

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ОПОРНИХ ЧАСТИН АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

В статті наведено опис конструкцій опорних частин автодорожніх мостів, їх класифікацію. Особливу увагу приділено ефективним опорним частинам з використанням еластомерних матеріалів: гумовим, стаканним, сферичним. Вказано на характерні дефекти опорних частин та вимоги, що направлені на забезпечення їх експлуатаційної надійності.

В статье приведено описание конструкций опорных частей автодорожных мостов, их классификация. Особое внимание уделено эффективным опорным частям с использованием эластомерных материалов: резиновым, стаканным, сферическим. Указаны характерные дефекты опорных частей и требования, направленные на обеспечение их эксплуатационной надежности.

In the article the description of structural bearing types for roadway bridges and their classification is given. Special attention is paid to effective bearings with elastomeric materials – rubber, pot, spherical ones. Characteristic defects of structural bearings and demands of serviceability are noticed.

Опорні частини є важливими елементами мостів, що забезпечують розрахункові умови роботи всіх конструкцій: прогонових будов, опор, насипів підходів. Опорні частини призначені для передачі опорних реакцій прогонових будов на опори і забезпечення кутових і поступальних переміщень опорних перерізів прогонових будов відповідно до розрахункової схеми опорних закріплень.

Автодорожні мости характеризуються значною різноманітністю по ширині, плану і профілю. Це ж відноситься до мостів, естакад, шляхопроводів і транспортних розв'язок в містах, коли складні по організації руху споруди доводиться вписувати в порівняно обмежений простір. Вказані особливості призводять до необхідності розташування споруд на кривих малих радіусів і з граничними величинами ухилів, використання нерозрізних прогонових будов великої або змінної ширини, використання нерегулярної розбивки споруд на прогони, щоб зберегти складні підземні і наземні інженерні комунікації, що перетинаються, і магістралі. Всі ці обставини визначають особливості підбору і розташування опорних частин на автодорожніх мостах і міських транспортних спорудах.

До останнього часу основними типами опорних частин в мостах були сталеві опорні частини, що застосовувалися в мостобудуванні протягом довгого часу. При будівництві сучасних мостів індивідуального проектування (монолітних залізобетонних, багатопролітних нерозрізних, кривих в плані і профілі) необхідні зовсім інші види опорних частин. Використання сучасних конструкцій і технологій, застосування нових матеріалів з покращеними фізико-

механічними характеристиками привели до розробки нових типів опорних частин, невеликих по габаритах і менш матеріалоемних. З врахуванням металоємності і вартості на теперішній час опорні частини ковзання з використанням синтетичних матеріалів в автодорожніх мостах практично повністю замінили металеві. Тому при капітальному будівництві слід застосовувати ефективні опорні частини з використанням еластомерних матеріалів: гумові, поліуретанові, стаканні, сферичні. Металеві тангенціальні, секторні і коткові опорні частини рекомендуються при ремонті для заміни опорних частин, що вийшли з ладу.

Слід зазначити, що експлуатаційний стан опорних частин прямим чином залежить від стану деформаційних швів над ними. Якщо шов вийшов з ладу і втратив герметичність, то вода з нього потрапляє на опорні частини і торці прогонових будов, що призводить до їх руйнування (рис. 1).

Типові дефекти металевих опорних частин – корозія металу, відсутність графітового мастила на поверхнях ковзання, угон опорних частин, руйнування анкерного кріплення до опор внаслідок заклинювання опорних частин (рис. 2, 3, а).

Присутні дефекти і для найбільш поширених опорних частин з використанням еластомерів – гумових (рис. 3, б). Для них характерні розриви гуми, викривлення бокових поверхонь, наявність місцевих випирань гуми і непростеювань по торцях сталевих листів, наявність зазорів між опорною частиною і опорною площадкою прогонової будови чи балки.



а)



б)

Рис. 1. Наслідки розладнання деформаційних швів:
а) – руйнування бетону торців балок та в місцях встановлення опорних частин;
б) – руйнування залізобетонних валкових опорних частин

Повний асортимент типів опорних частин, що виробляються для мостів, дуже різноманітний. Детальна класифікація опорних частин приведена у частині 1 європейських норм [1]. Даною класифікацією слід користуватись при використанні опорних частин, вироблених у країнах ЄС. Слід зазначити, що [1] складається з 11 розділів і охоплює всі типи опорних частин, а також питання, що пов'язані з їх проектуванням, влаштуванням, експлуатацією.

