

ШТУЧНІ ТА ПІДЗЕМНІ ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ

УДК 624.21:001.891

Овчинников И.И., д-р техн. наук, Козлачков С.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ

Исследование и техническое решение посвящено конструкциям деформационных швов (ДШ), используемых в мостостроении, для компенсации средних и значительных эксплуатационных линейных, а также объемных перемещений между смежными пролетными строениями или между пролетным строением и устоем моста. Обзор и анализ конструктивных особенностей этих типов ДШ, их преимущества и недостатки, на основе опыта их эксплуатации, показали необходимость разработки конструкций, удовлетворяющих современным требованиям, предъявляемым к ДШ.

Автомобильные мостовые сооружения призваны служить для преодоления транспортом и пешеходами различных препятствий: водных преград, участков со сложным рельефом, других транспортных путей. Однако сами мостовые сооружения в настоящее время редко могут быть построены без устройства разрывов основных несущих конструкций по длине. Эти устройства были названы деформационными швами (ДШ).

Исследованием [1] было установлено, что неисправности ДШ могут приводить к существенным повреждениям конструкций моста: пролетных строений, опор, опорных частей, подферменников, фундаментов опор, мостового полотна – словом, всех основных элементов мостового сооружения. Кроме того, от состояния ДШ непосредственно зависит степень безопасности движения по мосту, как транспорта, так и пешеходов. Все это привело к тому, что за рубежом достаточно давно ДШ стали проектироваться на основании тщательно проработанных и научно обоснованных методов расчета, а изготавливаться с жесткими допусками из качественных и долговечных материалов, отвечающих самым высоким требованиям по прочности и выносливости. Не случайно выпуск наиболее совершенных в техническом плане ДШ был освоен зарубежными фирмами, основной специализацией которых было производство машиностроительной продукции, а не

строительных конструкций и изделий. По сложности конструкции, характеру работы и специфике изготовления современные ДШ мостовых сооружений (особенно средних и больших перемещений) относятся больше к механизмам, нежели к известным строительным конструкциям.

Анализ отечественных и зарубежных конструкций ДШ, используемых на средние и большие перемещения, на основе опыта их применения и предъявляемых к ним современных требований, по обеспечению необходимого уровня безопасности и комфорта позволил сделать вывод о том, что исследуемые конструкции не обеспечивают выполнение этих требований, в полной мере. В определенной степени эту проблему, некоторые зарубежные производители ДШ, пытаются решить при помощи комбинации в одной конструкции ДШ элементов различного типа ДШ, одни из которых в большей степени обеспечивают требования по уровню безопасности (модульные конструкции), а другие – по уровню комфорта (шумопоглощающие, зубчатые пластины). Но, т.к. пластины не имеют достаточной величины сопротивления транспортной нагрузке, их длина ограничена, и, следовательно, количество поперечных разрывов поверхности ДШ остается прежней, что незначительно снижает шумовую эмиссию из-за высоких импульсных силовых воздействий и вибрации от колеса автомобиля, вызванных сегментным устройством конструкции проезжей поверхности модульного ДШ.

Целью исследования является установление и устранение причин недостатков, свойственных конструкциям ДШ, применяемых на средних и больших перемещениях.

Из опыта применения известно, что на средние и большие перемещения, не смотря на учет всевозможных факторов, влияющих на пространственное перемещение пролетных строений и, в соответствие с этим, выбор оптимальной конструкции ДШ из ныне существующих, он не свободен от недостатков, которые проявляются при эксплуатации, и не в полной мере соответствует современным требованиям по безопасности и комфорту, предъявляемым сегодня к ДШ. Это и понятно: чем больше продольное перемещение, тем сложнее обеспечить восприятие и других, возрастающих, пространственных перемещений. Зачем же тогда проектировать средние и большие разрывы между пролетными строениями (устоем), не проще ли изменить схему моста на разрезную, увеличив количество разрывов (ДШ), но уменьшив длину отдельного перемещения? Во-первых, это не всегда оправдано, прежде всего, из соображений экономической целесообразности и эффективности ведения строительных работ. Во-вторых, это не всегда оправдано, исходя из

