокопрочными болтами через свесы поясов.

Продольные ребра ортотропной плиты выполняются из полосы сечением 12×180 мм без окаймления.

Водоотвод осуществляется в поперечном направлении от середины к краям в прерывистые щели шириной 30 мм между листом ортотропной плиты и свесом нижнего горизонтального листа бортового элемента.

На расстоянии 180 мм от поверхности верхнего листа пояса каждое ребро обрезают, после чего на место выреза по всему контуру примыкания к поясу, стенке и ребру вваривают вставки толщиной 12 мм и шириной, равной внизу - ширине уголка, сверху - внутреннему свесу верхнего пояса.

Около нижнего пояса ребра соединяются с поясом либо через распорку поперечных связей, либо через уголковый коротыш на высокопрочных болтах. В поясах болтовые отверстия сверлятся диаметром 23 мм и райберуются до диаметра 25 мм, а в ребрах допускается прожечь отверстия до 20 мм и рассверлить до 25.

Диагонали поперечных связей прикрепляются к ребрам жесткости, а нижние распорки к поясу и ребрам жесткости. Ребра жесткости, нижние распорки, диагонали поперечных связей, а также нижние продольные связи могут быть объединены и через горизонтальные и вертикальные фасонки, прикрепленные к нижним поясам высокопрочными болтами. Если нижние продольные связи и распорки не имеют повреждений, их можно оставить без изменения.

В некоторых случаях целесообразно усиливать балочное сплошностенчатое пролетное строение с помощью пространственных блоков ортотропной плиты, как показано на рисунке 2.

В зависимости от длины пролетного строения плита балластного корыта разделена по длине на монтажные блоки, которые между собой объединяются монтажными болтовыми стыками. Монтажные блоки ортотропной плиты привариваются на монтаже к верхним поясам главных балок продольными угловыми швами. В местах стыковки вертикальных стенок блоков около верхнего пояса главных балок предусмотрены выкружки. Угловой сварной шов, объединяющий стенку блока ортотропной плиты с верхним поясом главной балки, закольцован в выкружке вертикальной стенки.

