

Статья получена с сайта <http://defshov.am-bridge.net>

При ссылке на статью использовать ссылку на сайт либо следующую информацию:

Ефанов А.В. Особенности работы и область применения щебеночно-мастичных деформационных швов мостовых сооружений //Сб науч. тр. междунар. науч.-метод. межвузовского семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Могилев, 16-18 нояб. 2005г. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки РФ, ГУ ВПО "Белорусско-Российский Университет"— 507 с, ил. С. 146 - 151.

Информация об издании:

Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Сб науч. тр. междунар. науч.-метод. межвузовского семинара. Могилев, 16-18 нояб. 2005г. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. 507 с, ил.  
ISBN 985-492-009-7  
УДК 69: 74 (082)  
ББК 38.6: 65.240  
П 26

-----  
УДК 624.2/8.083

А.В. Ефанов, аспирант

#### Особенности работы и область применения щебеночно-мастичных деформационных швов мостовых сооружений

В работе рассматриваются различные аспекты применения в мостовых сооружениях щебеночно-мастичных деформационных швов, описаны основные существующие проблемы и пути их решения. Приведены опыт применения, достоинства и недостатки данного типа деформационных швов, а также очерчена область их применения на современном этапе развития мостостроения.

Щебеночно-мастичные деформационные швы (ЩМДШ) – одни из самых простых и доступных конструктивных решений деформационных швов (ДШ) для мостов с малыми температурными перемещениями пролетных строений, находящимися в пределах 5 – 40 мм [3, 6, 7] (в отдельных случаях до 50 мм [1, 4]). Типичная современная конструкция ДШ этого типа приведена на рис. 1.

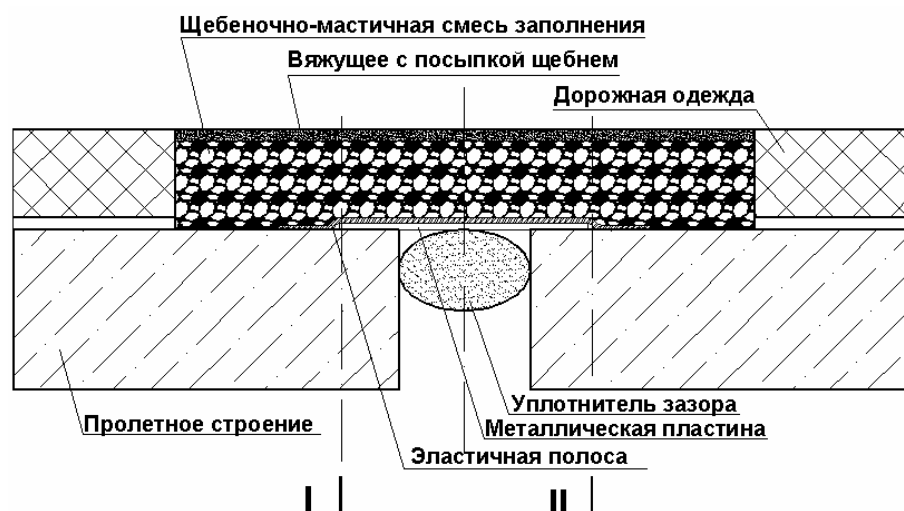


Рис. 1. Конструкция щебеночно-мастичного деформационного шва

По сравнению с другими конструкциями швов, ЩМДШ обладают множеством преимуществ, основные из которых следующие [2]:

1. простота конструкции ДШ;
2. простота ремонта и замены ДШ;
3. высокая производительность при устройстве ДШ;
4. водонепроницаемость;
5. низкая шумовая эмиссия;
6. ровность поверхности;
7. коэффициент сцепления поверхности ДШ с шиной близкий к соответствующему коэффициенту для дорожной одежды;
8. подвижность во всех направлениях;
9. простота изготовления составляющих материалов и устройства ДШ;
10. самовосстановление щебеночно-мастичной массы при неглубоких повреждениях;
11. эффективность применения;
12. относительно низкая стоимость.

