

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ШВІВ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

Коваль П.М.

Полюга Р.І.

Фаль А.Є.

Бойко С.І.

Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна

Проїзна частина мостів знаходиться у важких умовах експлуатації. На неї безпосередньо впливають різноманітні атмосферні фактори, вона піддається значній кількості знакозмінних коливань температури. В зимовий період проїзна частина, а разом з нею і деформаційні шви обробляються протиожеледними засобами. Поряд з тим відбувається постійний ріст інтенсивності руху на дорогах, особливо у районах розміщення великих міст, зберігається тенденція до збільшення осьових навантажень від транспортних засобів. Всі ці фактори ставлять перед конструкціями деформаційних швів вимоги щодо надійності, довговічності, технологічності, експлуатаційності і навіть естетичності.

До деформаційних швів висуваються ряд вимог, зокрема від безпосередніх їх «користувачів» (водіїв, пішоходів, людей, що проживають біля мостів). Свої вимоги висувають експлуатаційні організації. Низка вимог представлена проєктантами, а також організаціями – замовниками будівництва або ремонту мостів. При дотриманні всіх цих вимог можна говорити про забезпечення експлуатаційної надійності деформаційних швів.

В цілому можна сформулювати наступні вимоги до конструкції сучасного деформаційного шва:

- забезпечення безпеки та комфортності руху;
- низька шумова емісія;
- дотримання екологічних вимог;
- естетичність конструкцій;
- здатність сприймати розрахункові переміщення;
- висока міцність конструкцій деформаційних швів та їх елементів;
- надійність і довговічність конструкцій;
- мінімальний вплив деформаційних швів на конструкції моста;
- водонепроникність конструкцій;
- простота експлуатації;
- ремонтпридатність та простота монтажу конструкцій;
- універсальність конструкцій.

До недавнього часу серед мостовиків – будівельників не приділялась належна увага важливості деформаційних швів, вони вважались допоміжними конструкціями. Проектуванням та виготовленням швів займалися самі мостобудівельні організації, використовуючи для розрахунку елементів швів загальні підходи інженерних розрахунків. За кордоном же

деформаційні шви проектують спеціалізовані підприємства, використовуючи при цьому ретельно опрацьовані і науково підтвержені методи розрахунку, їх виготовляють із якісних та довговічних матеріалів, що відповідають високим вимогам міцності та витривалості. Звичайно, це відображається на вартості сучасних конструкцій швів – у випадку значних переміщень ціна одного погонного метра шва може становити десятки тисяч євро. Саме тому за складністю конструкцій, характером роботи та складністю виготовлення (особливо у випадку сприйняття великих переміщень) сучасні деформаційні шви оцінюються як вироби не будівельної, а машинобудівної галузі.

Багаточисельні обстеження мостів показують, що більшість конструкцій деформаційних швів, що застосовувались в останні 10-30 років в Україні, не відповідає вимогам сучасних умов експлуатації. Порушення роботи швів призводить до суттєвих експлуатаційних витрат як на їх ремонт, так і на очистку прогонових будов, опор, ригелів, опорних частин, отже всіх основних елементів. Окрім цього, від стану деформаційних швів безпосередньо залежить безпека руху на мості як транспорту, так і пішоходів.

Недоліки конструкцій деформаційних швів пояснюються рядом причин: недостатнім рівнем вивчення роботи конструкцій швів у прогонових будовах, відсутністю методів розрахунку їх конструкцій і обґрунтованих критеріїв призначення допустимих переміщень, відсутністю чітких даних про характер взаємодії автомобіля з конструкціями шва і зусиль, що передаються на них. Як наслідок, в Україні відсутні будь – які нормативні документи, що обумовлюють проектування, виготовлення, експлуатацію деформаційних швів. Інша ситуація у європейській країнах. Наприклад, у Німеччині розроблено нормативний документ [1], де вказано вимоги щодо постачання та контролю якості водонепроникних переходів дорожнього одягу вулиць та мостів, тобто деформаційних швів. Кожен виробник швів має пройти перевірку продукції згідно вимог норм [1]. У разі невідповідності вимогам, вказаним у цих нормах, продукцію застосовувати заборонено. У ДБН В.2.3-14 „Мости і труби. Правила проектування” [2], що діє на даний час в Україні, інформація щодо деформаційних швів викладена всього у кількох абзацах. Проте вказано, що розрахунковий термін довговічності швів як елементів, заміну яких передбачено протягом терміну служби моста, становить 20 років. Це важливо, тому що навіть такої вимоги у попередньому нормативному документі [3] не було.

