

УДК 678.4.06:62-762.63:624.19

Політікова Л.Г., Начовний І.І., Лещенко В.І.,
Хорольський М.С.

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ УЩІЛЬНЮВАЧІВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ СТИКІВ ОПРАВ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Показана можливість розробки конструкції перерізів ущільнювачів для заданих умов експлуатації і розмірів установчої канавки. В результаті виконаних випробувань розроблено конструкцію ущільнювача для герметизації стиків чавунних тюбінгів метро.

DEVELOPMENT AND STUDY OF CONSTRUCTIONS OF SEALANTS FOR SEALING BUFFS OF RIMS OF UNDERGROUND STRUCTURES

The capability of development of a construction of cross-sections of sealants is rotined at the preselected external environments and sizes of an adjusting groove. As a result of the held studies the construction of a sealant for sealing buffs of pig-iron tubing's of tunnels of the underground is designed.

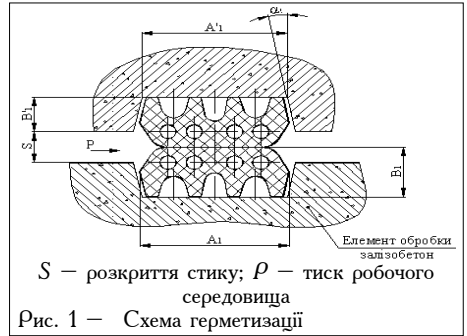
В будівництві підземних споруд спостерігається поширення області використання гумових технічних виробів (ГТВ). Починаючи з 80-х років гумові ущільнювачі різних конструкцій стали використовувати для герметизації стиків елементів тунельних оправ.

Різні умови експлуатації, монтажу і використання, а також різноманітність фірм-виготовлювачів, сприяло появі великого числа ущільнювачів різних конструкцій. Існуюча номенклатура створених ГТВ призначена в основному для герметизації елементів залізобетонних оправ. В вітчизняному метробудівництві широко використовують чавунні тюбінги для оправ тунелів. При цьому герметизацію стиків здійснюють шляхом зачеканки свинцевим дротом і використанням БУСів. В процесі довготривалої експлуатації відбувається розгерметизація стиків з причин коливань елементів оправи.

Відповідно цього представляє інтерес використати існуючий досвід і впровадити еластомерні ущільнювачі для герметизації стиків тюбінгів із чавуну. При цьому необхідно створити ущільнювачі для існуючих тюбінгів. Установчі канавки під ГТВ не повинні ослабляти і ускладнювати конструкцію тюбінгів. Розрахунком встановлено, що ці вимоги можуть бути здійснені у випадку виготовлення установчої канавки під гумовий ущільнювач наступних розмірів: шириною — не більше 35 мм, глибиною — не більше 6 мм.

В роботі проводили дослідження з можливості створення конструкції гумового ущільнювача для установки у канавку розмірами, які не перевищують тих, що вказані вище. При цьому створені ущільнювачі повинні забезпечити герметизацію стиків тюбінгів при напорі ґрунтових вод до 0,6 МПа і відстані між контактними поверхнями тюбінгів (розкриття стиків) у межах (0-4) мм.

З літературних джерел інформації відомо ряд конструкцій ущільнюючих елементів для тубінгів. Основна концепція створення геометрії поперечного перерізу таких елементів зводиться до поєднання різних конфігурацій виїмок на опорній поверхні і отворів у масі профілю у тому чи іншому співвідношенні. Поперечний переріз розглянутих ущільнювачів має складну геометричну форму з концентраторами напруг. Приклад використання одного з таких ущільнювачів для герметизації тубінгів із залізобетону в перерізі наведено на рис. 1.



В розглянутих літературних джерелах відсутні достатньо переконливі докази переваг тієї чи іншої конструкції. Це пов'язано з тим, що в описах конструкцій не проведено детального вивчення напружено-деформованого стану ущільнюючих елементів при різних видах напруги. Крім того, практично немає відомостей про залежність напруги від діючого навантаження і величини зазору між поверхнями, що ущільнюються.

В зв'язку з тим, що поперечний переріз розглянутих ущільнювачів має складну геометричну форму з концентраторами напруг, здійснити теоретичне рішення задачі з визначення напружено-деформованого стану ущільнення не представляється можливим.

При розробленні перерізу ущільнювача прийнято рішення застосувати задачу з плоскої деформації. Основою для цього служить сталість навантаження по довжині профілю і сталість його перерізу. Задачі з плоскої деформації експериментально вирішуються методом фотопружності. Тому для розроблення конструкції перерізу заданого ущільнювача було застосовано поляризаційно-оптичний метод [1-3].

Дослідження конструкцій перерізів моделей ущільнювачів проводили на спеціально розробленому пристрої, який наведено на рис. 2. Пристрій складається з прозорої касети з випробовуваними зразками, яка встановлюється між нерухомою і рухомою поперечинами. Навантаження модельних зразків з оптично-активного матеріалу забезпечували вантажами відомої маси. Величину зазору між поперечинами і сумарну деформацію ущільнювачів визначали з допомогою індикаторів, які установлені на рухомій поперечині. Для



визначення інтерференційної картини смуг використовували полярископ ППУ-7.