Впервые примененные в Европе, ЩМДШ в последние годы достаточно широко применяются и в России. Изготовлением и установкой ЩМДШ занимаются и организации, специализирующиеся на выпуске ДШ различных конструкций, и небольшие фирмы, производящие, в основном, вяжущие для дорожного строительства, асфальто-бетоны, а помимо этого, как сопутствующую продукцию, еще и смеси для заполнения ЩМДШ. К слову, данная тенденция характерна и для зарубежных стран. Сложившееся мнение о предельной простоте конструкции и технологии устройства ЩМДШ привело к тому, что в данное время в нашей стране в условиях отсутствия нормативных документов, регламентирующих технологию проектирования, производства составляющих материалов и устройства ЩМДШ, сами ДШ этого типа устраиваются на все большем числе мостовых сооружений, вследствие чего ориентироваться среди многообразия ЩМДШ, выпускаемых специализированными и неспециализированными организациями, становится все труднее. И совсем невозможно – оценить потребительские свойства ЩМДШ и выработать общий подход к их проектированию. Ситуация с нерациональным и необоснованным проектированием и применением ЩМДШ, например, в США [5, 6], уже привела к осознанию зарубежными специалистами того, что в вопросах, связанных с ЩМДШ все сложнее, чем кажется на первый взгляд. Результатом явилась инициация специальной научно-исследовательской программы, призванной обеспечить

понимание инженерами специфики работы ЩМДШ в мостовых сооружениях и разработка руководств по проектированию ЩМДШ [5]. В настоящее время установлено, что, несмотря на неоспоримые преимущества, ЩМДШ не свободны от технического обслуживания и некоторых других проблем. К недостаткам этого типа ДШ относятся [2]:

1. склонность к образованию колеи, особенно при повышенных температурах окружающего воздуха, что приводит к появлению неровностей мостового полотна;
2. склонность к трещинообразованию при пониженных температурах, что влечет за собой нарушение водонепроницаемости ДШ;
3. ползучесть под нагрузкой, особенно при повышенных температурах окружающей среды и вынос заполнителя ДШ из штрабы шва колесами проходящего транспорта, особенно при ускорении или торможении его в районе ЩМДШ;
4. неудовлетворительная работа ЩМДШ на пролетных строениях, работающих на кручение, результатом которого является появление неравномерных по длине ДШ деформаций;
5. неудовлетворительная работа ЩМДШ в косых пролетных строениях и ограничения на величину угла косины;
6. ограничения на максимальный продольный уклон моста в районе расположения ДШ;
7. зависимость физико-механических характеристик щебеночно-мастичной (ЩМ) смеси от температуры окружающей среды;
8. зависимость технических и эксплуатационных характеристик ЩМДШ от геометрических размеров штрабы, количества уложенной ЩМ смеси, правильности ее состава, соблюдения технологии укладки;

Таким образом, ЩМДШ вряд ли можно считать универсальным решением для ДШ мостов в указанном диапазоне перемещений. Область применения ДШ с щебеночно-мастичным заполнением в настоящее время ограничивается следующими случаями [2]:

1. использование в качестве ДШ на постоянной основе на железобетонных и сталежелезобетонных прямых в плане мостах с продольными перемещениями торцов пролетных строений до 50 мм (оптимально 5...40 мм), вертикальными – до 3 мм, с предельными продольными уклонами в районе расположения ЩМДШ до 40 промилле и углом косины в плане до 45°, равномерными по ширине сечения пролетного строения вертикальными и горизонтальными перемещениями (отсутствие кручения пролетных строений и изгиба в плане) при условии расположения ЩМДШ вне участков разгона-торможения транспорта и перелома профиля моста (различных уклонов смежных пролетных строений);
2. использование в качестве временных ДШ.

Также можно выделить ряд ограничений, которые накладываются на ЩМДШ еще в процессе проектирования и связаны с существующими в настоящее время трудностями расчета подобного рода конструкций, проектирования ЩМ смесей и подбора материалов для них. Поэтому, закладывая в конструкцию мостового сооружения ЩМДШ, и тем более, проектируя саму конструкцию такого ДШ, необходимо иметь в виду некоторые существенные особенности их работы, приведенные ниже.