Наслідком такої „білої плями” у нормативній галузі є те, що інженери – проектант не володіють достатньою інформацією про існуючі у світі конструкції деформаційних швів, не знають про їх поведінку у транспортних спорудах, області застосування, недоліки і переваги. Через це у проектах передбачають застарілі конструкції швів, що не відповідають вимогам надійності та довговічності, заданим умовам експлуатації. Трапляється навіть, що для мостів застосовуються деформаційні шви, що призначені для використання на автомагістралях з жорстким покриттям [4]. Такі шви не розраховано на підвищені деформації (у порівнянні з автодорогами), не враховують просторових переміщень прогонових будов, тому і коштують дешевше. Як наслідок, незнання роботи конструкції та бажання зекономити кошти призводять до передчасного виходу з ладу конструкцій швів з усіма відповідними наслідками.

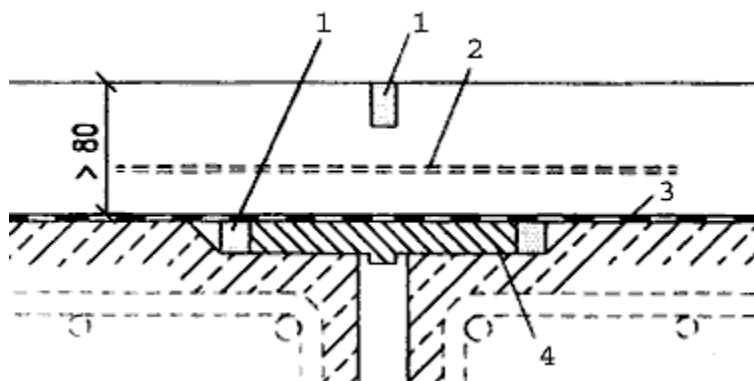
На даний час відома значна кількість різноманітних швів (рис. 1). Розглянемо найбільш наглядну класифікацію їх за зовнішніми ознаками [5], відзначимо типові дефекти кожного з типів.



Рис. 1. Класифікація конструкцій деформаційних швів

Відкритий тип шва характеризується незаповненим проміжком між конструкціями, для яких здійснюється спряження. У швах закритого типу проміжок зверху закритий покриттям проїзної частини, влаштований без розриву. В заповнених швах – заповнений певним матеріалом, але покриття виконане з розривом. Перекриті шви вирізняються певним елементом, яким перекритий проміжок у рівні верха проїзної частини.

Деформаційні шви закритого типу застосовують в прогонових будовах малої довжини при переміщеннях $\Delta l = 20 \div 30$ мм (рис. 2). Їх перевагами є дешевизна, простота при виготовленні та ремонті, недолік – відсутність герметичності. Слід зазначити, що дані шви з використанням металевих компенсаторів петлевої форми визнані непридатним до експлуатації в сучасних умовах. Розроблено конструкції щелепних компенсаторних швів, мастикових з влаштуванням вузької штраби, що заповнюється потім еластичним заповненням (так званих „фальшивих” швів). В якості компенсатора використовується металева кришка або склотканина. При більших переміщеннях влаштовується бітумно-гумова або бітумно-асбестова шпонка.



1 – пластичний заповнювач (мастика); 2 – армування дорожнього одягу;
3 – гідроізоляція мостового полотна; 4 – металевий або пружний опорний елемент

Рис. 2. Конструкція деформаційного шва закритого типу

Вважається, що основною причиною руйнування швів закритого типу (рис. 3) – це використання їх при більших переміщеннях, ніж може сприйняти асфальтобетон без появи в них тріщин [5]. Тому слід обмежити область використання деформаційних швів закритого типу.