## Поперечное сечение пролетного строения с ездой на балласте

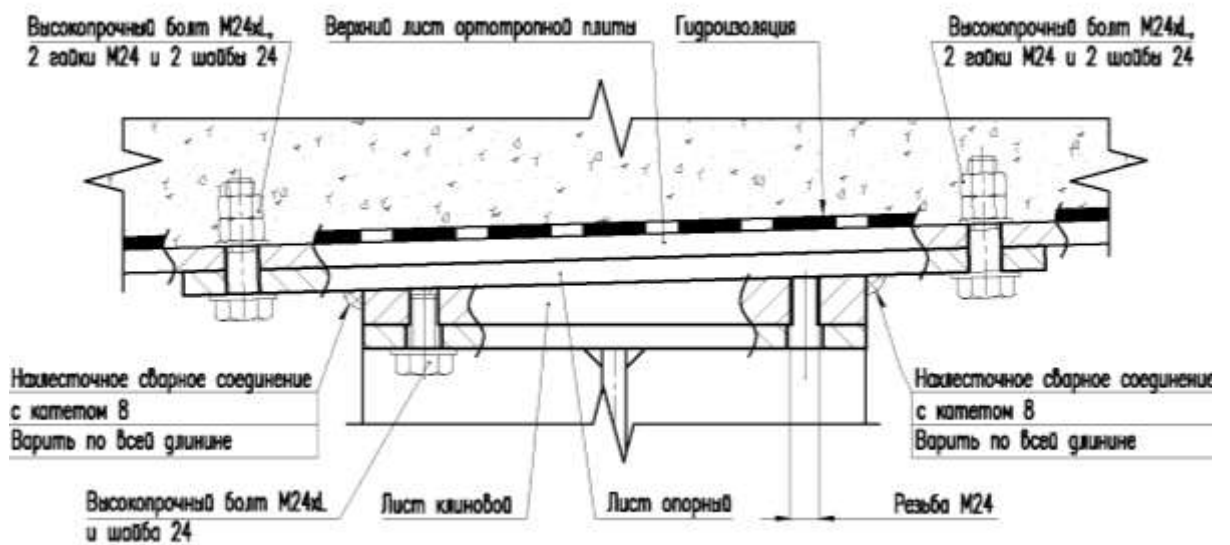
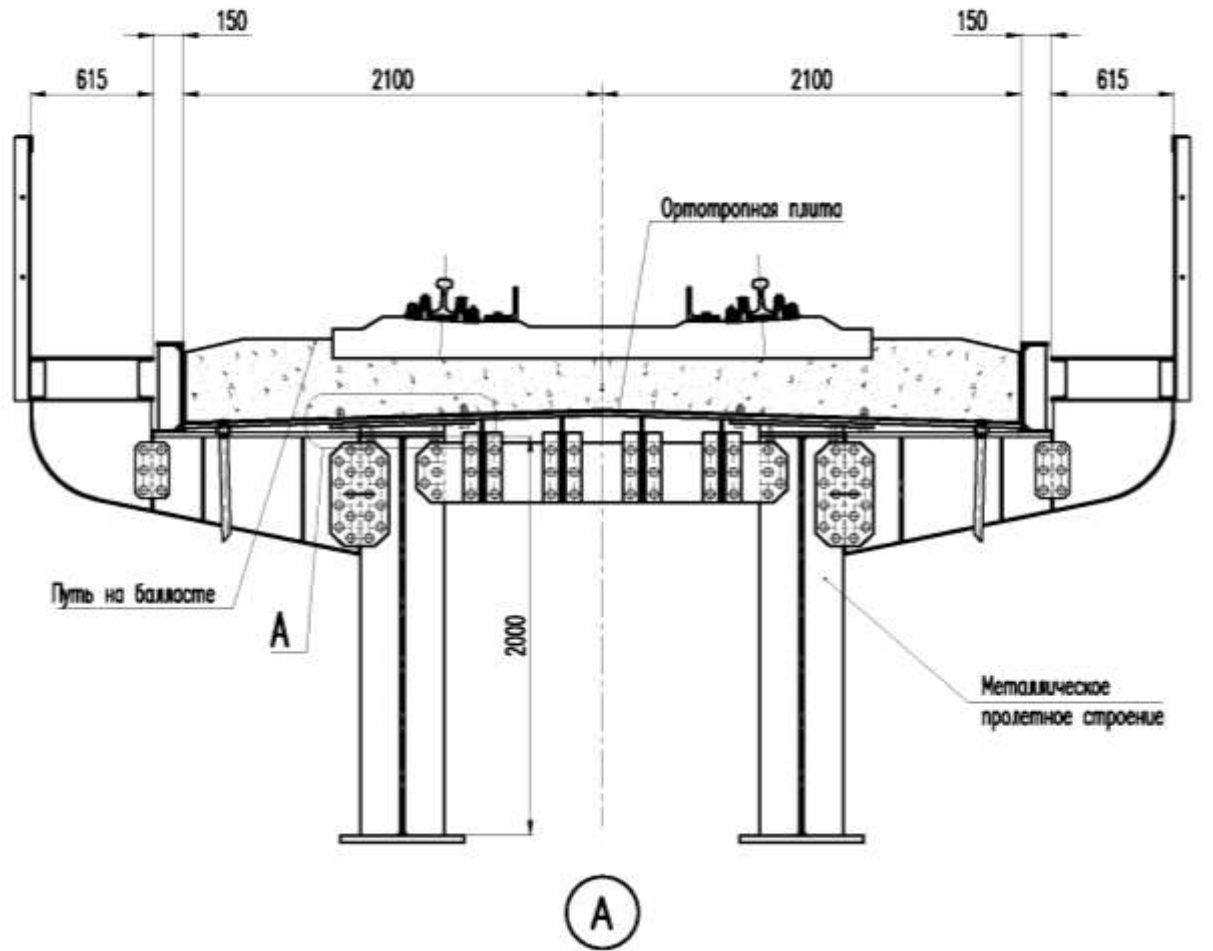


Рисунок 1. Пролетное строение с устройством ортоотропной плиты с ездой на балласте



