

УДК 625.745.1:624.21

**ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ И ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАЩИТЫ  
КОНСТРУКТИВНЫХ УЗЛОВ (ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ)  
ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

***Тарасеева Нелли Ивановна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное  
строительство».*

***Осипова Татьяна Викторовна,***

*Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А., г. Саратов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортное  
строительство».*

***Моршанкин Владислав Алексеевич,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,  
г. Пенза,*

*студент*

***Букин Денис Николаевич,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»,  
г. Пенза,*

*магистрант.*

**Аннотация**

С целью обеспечения долговечности конструктивных узлов, находящихся ниже деформационных швов мостовых сооружений, в статье выполнен обзор дефектов и причины возникновения. Изучены способы предупреждения и защиты несущих конструкций на стадии проектирования, учитывая не только условия эксплуатации (природные факторы, техногенные воздействия и др.), но и материал несущих конструкций.

**Ключевые слова:** мостовое сооружение, конструктивный узел, деформационный шов, повреждения.

## **REASONS FOR DESTRUCTION AND DESIGN SOLUTIONS FOR PROTECTING STRUCTURAL UNITS (EXPANSION JOINTS) OF TRANSPORT STRUCTURES**

*Taraseeva Nelli Ivanovna,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Geotechnics and road construction".*

*Osipova Tatyana Viktorovna,*

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin", Saratov,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Construction.*

*Morshankin Vladislav Alekseevich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, student.*

*Bukin Denis Nikolaevich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza, undergraduate student.*

### **Abstract**

In order to ensure the durability of structural units located below the expansion joints of bridge structures, the article provides a review of defects and the causes of their occurrence. Methods for preventing and protecting load-bearing structures at the design stage have been studied, taking into account not only operating conditions (natural factors, man-made impacts, etc.), but also the material of load-bearing structures.

**Keywords:** bridge structure, structural unit, expansion joint, damage.

Основными функциями конструктивных узлов транспортных сооружений, включающих деформационные узлы, являются обеспечение плавного движения транспортных средств по мостовому полотну, защита от попадания воды и загрязняющих веществ на ниже расположенные конструкции, предупреждение разрушения.

Сезонные и даже суточные колебания температур вызывают объемные деформации твердых тел. При значительных геометрических параметрах необходимо устройство разрывов основных несущих конструкций по длине фундамента – для жилых и промышленных зданий, пролетных строений – для мостов и путепроводов. Постоянные статические воздействия (давление грунта) и временные динамические (давление ветра, движущегося транспорта) приводят к перемещению и деформациям пролетных балок. Особенно это заметно проявляется при значительном увеличении длины транспортных сооружений в надопорной части многопролетных строений разрезной статической схемы, а также над береговыми устоями. Устройство опорных частей даёт возможность совершать свободные перемещения (вертикальные – для железобетонных пролетных строений, тангенциальные – для металлических или сталежелезобетонных). Таким образом, не только температурный фактор, но и другие воздействия приводят к изменению основных элементов транспортного сооружения, что позволило инженерам расширить понятие «температурный» шов до «деформационный». Обеспечивая функциональность сооружения в целом, необходимо также сохранять эксплуатационные качества мостового полотна, в части – безопасного движения транспортных средств и пешеходов над конструктивными стыками [1].

На разных типах искусственных сооружений, малых, средних и больших мостах в зависимости от длины устраиваются отличные по конструктиву деформационные (температурные) швы ДШ: на малых и средних мостах, зачастую закрытого типа, на больших – открытые модульного типа [2]. Кроме того, на больших мостах предпочтительнее ДШ со скользящим металлическим

листом или гребенчатого профиля, поскольку рассчитаны на большие деформации перемещения.

Значительные постройки искусственных сооружений, обеспечивающих беспрепятственное перемещение над природными (река, овраг, горная местность) и техногенными препятствиями (автомобильная или железная дорога, стесненные условия городской планировки) проектируют с достаточно большим сроком эксплуатации – 50÷70 лет. Как показали исследования эксплуатируемых объектов, самые слабые и уязвимые места на мостовом полотне – это деформационные швы. По нормативным документам Росавтодора, по окончании строительства на данный конструктивный элемент даётся гарантия до 10 лет. Как обычно ДШ выходят из строя раньше времени.