Во-первых, ЩМ материал шва должен быть достаточно податливым, чтобы воспринимать перемещения моста вследствие колебаний температуры, оставаться водонепроницаемым и обеспечивать плавный переход транспорта с одного пролетного строения на другое. Это говорит о необходимости проектирования ЩМ смесей с жесткостью, как можно более близкой к жесткости прилегающей дорожной одежды и обладающих хорошей адгезией, как к материалам дорожной одежды, так и к материалу

плиты проезжей части, способные деформироваться при низких температурах и быть устойчивыми к трещинообразованию, особенно при низких температурах.

Результаты исследований [5] показывают, что пока даже при самой низкой рабочей температуре (около  $-40^{\circ}\text{C}$ ) показатели жесткости ЦМ материала ДШ и дорожной одежды (за эти показатели взяты модули упругости, определенные для материала ДШ и дорожной одежды как для сплошного материала) отличаются примерно в два раза, меньшее значение соответствует материалу ЦМДШ.

Что касается показателей адгезии – сцепления материала ЦМДШ с дорожной одеждой и плитой проезжей части по основным контактными поверхностям, то здесь следует различать сцепление при нормальном и касательном приложении нагрузки (по отношению к рассматриваемой поверхности контакта смеси заполнения и конструкций пролетных строений и дорожной одежды). При недостаточном нормальном сцеплении образуются трещины вдоль ЦМДШ по плоскости контакта ЦМДШ и дорожной одежды, при недостаточном касательном – отрыв ЦМ массы по основанию ДШ от плиты проезжей части. Как правило, при любой температуре, предел прочности на растяжение ЦМ материала оказывается выше значений нормального касательного сцеплений, и разрыв по контактными поверхностям будет происходить при напряжениях меньше напряжения текучести ЦМ материала [5], еще на стадии пластических деформаций.

Материал ДШ должен сохранять способность деформироваться на необходимую величину во всем диапазоне рабочих температур для данной местности, поэтому следует учитывать зависимость характеристик материала ДШ от температуры окружающей среды, которая имеет следующий характер. В диапазоне от максимальной рабочей температуры до температуры стеклования материала ЦМДШ, при которой происходит практически полное исчезновение пластических деформаций, материал ведет себя как вязкоупругий с большими деформациями на пределе текучести. При переходе через температуру стеклования и дальнейшем снижении температуры материал становится ломким с небольшой площадкой текучести и способен воспринимать небольшое относительное удлинение до разрыва. В зависимости от температуры, ЦМ материал показывает 0,5...7-кратное удлинение на пределе текучести (0,5 – при температурах ниже температуры стеклования, 7 – при максимальных рабочих температурах). Относительные пластические деформации также зависят от температуры и ниже температуры стеклования составляют около 0,1...0,3%, тогда как выше этой температуры увеличиваются до 1...3% и более [5].

Функцией температуры являются и другие физико-механические показатели ЦМ смесей. Так с падением температуры модуль упругости и напряжения текучести увеличиваются по кривой, близкой к экспоненте, соответственно так же снижаются относительные пластические деформации. Показатели сцепления по основным контактными поверхностям растут с понижением температуры вплоть до температуры стеклования, а затем наблюдается их снижение [5].

Следует обратить внимание на характер деформирования вязкоупругой ЦМ массы заполнения при работе в конструкции ДШ. Обеспечить равномерное распределение деформаций по всей ширине ДШ обеспечить нельзя в силу различных причин, например, неоднородности материала, конструктивного исполнения ДШ. Поэтому, при температурном перемещении моста, сжатие материала в теле ДШ практически происходит только в районе сечения, проходящего через одну из сторон металлической перекрывающей пластины (рис. 1, сечения I или II). Затем, это перемещение, локализованное на небольшой длине, перераспределяется на большую длину, максимальное значение которой зависит от модуля упругости и может быть ограничено конструктивно, например, чересчур малой шириной ДШ. Из приведенного выше видно, что основная задача расчета ЦМДШ сводится к проектированию ЦМ смеси и габаритных размеров ДШ,

которые при любой температуре внутри рабочего диапазона температур обеспечат перераспределение деформаций на достаточную длину, напряжения на которой не превысят допустимых для данного материала ЩМДШ. Также необходимо проверить сцепления по контактными поверхностям, чтобы гарантировать отсутствие сквозных трещин, ведущих к функциональному выходу из строя шва (появлению протечек).