## Поперечное сечение пролетного строения с ездой на балласте

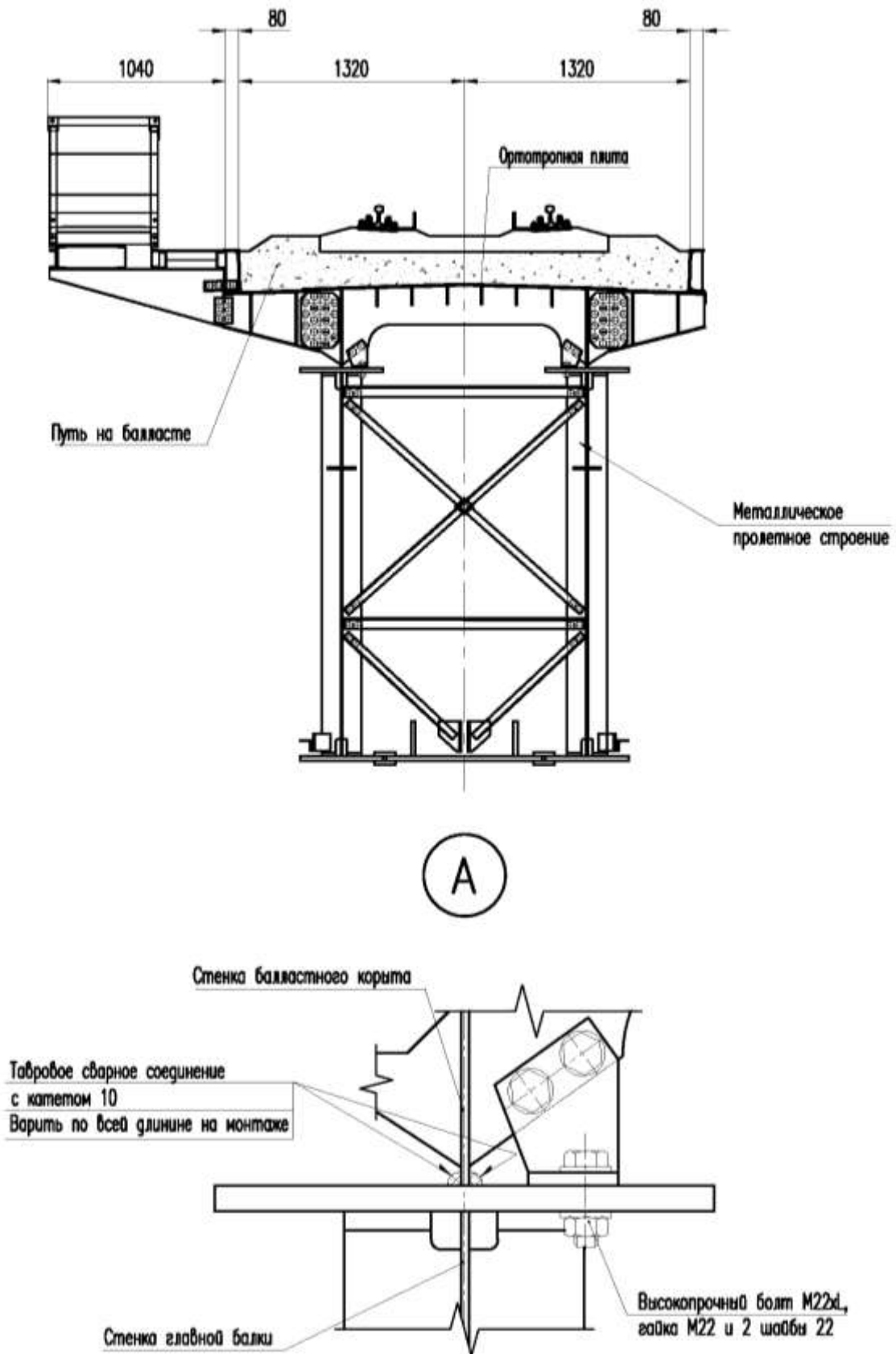


Рисунок 2. Пролетное строение с устройством ортогогрной плиты с ездой на балласте

#### **4.2. Усиление пролетного строения путем устройства безбалластной ортотропной плиты**

Ширина ортотропной плиты назначается равной ширине пролетного строения по наружным кромкам верхних поясов.

Ортотропная плита опирается непосредственно на верхние пояса через прокладки толщиной 20 мм.

В поперечном направлении ортотропная плита сваривается из четырех полотен для образования двускатной поверхности с уклоном 2 % в средней части.

Продольные ребра выполнены из полосы. Два крайних ребра имеют сечение 12×180 мм, а среднее - 12×200 мм.