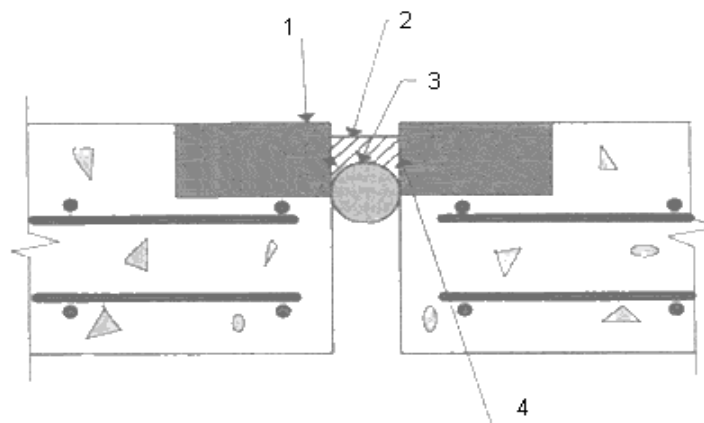


а

б

Рис. 3. Розладнання деформаційного шва закритого типу (а) та його наслідки (б): руйнування бетону торців балок та в місцях встановлення опорних частин, руйнування опорних частин, корозія арматури

Заповнені шви (рис. 4) призначено для компенсації більших переміщень – $\Delta l = 30 \div 80$ мм, для деяких конструкцій може бути забезпечена герметичність. Серед конструкцій швів заповненого типу вирізняються два різновиди – із стальним облямуванням і без нього, призначення облямуванням – захист крайок асфальтобетонного покриття від руйнування.



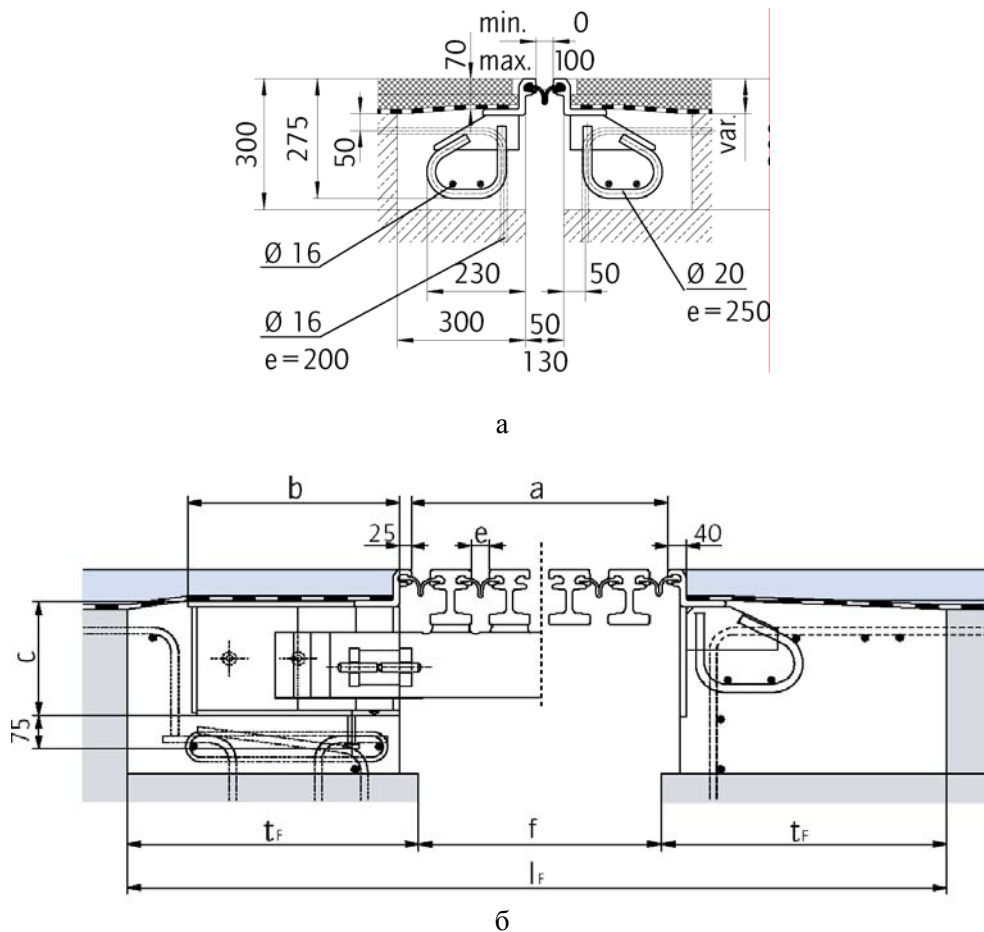
1 – полімербетонний прилив (облямування); 2 – матеріал заповнення зазору (пінополіетилен); 3 – ущільнювач зазору; 4 – адгезійний шар (праймер)