предъявляемых современных требований по уровню комфорта и безопасности к мосту, в целом: желательно, чтобы один ДШ собирал и воспринимал все перемещения моста, не зависимо от его длины, удовлетворяя, в тоже время, предъявляемым современным требованиям по уровню комфорта и безопасности. Таким образом, приоритет современных требований к мосту, в целом, является определяющим по отношению к ДШ. Тенденция к схеме моста очевидна, а ее реализация обеспечивается лишь наличием (или отсутствием) конструкции ДШ, которая должна удовлетворять предъявляемым современным требованиям по уровню комфорта и безопасности, для определенного мостового сооружения. Следовательно, задачей удовлетворения предъявляемых современных требований к мостовому сооружению, в целом, и к ДШ, в частности, является разработка такой конструкции ДШ, которая была бы способна обеспечить положительный результат по предъявляемым требованиям для мостового сооружения любой длины.

Противоречие решений одной задачи для моста и его ДШ, в вопросе обеспечения удовлетворения предъявляемых современных требований, наводит на мысль о создании, для этой цели, конструкции ДШ с комбинацией различных типов конструкций ДШ, применяемых в схожих обстоятельствах, конкурирующих между собой, и обладающих различными достоинствами и недостатками. Имеются в виду ДШ модульного и гребенчатого типа. К тому же, любопытно, что, в данном случае, различие проявляется в полной противоположности их достоинств и недостатков: достоинства одних являются недостатками других, и наоборот. Можно предположить, что единство противоположностей в комбинированной конструкции ДШ позволит устранить недостатки, свойственные конструкции каждого из этих типов ДШ, в отдельности, и интегрировать их достоинства.

Известны конструкции модульных ДШ, например, Swivel-Joist (MaurerSöhne), которые способны воспринимать значительные линейные и угловые перемещения в плане. Так, при линейных продольных перемещениях ДШ стандартного исполнения 1200 мм поперечные перемещения достигают ± 600 мм. ДШ может воспринимать также вертикальные перемещения пролетных строений относительно друг друга до ± 45 мм. В случае необходимости, ДШ такой конструкции могут создаваться и на большие перемещения. Верхний предел линейных продольных перемещений для модульных ДШ в настоящее время ограничен лишь максимальной величиной перемещений пролетных строений существующих мостов. Таким образом, конструкциями модульных ДШ предельные перемещения пока не

ограничиваются, и для построенных по такому принципу ДШ предельные перемещения достигают 2500 мм и более.

Существенными недостатками этих конструкций является высокая шумовая эмиссия, высокие импульсные силовые воздействия и вибрация, передающиеся на конструкцию пролетных строений и устоев, в окрестностях ДШ, в особенности на места примыкания к ДШ дорожного покрытия, что часто приводит к разрушению обоих, делая небезопасным проезд, а также на подвеску автотранспорта, преждевременно изнашивая ее и создавая не комфортные условия для пассажиров, под воздействием ударной нагрузки от передачи вертикального ускорения шине автомобиля, при его проезде через значительно раскрытый ДШ, из-за поперечных к направлению движения неровностей, обусловленных конструкцией сегментного устройства проезжей поверхности модульного ДШ.

Известны конструкции модульных ДШ в которых эти недостатки частично устранены, (патент WO 02068760 (A1), 06.09.2002), например, благодаря приваренным сверху ромбовидным пластинкам (система GOMaurerSöhne), а также повернутым в плане прямоугольным и другим конфигурациям зубчатых (гребенчатых) и синусоидальных пластинкам (патент WO 0227102 (A1), 04.04.2002). Особенность этих зубчатых (гребенчатых) пластинок заключается в длине консоли, незначительно превышающей ширину промежуточной несущей балки, и тем самым, незначительно снижающей величину расхождения шва, между пластинками.

Недостатком этих конструкций является физическое ограничение длины консоли пределом жесткости зубчатой (гребенчатой) пластины, (горизонтально расположенной под действие вертикальных нагрузок), находящихся между собой в прямо пропорциональной зависимости, что и препятствует существенному снижению длины и количеству продольных разрывов дорожного покрытия ДШ, определяющих уровень звуковых и механических вибраций.