Поперечная балка образована двумя уголками сечением L80+80×10, прикрепленными к ребрам жесткости высокопрочными болтами и образует тавр горизонтальными полками вверх.

Продольные ребра соединены двусторонними накладками с фасонками, приваренными в створе с продольным ребром к полкам уголков поперечной балки по всему контуру примыкания.

Около верхнего пояса вертикальные ребра с наружной стороны соединяют с поясом уголковыми коротышами.

Нижние продольные связи и распорки расположены в уровне нижних поясов и прикрепляются либо непосредственно к поясу и вертикальному ребру жесткости, либо к фасонкам, прикрепленным к нижнему поясу.

В случае устройства мостового полотна на деревянных брусках, их укладка осуществляется на деревянные клиновые подкладки (от 25 мм и более в соответствии с эпюрой строительного подъема), прикрепленные к каждому брусу.

Более эффективным является прикрепление рельсов с непрерывным опиранием в специальные металлические контейнеры. Эта конструкция показана на рисунке 3.

Поперечное сечение пролетного строения  
с контейнерным креплением рельса

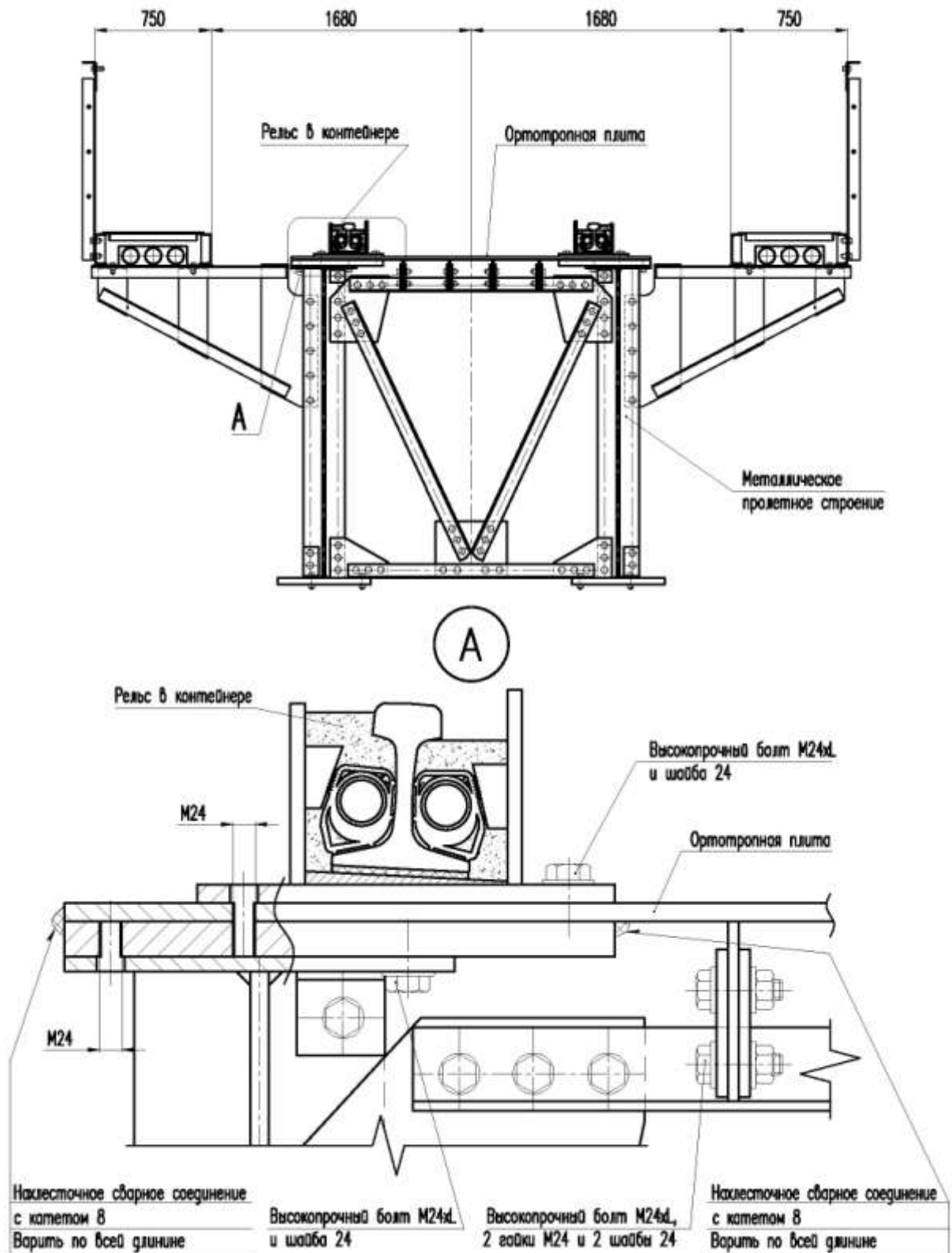


Рисунок 3. Пролетное строение с устройством ортоотропной плиты с контейнерным креплением рельса

### **4.3. Усиление пролетного строения с ездой на поперечинах подкреплением верхних поясов главных балок продольными ребрами**

На верхние пояса приваривают полосы сечением 12×240 мм по всей длине угловыми швами (симметрично относительно стенки балки).

Внутренние свесы верхних поясов подкрепляют продольными ребрами в виде полосы сечением 12×180 мм, объединенной с вертикальной полкой с уголком L80+80×10 мм.

Поперечная балка выполняется в виде двух уголков L80+80×10 мм, образующих тавр горизонтальными полками вниз, и прикрепляется к вертикальным ребрам.

Продольные ребра соединяют двусторонними накладками с фасонками, приваренными в створе с продольным ребром к обоим полкам уголка поперечной балки по всему контуру примыкания.

Около верхнего пояса вертикальные ребра с наружной стороны объединяют с поясом уголковыми коротышами.

Верхние продольные связи располагают ниже уровня верхних поясов и прикрепляют к горизонтальным полкам уголков поперечных балок через горизонтальную фасонку. Нижние продольные связи и распорки поперечных связей располагают в уровне нижних поясов и прикрепляют либо непосредственно к нижнему поясу и вертикальным ребрам, либо к горизонтальным фасонкам, соединенным с нижним поясом и с вертикальными ребрами жесткости.