В Україні на даний час діє тільки інструкція [2], відповідно до якої проектувались та влаштовувались полімерні опорні частини, що застосовувались на території СРСР.

Нижче подане узагальнення типів опорних частин в залежності від принципу реалізації переміщень (табл. 1).

В залежності від характеру переміщень опорні частини поділяються на нерухомі і рухомі. Нерухомі опорні частини забезпечують свободу тільки кутових переміщень у вертикальній та/або горизонтальній площині, передаючи на опору тільки вертикальне і горизонтальне навантаження, рухомі – передають на опору вертикальні навантаження і забезпечують свободу кутових і горизонтальних лінійних переміщень.

В свою чергу рухомі опорні частини розділяються на:

- всесторонньо-рухомі, що забезпечують лінійні і кутові переміщення опорних вузлів прогонових будов у всіх напрямках;
- лінійно-рухомі, що забезпечують свободу лінійних переміщень тільки в одному напрямку, кутові – у всіх напрямках.

Нерухомі опорні частини по принципу реалізації кутових переміщень поділяються на плоскі, тангенціальні, балансірні, стаканні, сферичні, гумово-сталеві відповідно.

Рухомі опорні частини по принципу реалізації лінійних переміщень поділяються на:

- кочення (одно- та багатокоткові, одно- та багатовалкові, секторні);
- ковзання (плоскі, тангенціальні, стаканні, сферичні);
- пружні (гумові, поліуретанові).

Як вже зазначалось, на даний час металоємкі конструкції опорних частин кочення в автодорожніх мостах практично повністю витиснені комбінованими опорними частинами ковзання, тому на них зупинимось детальніше.



а)



б)

Рис. 2. Дефекти металевих опорних частин – корозія металу, відсутність мастила на поверхнях ковзання, угон опорних частин:
а) – багатовалквова опорна частина; б) – тангенціальна опорна частина

У гумових опорних частинах кутові і лінійні переміщення опорних вузлів пролітних будов забезпечуються деформацією гуми, привулканізованої до сталевих листів арматури.

У скляних опорних частинах (рис. 4, д, е) вертикальна сила передається через скляноподібний елемент, заповнений аморфним матеріалом – еластомером. Поворот опорного перерізу забезпечується деформацією еластомеру як в'язкої рідини.

У сферичних опорних частинах (рис. 4, б, в) поворот опорного перерізу забезпечується ков-

занням кульового сегменту по ввігнутій сферичній поверхні нижнього елемента. Свобода повороту визначається малою величиною тертя по поверхні ковзання, для чого ввігнута сферична поверхня покривається антифрикційним матеріалом, а поверхня кульового сегменту, що сполучається, виконується із стійкого до корозії металу і полірується. Сферичні опорні частини з'явилися як подальший розвиток комбінованих опорних частин, які допускають поворот опорних перерізів в будь-якій площині і менш вимогливі до допусків при установці.



a)



б)

Рис. 3. Дефекти опорних частин:

a – угон металевих секторних опорних частин;

б – розриви між гумою і армуючими листами гумової опорної частини

Свобода повороту досягається малою величиною тертя по сферичній і плоскій поверхнях ковзання, утворюваним листовим фторопластом і полірованою нержавіючою сталлю. Зазвичай застосовують листи фторопласту завтовшки 5...6 мм, які при виготовленні вводяться в металеві елементи і виступають над їх поверхнею на 2,5 мм. Цим виключається контакт металевих поверхонь один з одним під навантаженням.

Поступальні переміщення опорних перерізів комбінованих опорних частин забезпечуються парою ковзання з анкерною плитою. Як прави-

ло, пара ковзання розташовується у верхній частині конструкції, що дозволяє досить простими засобами захистити її від забруднення. У сучасних опорних частинах як пара ковзання використовують нержавіючу поліровану сталь і антифрикційний матеріал, зокрема, листовий фторопласт (політетрафторетилен). Така пара ковзання забезпечує коефіцієнт тертя від 0,01 до 0,12 залежно від середнього тиску на фторопласт і температури зовнішнього повітря. Коефіцієнт тертя підвищується при пониженні температури і знижується при збільшенні середнього тиску на фторопласт.