Известен также ДШ гребенчатого типа, перекрываемый с противоположных сторон консольными односторонне направленными пальцами гребенчатых плит (патент EP1359254(A2), 05.11.2003, REISNER & WOLFF ENGINEERING). Продольный профиль гребенчатого пальца этого ДШ представляет собой консольную балку в миниатюре, обычно с увеличением сечения к основанию, способной сопротивляться значительным вертикальным нагрузкам. Благодаря этим прочностным свойствам и своей конструкции, позволяющей практически исключить продольные разрывы поверхности ДШ,

при эксплуатации гребенчатых ДШ было выявлено, что при соблюдении всех эксплуатационных процедур, они обеспечивают комфортные условия проезда, т.к. обладают высокой жесткостью плит, и непрерывной, ровной поверхностью проезда (при малых вертикальных перемещениях), поэтому и шумовая эмиссия в уровне проезжей части у них самая низкая (ниже чем по асфальтовому или бетонному дорожному покрытию).

Недостатком ДШ гребенчатого типа, с консольными гребенчатыми плитами в частности, является то, что они плохо воспринимают любые перемещения, кроме горизонтально продольных, проявляя чувствительность к перекосам консольных гребенчатых пальцев в горизонтальной плоскости (свыше 10^0), что нередко приводит к их заклиниванию, а также к их вертикальным смещениям друг относительно друга, что нарушает условия проезда и ограничивает перекрываемую ими длину ДШ.

Достоинства этого типа ДШ и отсутствие равноценной альтернативы этим конструкциям, не смотря на их недостатки, предопределили то, что ДШ гребенчатого типа до сих пор широко используются на эксплуатируемых и вновь строящихся мостах во всем мире.

Целью технического решения [2, 3, 4] является увеличение длины ДШ гребенчатого типа, за счет устранения перекосов гребенчатых пальцев в горизонтальной плоскости и их вертикальных смещений.

Технический результат достигается за счет того, что крайние несущие балки, жестко соединенные с односторонне направленными гребенчатыми пальцами (гребенчатыми плитами с односторонне направленными пальцами), упруго соединены модульными компенсаторами, как минимум, с одной промежуточной несущей балкой, жестко соединенной с двусторонне направленными гребенчатыми пальцами (гребенчатой плитой с двусторонне направленными пальцами).

На рисунках представлены примеры вариантов реализации ДШ модульно-гребенчатого типа с консольными гребенчатыми пальцами. На рис. 1 схематично показан продольный профиль фрагмента ДШ в разрезе, перекрываемого с противоположных сторон односторонне направленными гребенчатыми пальцами (гребенчатыми плитами с односторонне направленными пальцами) 1, жестко соединенных с крайними несущими балками 2, упруго соединенных модульными компенсаторами 3, как минимум, с одной промежуточной несущей балкой 4, жестко соединенной с двусторонне направленными гребенчатыми пальцами (гребенчатой плитой с двусторонне направленными пальцами) 5.

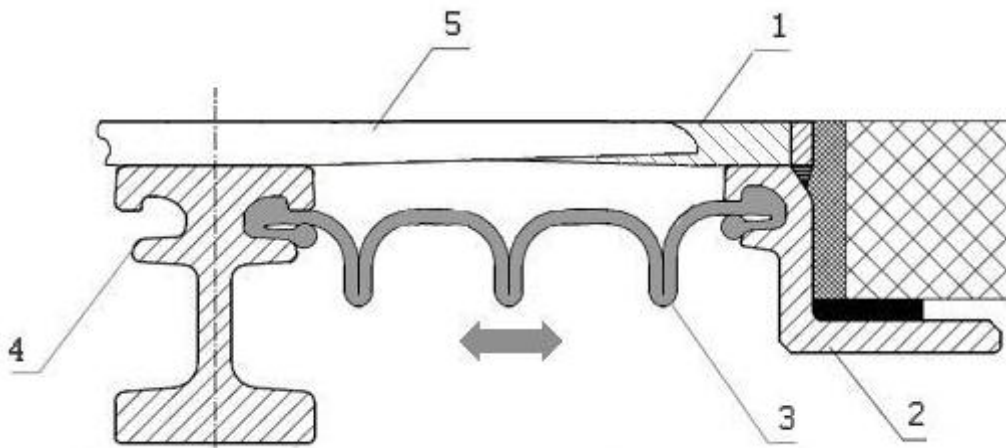


Рисунок 1 - Продольный профиль фрагмента ДШ в разрезе

На рис. 2, 3, 4 изображены фрагменты ДШ в плане, перекрываемого с противоположных сторон гребенчатыми плитами с консольными односторонне направленными пальцами 1, жестко соединенных с крайними несущими балками 2, включающего одну промежуточную несущую балку 4, жестко соединенную с консольными двусторонне направленными гребенчатыми пальцами 5, рис. 2, (с гребенчатой плитой с консольными двусторонне направленными пальцами 5, рис. 3).