Диагонали поперечных связей прикрепляют к вертикальным ребрам жесткости.

Усиление поясов главных ферм и проезжей части производить с заменой дефектных элементов на новые. Замену производить на высокопрочных соединениях с предварительным расsverливанием и райберованием элементов.

Усиление осуществлять на основании расчетов пролетного строения, выполняемых с учетом ослаблений конструкций, вызванных коррозией и уменьшением рабочей площади сечения элементов, а также с учетом увеличения постоянных нагрузок в случае переустройства пролетного строения с конструкции с ездой на поперечинах на езду на балласте.

Особое внимание следует уделить состоянию опорных листов, продольных и поперечных связей, фасонки, и «рыбок», как элементов наиболее подверженных коррозии и деформации.

### **4.4. Локализация трещин на усиливаемом пролетном строении и наблюдение за ним после усиления**

До проведения работ по усилению пролетных строений необходимо в каждой трещине, конец которой вышел на ровную поверхность стенки,

засверлить его диаметром 23 мм и поставить высокопрочный болт с затяжкой до 20 тс. Перед постановкой болтов производят обкатку краев отверстий сверлом диаметром 28÷32 мм, используя реверсный режим, или, в крайнем случае, снимают фаску этим же сверлом.

Усиленное пролетное строение, кроме плановых осмотров и обследований, должно осматриваться на предмет обнаружения трещин каждый раз после наступления холодов с температурой воздуха - 25°С и ниже, продолжающихся двое и более суток.

## **5. Устройство гидроизоляции и антикоррозионных покрытий**

Вид антикоррозионной защиты зависит от назначенного ресурса усиливаемой конструкции. Следует применять современные антикоррозионные комплексы, включающие несколько уровней защиты.

Одним из возможных вариантов антикоррозионной защиты является комплекс, основанный на металлизации верхней поверхности ортотропной плиты с ее окраской. На заводе-изготовителе производится металлизация алюминием или цинком и грунтовка. На стройплощадке наносится дополнительный слой грунтовки и несколько слоев покрывного материала, затем слой асфальта или асфальтобетона толщиной 5 см.

Для ортотропной плиты балластного корыта при назначенном ресурсе более 30-40 лет желательно ее покрытие виброзащитным слоем в виде специальных подобранных по жесткости и структуре резиновых матов.