Класифікація типів опорних частин

Опорні частини														
Нерухомі						Рухомі								
						Кочення			Ковзання				Пружні	
						Коткові		Секторні	Плоскі	Тангенціальні	Стаканні	Сферичні	Гумові	Поліуретанові
Одно- та багатокоткові	Одно та валкові													
Плоскі	Тангенціальні	Балансирні	Стаканні	Сферичні	Гумово-сталі	Одно- та багатокоткові	Одно та валкові	Секторні	Плоскі	Тангенціальні	Стаканні	Сферичні	Гумові	Поліуретанові

Для забезпечення кутових переміщень опорних перерізів дані опорні частини мають елементи обертання, які застосовують у нерухомих опорних частинах – тангенціальні (рис. 4, *з*), стаканні (рис. 4, *д*, *е*), сферичні (рис. 4, *б*, *в*), пружні (рис. 4, *а*).

Окрім розглянутих вище всесторонньо рухомих опорних частин ковзання застосовуються і лінійно-рухомі опорні частини, що забезпечують горизонтальні переміщення лише в одному заданому напрямі. Для мостів на прямих - це напрями вздовж або впоперек осі моста. Переміщення опорних частин лише в одному напрямі вирішується пристроєм на плиті ковзання направляючих силових бортів з бічними парами ковзання (рис. 4, *а*, *б*) або направляючих планок на плитах ковзання по осі опорної частини з відповідними пазами в середніх опорних елементах (рис. 4, *е*).

Поверхні ковзання при виготовленні опорних частин мають бути ретельно оброблені і надійно захищені від пошкоджень під час транспортування, монтажу і експлуатації. При використанні фторопласту для збереження в часі нормативного рівня коефіцієнта тертя потрібне мастило, яке закладається при виготовленні в змащувальні гнізда у фторопластовому листі і поступає на поверхні ковзання при переміщеннях в процесі експлуатації.

При зсувах верхнього листа ковзання мастило затягується в зону контакту між ним і антифрикційним листом. Додавання змащуючої речовини в процесі експлуатації сучасних конструкцій ковзаючих опорних частин неможливе. Заміна мастила виконується лише при розвантаженні опорних частин і їх повному розбиранні.

Як антифрикційний шар можуть бути використані і інші матеріали. Так, німецька фірма *Mauger Söhne* замість фторопласту в опорних частинах використовується матеріал власної розробки *MSM*, що володіє підвищеною стійкістю до стирання і великою довговічністю. У російських опорних частинах використовується *Даклен-1*, що є двошаровою тканиною, що має різний склад волокон на лицьовій і зворотній сторонах. Така структура тканини дозволяє мати матеріал з високими антифрикційними властивостями і надійно скріплювати його за допомогою клею з металевою основою [3].

Вид опорних частин, їх конструкція та типорозмір, а також кількість у транспортній споруді визначається проектантом на основі статичної схеми конструкції, величини зусиль, що передаються на опорну частину, розрахункових лінійних та кутових переміщень опорних вузлів прогонових будов, кліматичних умов району будівництва. Важливе значення мають також положення моста і прогонової будови в плані та профілі.

Всі ці дані відображаються в маркуванні опорних частин, що повинно містити:

- тип опорної частини;
- порядковий номер виробника;
- максимальне проектне значення несучої здатності по нормальній та поперечній силі;
- максимальне проектне переміщення;
- місце розміщення в транспортній споруді;
- напрям опорної частини при монтажі.

При обчисленні розрахункових переміщень опорних частин враховують переміщення від дії температури, усадки і повзучості бетону, тимчасового вертикального навантаження, гальмування, сейсмічні навантаження.