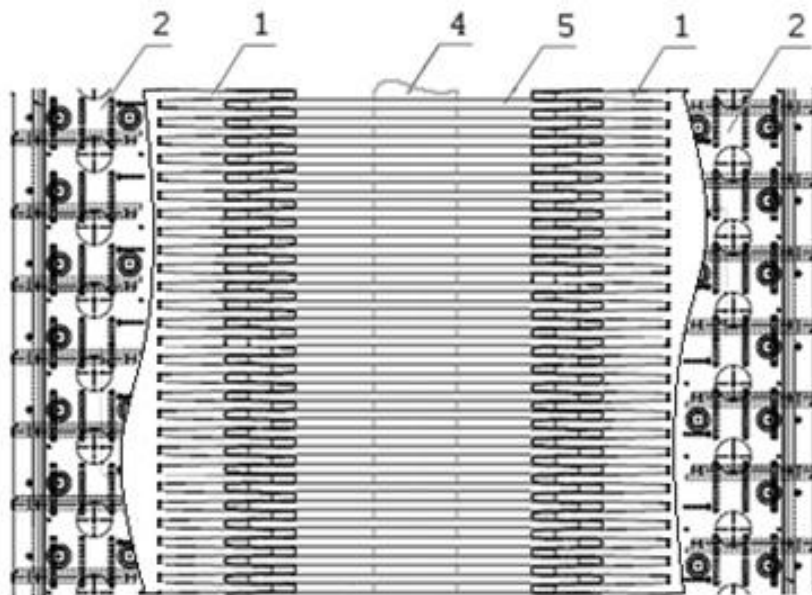


Рисунок 2 - Фрагмент ДШ в плане с консольными двусторонне направленными гребенчатыми пальцами

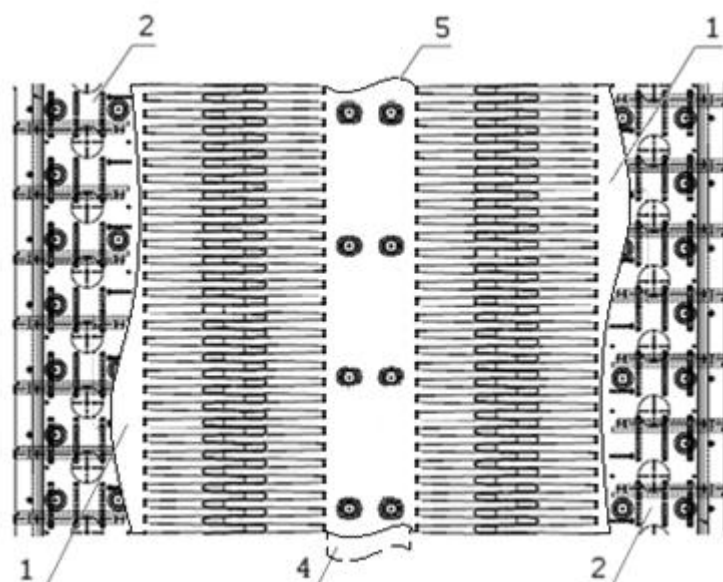


Рисунок 3 - Фрагмент ДШ в плане с гребенчатой плитой с консольными двусторонне направленными пальцами



Рисунок 4 - Фрагмент ДШ в плане с гребенчатой плитой с консольными двусторонне направленными пальцами

Опорная балка (траверса), и другие, сопряженные с ней детали и узлы, не показаны, так как ДШ может быть выполнен по различным схемам: по балочно-решетчатой, или с поворотными траверсами, или другим.

Количество промежуточных несущих балок 4, определяется максимальным раскрытием ДШ, необходимого для обеспечения оптимальной величины межбалочного зазора и нормальной работы ДШ, без заклинивания

гребенчатых пальцев и их вертикальных смещений относительно друг друга, при объемной деформации зоны ДШ.