Рис. 4. Конструкція деформаційного шва закритого типу

Розповсюджені дефекти швів без облямування – руйнування мастики, заповнення проміжку брудом, руйнування крайок шва і асфальтобетону біля крайок. В ході досліджень виявлено [5], що, як і у випадку з закритими швами, вказаний тип швів застосовують в умовах, де не можна забезпечити нормальну роботу всіх елементів – при надто великих переміщеннях та при мінусових температурах, які нижчі від температури крихкості бітумних мастик для заповнення швів. До причин незадовільного стану швів з облямуванням слід віднести недостатнє його анкерування (як наслідок – відрив облямування від несних конструкцій), забруднення лотків та погіршення водовідводу, порушення плавності проїзду автомобілів. Тобто надійне анкерування має не менше значення, ніж вимоги до адгезійної та когезійної міцності матеріалу заповнення.

Набули розвитку значно надійніші конструкції швів з гумовими компенсаторами (рис. 5). Використання гуми дозволяє забезпечити повну герметичність, створити більш надійні конструкції, подовжити термін служби швів. Розрізняють такі види швів за способом закріплення компенсатора: за рахунок попереднього обтиску гуми, застосування клеїв холодного твердіння, використання вулканізації гуми до металу, влаштування механічного кріплення гуми до металу.

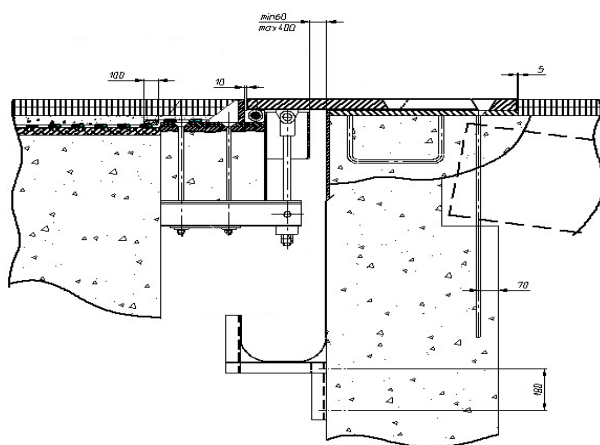
Вирізняються модульні шви, які мають кілька гумових компенсаторів в поперечнику (рис. 5, б). За рахунок модульної конструкції можна забезпечувати значні переміщення ($\Delta l < 80\text{мм}$).