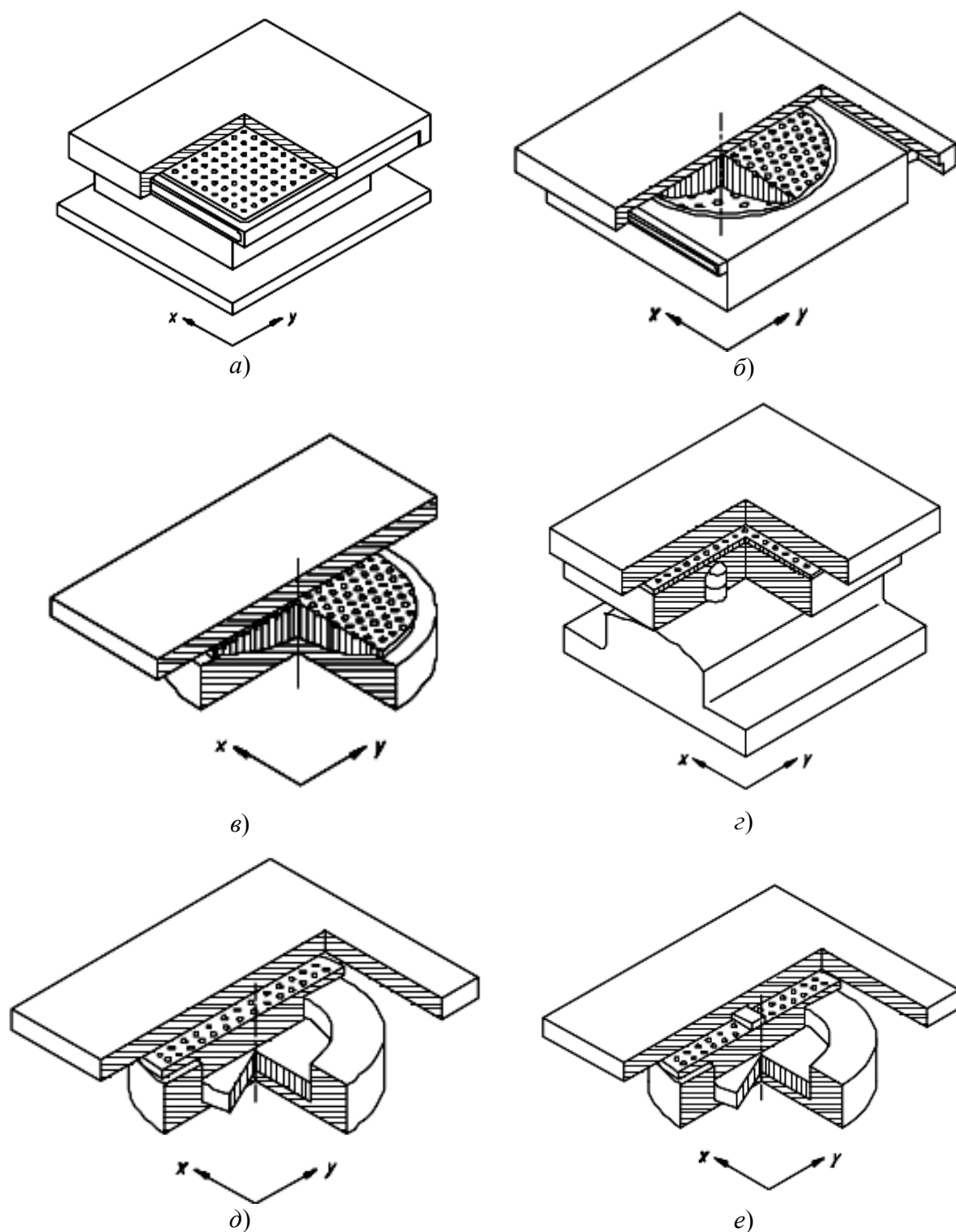


Рис. 4. Комбіновані опорні частини:

a) – гума з елементом ковзання з фіксацією переміщень в одному напрямку; *б)* – те ж, сферична; *в)* – всесторонньо рухома сферична; *г)* – те ж, тангенціальна; *д)* – те ж, стаканна; *е)* – стаканна з елементом ковзання з фіксацією переміщень в одному напрямку

Нормативне переміщення від впливу усадки і повзучості бетону вираховують згідно з діючими нормами ДБН В.2.3-14 [4]. Температурні переміщення визначають від нормативних перепадів температури конструкції, що прийма-

ються рівними нормативним перепадам температури зовнішнього повітря від t_{\min} до t_{\max} . Переміщення від тимчасового навантаження визначають при завантаженні одного або обох суміжних прогонних будов. При такому ж

розміщенні навантаження визначають переміщення від гальмування транспорту, що рухається в одному напрямі.