Жесткое соединение промежуточной несущей балки 4, с консольными двусторонне направленными гребенчатыми пальцами 5, рис. 1,2, или с гребенчатой плитой с консольными двусторонне направленными пальцами 5, рис. 1,3,4 (которое может быть как сварным, рис. 1,2, так и болтовым, рис. 1,3,4), позволяет достичь более широкое, в сравнении ДШ модульного типа, раскрытие зазоров шва, между соседними промежуточными несущими балками 4, или между промежуточными и крайними несущими балками 2 и 4, соединенных модульными компенсаторами 3.

В сравнении с ДШ гребенчатого типа:

1. Достигается основной техникой результат - увеличение длины ДШ, за счет устранения перекосов гребенчатых пальцев в горизонтальной плоскости и вертикальных смещений, в результате их объединения, как минимум, с одной с промежуточной несущей балкой модульного ДШ, допускающего эти перекосы, угол (до 50° , для горизонтальных углов) которых будет делиться на количество установленных промежуточных несущих балок, плюс одну, и равномерно распределяться между всеми пальцами перекрывающими ДШ. Таким образом, при изменении отметок пролетных строений (устоя), из-за просадки мостовых опор, износа опорных частей, неравномерной усадки бетона в пролетных строениях и устое, из-за тектонических и геофизических изменений и проявлений других воздействий в несколько раз снижается риск заклинивания гребенчатых пальцев и их вертикальных смещений относительно друг друга, что даст возможность дальнейшей эксплуатации ДШ и всего мостового сооружения, без остановки движения транспорта;
2. Отсутствует необходимость в установке на ДШ отдельного водоотводного устройства, в случае применения в модуле упругого ленточного компенсатора изготовленного из материала, стойкого к воздействиям окружающей среды (ультрафиолетовое излучение, озон) и агрессивных соединений, встречающихся на автомобильных дорогах, (соли, минеральные масла и нефтепродукты), герметично связанного с несущими балками, надежно защищая от мусора, песка, мелкого щебня и влаги нижерасположенные детали и элементы мостового строения;
3. Практически, исключается шумовая эмиссия под пролетным строением, в случае применения в модуле упругого ленточного компенсатора, выполненного из материала, как правило, хорошо поглощающего или рассеивающего звук, и герметично связанного с несущими балками;

4. Обеспечивается возможность интеграции швов со всех пролетных строений моста, не зависимо от его протяженности, в одном, максимум, в двух местах (у его устоев), для более безопасного и комфортного движения транспорта по мосту, и снижения на него временной нагрузки.

В сравнении с ДШ модульного типа:

1. Существенно снижается шумовая эмиссия от транспорта при проезде ДШ, в виду, практически, отсутствия продольных разрывов поверхности сочленения гребенчатых пальцев, при любой эксплуатационной величине раскрытия ДШ;
2. Значительно уменьшается количество промежуточных несущих балок (посредством повышения, между ними, максимально допустимой величины зазора до 700 мм и более, ограниченного лишь длиной двустороннего гребенчатого пальца и допустимыми поперечным горизонтальным и вертикальным углами поворота пролетных строений), опорных и других частей и деталей, с ними связанных, что существенно снижает шумовую эмиссию и импульсные динамические нагрузки на ДШ, пролетные строения и движущийся транспорт;
3. Упрощается конструкция, тем самым, достигается снижение затрат на производство, установку, обслуживание и ремонт, а также повышается надежность и, следовательно, безопасность ДШ и мостового сооружения в целом.

Литература

1. Мостовое полотно автодорожных мостов с применением литого асфальтобетона и современных деформационных швов: монография / И.Г. Овчинников, В.Н. Макаров, А.В. Ефанов и др. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 214 с.
2. Пат.105309 Российская Федерация, МПК⁷Е01 D 19/06. Деформационный шов / Козлачков С.В.; заявитель и патентообладатель Козлачков С.В. – № 2011103384; приоритет 31.01.2011; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 16 – 11 с.
3. Заявка 2011111460 Российская Федерация, МПК⁷Е01 D 19/06. Деформационный шов / Козлачков С.В.; заявитель Козлачков С.В. – приоритет 25.03.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22 – 12 с.
4. Межд. заявка PCT/RU2011/000269, МПК⁷Е01 D 19/06. Деформационный шов / Козлачков С.В.; заявитель Козлачков С.В. – приоритет 31.01.2011; опубл. 13.10.2011 в Бюл. МБ ВОИС, публ. № WO 2011126413 – 21 с.