Результаты натурных исследований мостов на разных технических категориях автомобильных дорог в Пензенской области позволили определить на всех этапах жизненного цикла наиболее распространенные причины:

- климатические воздействия (перепады температур, неравномерные осадки и т.п.);

- механическое воздействие движущегося транспорта, а также аварийное или ударное, например, дорожная техника в виде грейдера или комбинированная дорожная машина всесезонного использования в процессе выполнения работ по содержанию задевают профиль или скользящий лист;

- действие абразивных факторов (конструкции проезжей части) в том случае, когда со стороны мостового полотна попадают инородные тела, такие как лед, песок;

- неправильный температурный расчет диапазона раскрываемости шва.

Выполненная оценка состояния инженерных сооружений на автомобильных и городских дорогах в г. Пензе и области позволила выявить наиболее значимые дефекты деформационных швов, возникающих в процессе эксплуатации:

- шелушение или разрушение бетона в околошовной зоне, которые могут повлиять на долговечность самой конструкции профиля модульного шва;

— разгерметизация резинового компенсатора (т.е. резиновые усики выходят из пазов металлического профиля), в результате чего происходит протечка песчано-соляной смеси на подферменники и ригель, что вызывает коррозию арматуры и выщелачивание бетона (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Разрушение несущих конструкций Сурского моста, г. Пенза

Визуальный осмотр показал последствия нарушения функциональных характеристик деформационных швов, в частности, разгерметизация стыкового соединения привела к увлажнению балок пролетного строения, ригеля, выщелачиванию бетона, обнажению рабочей арматуры и, как результат, нарушена целостность и надежность несущих элементов, в том числе, и опор моста, состояние которого признано неудовлетворительным.

—деформация конструктивных узлов, выдавливание и загиб профиля под физическим воздействием (Рисунок 2);

—разрушение в целом самого пролетного строения при изменении интервала расчётных температур, а именно, при расширении в летнее время года при удлинении пролетного строения плита упирается на первой и последней опорах на шкафные стенки, что разрушает конструктив самой шкафной стенки и может привести к сдвигу переходных плит.



Рисунок 2 – Дефекты деформационного шва

Выполнены натурные исследования технического состояния элементов мостового полотна. Установлено, что слабым местом является околошовная зона, непосредственно воспринимающая линейные деформации: расширение пролетного строения или укорачивания мостового полотна в продольном направлении. Обнаружили локальное разрушение покрытия вдоль ДШ (Рисунок 2), которое произошло в процессе эксплуатации от действия резких скачков температуры не только в зимний / весенний период (Рисунок 3), когда происходят структурные разрушения материала. Заделка околошовной зоны материалами, обладающими различными теплофизическими и механическими свойствами, не принесет положительного результата, поскольку при скачках температуры бетон более работает эффективно (т.к. не воспринимает повышение  $T$ , °C), а асфальтобетон размягчается. Комбинированный вариант возможен на дорогах федерального назначения, в городе нельзя, в том числе, по эстетическим соображениям.