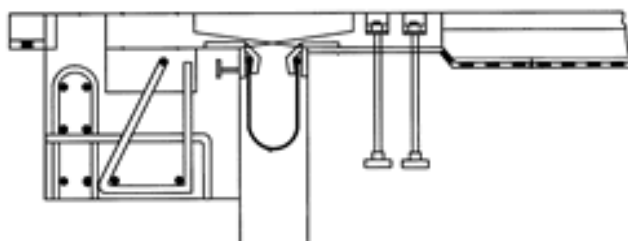
a – однопрофільний D100 ($\Delta l \pm 50\text{мм}$); *б* – модульний D400 ($\Delta l \pm 200\text{мм}$)

Рис. 5. Конструкції стрічкових деформаційних швів з гумовими компенсаторами

Перекриті шви передбачаються при переміщеннях $\Delta l < 80\text{мм}$ (рис. 6). Найбільшого розповсюдження набули конструкції з ковзними листами та гребінчатого типу. Обстеження показують основні дефекти цього типу швів. Для ковзних листів характерні відриви сталевих листів та облямування, руйнування анкерування, стукіт при проїзді автотранспорту, руйнування покриття при швах, забруднення лотків, порушення водовідводу та ін. Досліджено [6], що вже через кілька місяців після вводу в експлуатацію шов починає стукати при проїзді автотранспорту, а його кріплення руйнується. Введення в конструкцію притисних пружин не дає вагомого ефекту, так як через деякий час пружини послаблюються, стукання поновлюється. Крім цього, такий тип шва пропускає через себе воду, важко підлягає обслуговуванню, лотки водовідвіду засмічуються, метал кородує.



а



б

а – з ковзним листом; б – гребінчатий шов

Рис. 6. Конструкції перекритих деформаційних швів

Відсутність герметичності притаманна і гребінчастим швам. Окрім цього, огляди виявляють заклинювання між зубами твердих предметів, внаслідок чого зуби ламаються. Шпари між ними постійно забиті брудом, який не дозволяє гребінці переміщуватись на розрахункові довжини, в результаті чого анкерування руйнується. З цього випливає, що гребінчасті шви вимагають налагодженої системи експлуатації.



а



б



в

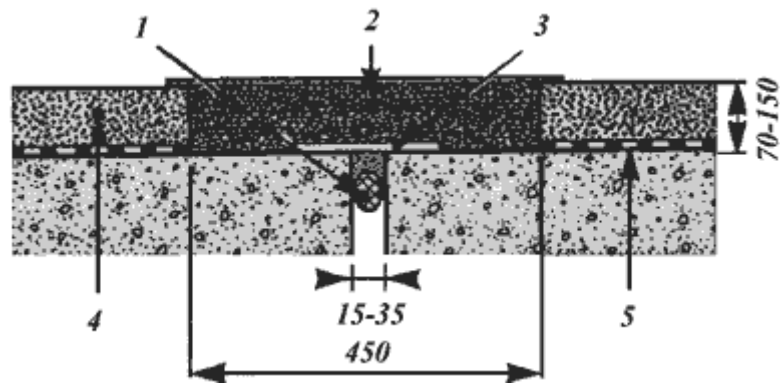


г

Рис. 7. Руйнування конструкцій деформаційних швів типу „ковзний лист” (а, б), вилугування бетону, руйнування торців балок (в), застої води в закритих коробках прогонових будов (г)

На даний час на транспортних спорудах експлуатується велика кількість типів деформаційних швів. Постійне їх вдосконалення та розвиток створили значну кількість їх різновидів. Значна частина конструкцій в даний час не використовується через невдалі конструктивні або технологічні рішення. Слід зазначити, що приведена класифікація (рис. 1) в певній мірі застаріла і потребує уточнень, врахування нових конструкцій. Наприклад, слід вилучити з класифікації відкритий тип швів, так як на практиці він не застосовується і практично не зустрічається. Зараз можна виділити як найбільш перспективні деформаційні шви закритого та заповненого типу, щебенево-мастикові шви та стрічкові з гумовими компенсаторами (одно- і багатопрофільні), причому два останніх типи на даний час найбільш широко використовуються.

Щебенево-мастикові шви сприймають горизонтальні поздовжні переміщення $\Delta l = 5 \div 40 \text{ мм}$ (рис. 8). Нерідко вони розглядаються як деформаційні шви закритого типу, проте слід їх віднести до окремої групи [7]. Це пояснюється тим, що, на відміну від закритого шва, щебенево-мастиковий шов являється окремою конструкцією, яка проектується окремо від інших конструкцій моста. Натомість закритий тип шва невід'ємно прив'язаний до конструкції дорожнього одягу, що сприймає переміщення, і є одним із найважливіших його елементів.