Кроме того, одним из важнейших вопросов, от решения которого зависит применимость того или иного ЩМДШ на территории России, является вопрос определения минимальной допустимой для данного ЩМДШ рабочей температуры. К примеру, все ЩМДШ, выполняемые известными производителями для Великобритании, имеют нижний температурный предел не ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , что для России явно недостаточно. При испытаниях ЩМ смесей трех основных американских производителей предельная температура, при которой внутренние напряжения уже приводят к растрескиванию образца, лишь у одного из них достигла  $-43^{\circ}\text{C}$ , у остальных – осталась на уровне  $-26...27^{\circ}\text{C}$  [5]. Поэтому прямое использование зарубежных ЩМДШ и ЩМ материалов в российских мостах неприемлемо, поскольку, исключая южные регионы, для этого необходим ЩМДШ с минимальной рабочей температурой  $-40^{\circ}\text{C}$  и менее. По-видимому, единственным решением в данной области является разработка отечественных ЩМ смесей, отвечающих указанным требованиям.

Наконец, испытание на образование колейности, проведенное, как для образцов дорожной одежды [5], показало, что предельные глубины колеи на ЩМДШ образуются при количестве циклов испытания в два раза меньшем, чем минимальное значение для дорожной одежды. Таким образом, колейность обязательно должна образовываться на материале ДШ и функциональный срок службы ЩМДШ по этому показателю должен быть меньше, чем срок службы дорожной одежды. Учитывая указанные проблемы, некоторые зарубежные специалисты рекомендуют ЩМДШ к применению в качестве временных ДШ [3] и с некоторым риском – для постоянного применения. Некоторые производители ЩМДШ в настоящее время заявляют о полном решении проблемы колейности, но никакого экспериментального подтверждения своих слов не приводят. Ряд отечественных производителей также говорят о сроке службы ЩМДШ, исчисляемом 8-10 годами, однако подтверждения этих цифр автору пока найти не удалось. Достоверно же известно, что на объектах мостового перехода через р. Волгу у с. Пристанное было построено несколько ЩМДШ, которые без каких-либо замечаний работают уже более 5 лет, не проявляя признаков колейности, равно как и других характерных недостатков ДШ такого типа [2].

#### Список литературы.

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. Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы: учеб. пособие / А.В. Ефанов, И.Г. Овчинников, В.И. Шестериков, В.Н. Макаров. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. 173 с.

3. Ramberger G. Structural bearings and expansion joints for bridges. Structural Engineering Documents 6 / G. Ramberger. – Switzerland, Zurich: IABSE, 2002. – P. 51-89.

4. Bridge Engineering Handbook. Chapter 25. Expansion Joints / R.J. Dornisfer; Ed. by W.-F. Chen, L. Duan. – USA, Florida, Boca Raton: CRC Press, 2000. – P. 25-1 – 25-14.

5. Asphalt Plug Joints – material characterization and specification / B.K. Bramel,

C.W. Dolan, J.A. Puckett, K. Ksaibati; Wyoming Department of Civil and Architectural Engineering, University of Wyoming. – USA, Wyoming, Laramie, 2002. – 13 p.

6. Standard for asphaltic plug joints / Bridge Joint Association, 2003. – Электронный ресурс: [http://www.bridgejoints.org.uk/publications/A Standard for Asphaltic Plug Joints.pdf](http://www.bridgejoints.org.uk/publications/A%20Standard%20for%20Asphaltic%20Plug%20Joints.pdf), 2005. – 19 p.

7. BD 33/94. Expansion joints for use in highway bridge decks / The Highways Agency. – Great Britain, London, 1994. – 18 p.

Саратовский государственный технический университет (СГТУ)  
Кафедра «Мосты и транспортные сооружения»  
E-mail: [mts@forpost.ru](mailto:mts@forpost.ru)

A. V. Yefanov

Features of work and a scope of asphaltic plug joints of bridges

Saratov State Technical University (SSTU)  
«Bridges and transport constructions» department  
E-mail: [mts@forpost.ru](mailto:mts@forpost.ru)

Article contains from various aspects of application in bridges of asphaltic plug expansion joints. The main existing problems and ways of their decision are described. Experience of application, merits and demerits of this type of expansion joints is given, and also the field of their application at the present stage is outlined.