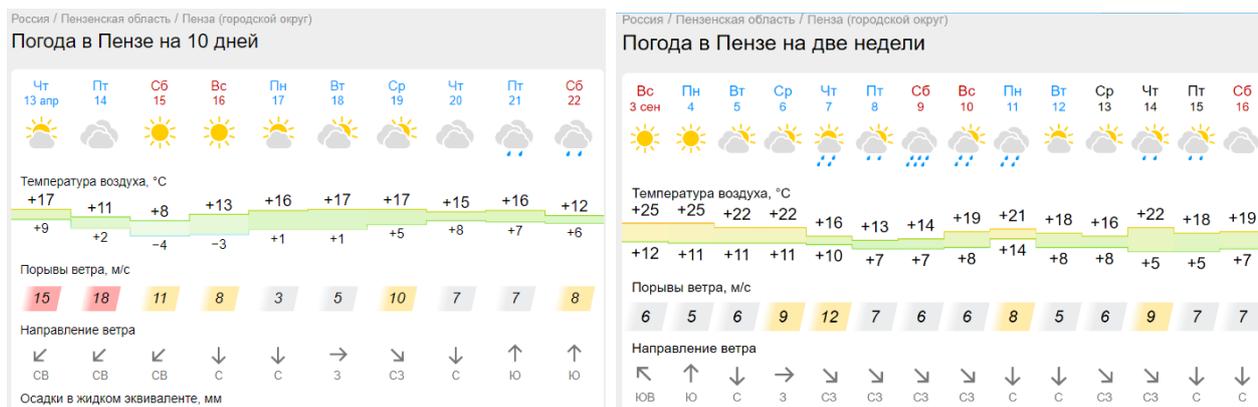


Рисунок 3 – Перепад температур в весенний и осенний периоды соответственно

Перепады температур негативно сказываются на работе конструктивных элементов мостового сооружения. Ранее при проектировании учитывались среднемесячные температуры. Современные зарубежные стандарты и постепенно отечественные начинают учитывать среднесуточные значения, что позволяет наиболее качественно учесть деформации материалов [3, 4]. Также следует учитывать дополнительные нагревы верха конструкций, вызванные, к примеру, проведением ремонтно-технологических работ. При значительной длине мостов возможно применение опорных частей и узлов соединения пролетных строений (деформационных швов) как по длине, так и на концах (в узлах сопряжения с насыпью подходов).

Полное температурное перемещение не свободного конца пролетного строения определяют по следующей формуле:

$$\Delta_T = \gamma_T \cdot \alpha \cdot L \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где  $\gamma_T$  – коэффициент надежности для температурных воздействий;

$\alpha$  – коэффициент линейного температурного расширения,  $K^{-1}$ ;

$L$  – расчетная длина конструкции пролетного строения, с которой собираются перемещения (расчетная длина «цепи» пролетных строений);

$\Delta T$  – интервал изменения расчетных температур от  $T_{min}$  до  $T_{max}$  с учетом увеличения данного интервала вследствие прогрева конструкции солнцем, в том числе неравномерного, и неодинакового распределения температур по сечению элемента.

Следовательно, способы предупреждения и защиты должны быть разработаны уже на стадии проектирования, учитывая не только условия эксплуатации (природные факторы, техногенные воздействия и др.), но и материал несущих конструкций, а также методы антикоррозионной защиты [4], с целью обеспечения долговечности всех конструктивных узлов, находящихся ниже от деформационных швов. А также предупредительные мероприятия, своевременная разработка которых возможна при выполнении круглогодичной диагностики.

Для того, чтобы сохранить целостность конструктивного узла (ДШ) мостовыми либо дорожными организациями проводится осмотр и содержание искусственных сооружений, которые в зависимости от периода года, включают следующие виды работ: очистка резиновых компенсаторов открытых швов, заливка трещин мастикой в зоне соприкосновения конструктива с дорожной одеждой, замена электрозаклепок скользящих металлических листов на закрытых швах, проверка на герметичность.

Анализ натуральных исследований объектов транспортной инфраструктуры, а также научно-технической литературы и накопленного отечественного и зарубежного опыта показывает необходимость разработки мероприятий по защите конструктивных узлов в течение всего жизненного цикла, начиная на стадии проектирования, далее – строительства и эксплуатации (содержания). Поскольку нарушение проектных параметров мостового сооружения не только приводит к ухудшению эксплуатационных показателей, но и создаёт аварийно-опасную обстановку, разрушения могут быть глобальные.

#### **Библиографический список:**

1. Осипова Т.В. Факторы, оказывающие влияние на безопасность движения автомобилей // Вестник научных конференций. 2017. № 6-3 (22). С. 91-93.

2. Тарасеева Н.И., Калашников А.В. Анализ конструктивных особенностей деформационных швов автодорожных мостовых сооружений [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №4.

3. Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы: Учебное пособие / А.В. Ефанов, И.Г. Овчинников, В.И. Шестериков, В.Н. Макаров. Саратов: СГТУ, 2005. 174 с.

4. Ахроров Ш.А.У., Овчинников И.И. Повышение долговечности железобетонных мостовых сооружений (первичная и вторичная защита) // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 3.