Навантаження і впливи на опорні частини і переміщення в опорних частинах криволінійних чи косих в плані балкових прогонових будов необхідно визначати з врахуванням криволінійності чи косини конструкції.

Опорні частини автодорожніх, міських і пішохідних мостів в обґрунтованих розрахунках випадках допускається встановлювати без кріплення до прогонової будови і опор. Рішення щодо анкерування опорних частин (в тому числі доцільність врахування сумісної роботи анкерів з силами тертя) приймається проектантом для кожної конкретної опорної частини. Нерухомі опорні частини, як правило, слід анкерувати.

Відповідно до діючих норм [4], розрахунковий термін служби опорних частин повинен становити не менше ніж 30 років. Проте в разі складних конструкцій слід надавати перевагу конструкціям, прогнозований термін експлуатації яких близький до терміну експлуатації транспортної споруди в цілому [5]. В Україні на даний час промисловістю виробляються тільки гумові опорні частини. Таким чином, конструкції інших типів імпортуються з-за кордону. З цього випливає, що для проектантів вибір конструкції опорних частин є важливим та відповідальним рішенням. Тому до використання допускаються конструкції опорних частин, виготовлені у заводських умовах відповідно до проектів чи технічних умов, затверджених у встановленому порядку. Опорні частини як вітчизняних, так і іноземних виробників, допускається використовувати після підтвердження придатності їх використання відповідно до постанови Кабінету Міністрів [6]. Для проведення перевірки придатності визначаються виконавці із числа базових організацій з науково-технічної діяльності згідно з [7] за відповідними напрямками діяльності (в даному випадку такою організацією є ДерждорНДІ). Така вимога унеможливорює використання неперевірених конструкцій та тих, що мають негативний досвід експлуатації як в Україні, так і за її межами, або обмежує діапазон їх використання.

Окрім цього, слід проводити постійний контроль на всіх етапах влаштування опорних частин: при постачанні на будівельний майданчик,

при вантажно-розвантажувальних роботах, перед монтажем, при регулюванні зміщення ковзної плити відповідно до температури, при включенні опорної частини в роботу з прогоновою будовою, при влаштуванні вирівнюючого шару, при прийманні в експлуатацію.

Всі результати контролю (геодезичного, візуального), відхилення від проекту, рішення комісій тощо зберігаються в журналах. Ці дані дуже важливі для подальшої експлуатації споруди.

Таким чином, незважаючи на те, що проектування опорних частин на даний час зводиться до вибору із готових конструкцій, представлених на ринку, як сам процес підбору, так і влаштування опорних частин вимагає від виконавців певних знань та навичок. Такі ж вимоги висувуються і до експлуатаційних організацій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Structural bearings: EN 1337 [Текст]: Parts 1-11, (CEN) / European committee for standartization. – Brussels, Belgium.
2. Инструкция по проектированию и установке полимерных опорных частей мостов: ВСН 86-83 [Текст]. – М.: СоюздорНИИ Минтрансстроя, 1983. – 29 с.
3. Богданов, Г. И. Опорные части мостов [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов. – ч. 1, 2 / Г. И. Богданов, С. С. Ткаченко, С. А. Шульман. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006.
4. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]: офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.
5. Ramberger, G. Structural bearings and expansion joints for bridges. Structural Engineering Documents 6 [Текст] / G. Ramberger – Switzerland, Zurich: IABSE, 2002. – P. 89.
6. Про затвердження Правил підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування [Текст]: Постанова Кабінету Міністрів від 1 березня 2006 р. № 240.
7. Порядок проведення роботи з підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування в будівництві [Текст]: Затв.: Наказ Мінбуду України від 20 березня 2006 року № 69, за реєстр. в Мін'юсті України 18.05.2006 за № 577/12451.

Надійшла до редколегії 18.03.2010.

Прийнята до друку 26.03.2010.