*1 – ущільнювач (пористий матеріал); 2 – щебенево-мастикові суміш; 3 – опорна пластина;
4 – покриття проїзної частини; 5 – гідроізоляція мостового полотна*

Рис. 8. Конструкція щебенево-мастикового деформаційного шва

За час експлуатації цього типу швів (близько 5 років) було виявлено наступні дефекти: порушення герметичності та незадовільні умови проїзду автотранспорту через деформаційний шов. Виявлено, що необхідно вирішувати проблеми утворення колійності та низькотемпературної крихкості матеріалу заповнення шва. Є рекомендації [8] використовувати щебенево-мастикові шви як тимчасові конструкції.



а



б

*а – порушення герметичності;
б – утворення колійності, винос матеріалу заповнення на проїзну частину*

Рис. 9. Дефекти конструкцій щебенево-мастикових швів

Стрічковим деформаційним швам з гумовими компенсаторами нехарактерні вказані вище дефекти. Порушення герметичності є можливим тільки при прорізанні гумового профіля, що практично не зустрічається. Проте навіть при наявності прорізів компенсатори легко підлягають заміні. Кінцеві профілі швів міцно з'єднані з елементами прогонових будов за допомогою анкерів. Більш широкому впровадженню цього типу швів при новому будівництві ремонту та ремонті мостів заважає їх відносно висока вартість. Натомість з врахуванням гарантійного терміну служби 30-40 років загальна вартість експлуатації стрічкових деформаційних швів буде економічно виправданою.

Таким чином, підсумовуючи вище сказане, слід зробити наступні висновки:

1. В Україні відсутні нормативні документи, що обумовлюють проектування, виготовлення, експлуатацію деформаційних швів.
2. Потрібна цільова програма Укравтодору щодо теоретичних та лабораторних досліджень, моніторингу натурних об'єктів сучасних конструкцій деформаційних швів для визначення їх придатності та доцільності подальшого застосування.
3. Після вищевказаних досліджень необхідно розробити рекомендації щодо застосування різних типів деформаційних швів в залежності від їх призначення. При розробці рекомендацій слід використовувати досвід європейських країн. Рекомендації повинні лягти в основу майбутнього нормативного документу вищого рангу (ДБН, ДСТУ).

4. На даний час слід заборонити проектним та будівельним організаціям використання застарілих конструкцій деформаційних швів, що не забезпечують сучасні вимоги до них (герметичність, довговічність, безшумність та плавність проїзду, безпеку руху тощо).

Література

1. Die Technischen Liefer- und Pruefvorschriften fuer wasserunderschlaessige Fahrbahnuebergaenge von Strassen – und Wegbruecken (TL/TP-FÜ 92), Ausgabe 1992, Deutschland.
2. Державні будівельні норми України. Мости та труби. Правила проектування. (ДБН В.2.3 14:2006) – Держбуд України, 2006. – 356 с.
3. Строительные нормы и правила. Мости и трубы. Нормы проектирования (СНиП 2.05.03-84) // Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.-200 с.
4. Ефанов А.В., Иванов О.К., Овчинников И.Г. Проблемы применимости и эксплуатационной надежности деформационных швов мостовых сооружений //Транспортное строительство, 2007. – №4. – С. 15-20.
5. Шестериков В.И. Деформационные швы в автодорожных мостах. М: Транспорт, 1978. – 149 с.
6. Лившиц Я.Д., Виноградский Д.Ю., Руденко Ю.Д. Автодорожные мости (проезжая часть). К: Будівельник, 1980. – 159 с.
7. Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы: Учебное пособие // Ефанов А.В., Овчинников И.Г., Шестериков В.И., Макаров В.Н. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. 174 С.
8. Ramberger G. Structural bearings and expansion joints for bridges. Structural Engineering Documents 6 // G. Ramberger. – Switzerland, Zurich: IABSE, 2002. – P. 51-89.