Оцінку досліджених конструкцій здійснювали за значенням середнього контактного тиску і інтерференційної картини смуг, знятої у промені монохроматичного світла. Модельні перерізи ущільнювачів виготовляли зі спеціально розробленого оптично активного матеріалу на основі поліуретану. Розрахунок середнього контактного тиску у зоні ущільнення здійснювали за формулою:

$$\rho_k = \frac{\rho_1}{F};$$

де ρ_k — середній контактний тиск;
 ρ_1 — вага вантажу;
 F — площа контакту зразків, $F = b \times a$;
 b — довжина лінії контакту зразків;
 a — товщина зразків.

У процесі досліджень спочатку було виготовлено і випробувано зразки перерізів, що відповідають звісній конструкції (див. на рис.1). Приклад отриманої інтерференційної картини смуг при різному ступеню навантаження моделі цієї конструкції представлено на рис. 3.

Аналіз рис. 3 показує наявність зон значної концентрації напруги. Найбільші напруження спостерігаються у місцях розташування отворів. При значній деформації отвори перетворюються у щілини, де теоретичний коефіцієнт концентрації прагне до нескінченності. У вершинах щілин матеріал за тривалої витримки під навантаженням повинен зруйнуватися. При цьому деформація зразка по перерізу отворів різна, що вказує на різну жорсткість конструкції по перерізу. Розташування отворів по осі призводить до виникнення великих деформацій зсуву у перемичках, які розділяють отвори і впадини, що в кінцевому результаті може призвести їх руйнування. Таку картину руйнування спостерігали при випробуванні зразків ГТВ, виготовлених із еластомерних матеріалів, що відрізняються за показниками пружно-міцностних властивостей.

На підставі дослідження існуючих конструкцій ущільнювачів випробували моделі, що включають

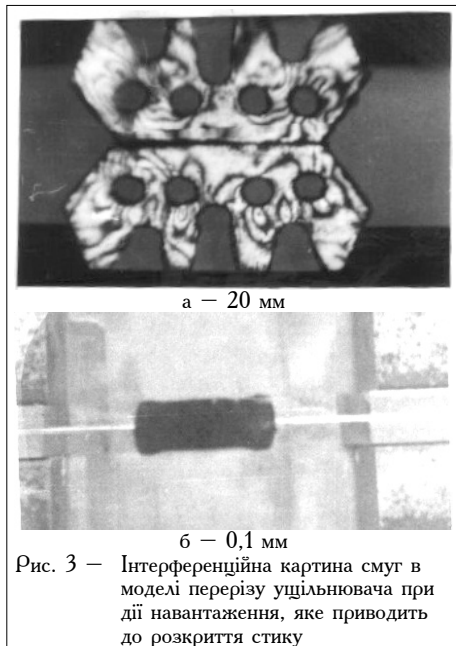


Рис. 3 — Інтерференційна картина смуг в моделі перерізу ущільнювача при дії навантаження, яке приводить до розкриття стику

отвори, заглиблення та виступи різноманітної конфігурації в різному співвідношенні. Було розроблено моделі ущільнювачів, які не містили у поперечному перерізі отворів і мали порожнини для перерозподілу матеріалу ущільнювача при його деформації в установочній канавці. В процесі виконаних випробувань було встановлено необхідне співвідношення об'єму матеріалу і вільних порожнин для забезпечення жорсткості перерізу. Всього було випробувано і проаналізовано 35 моделей. Крім цього, вказані моделі були виготовлені із гуми і випробувані для отримання залежностей: зусилля стиску — деформація стику; питоме контактне напруження — деформація стику. Один з результатів досліджень конструкції розробленого перерізу по залежності питомого контактного напруження від розкриття стику представлений на рис. 4.

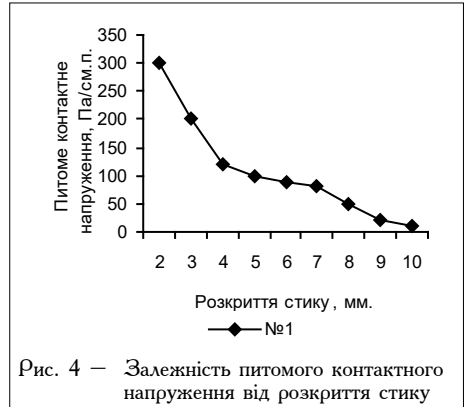


Рис. 4 — Залежність питомого контактного напруження від розкриття стику

З наведених даних виходить, що в діапазоні розкриття стику (0-4) ступінь контактного напруження перевищує заданий тиск робочого середовища — 6 МПа. Це свідчить, що в даних умовах система буде герметичною.

У процесі таких досліджень було встановлено, що ряд розроблених конструкцій мають жорсткість більшу, ніж відомі зразки. Це призводить до виникнення значних напруг. Інші моделі відрізняються малою жорсткістю і не дозволяють забезпечити герметичність стику при заданому тиску робочого середовища. Проведений аналіз дозволив розробити модель ущільнювача, який має достатню жорсткість для задовільної роботи стику при його розкритті у заданому діапазоні (0-4) мм та тиску робочого середовища 0,6 МПа. За результатами проведених досліджень була виготовлена та випробувана експериментальна партія ущільнювачів, яка пройшла успішні стендові випробування.

Таким чином, проведені дослідження показали можливість застосування розроблених методик для створення конструкцій перерізів ущільнювачів, які будуть надійно працювати в заданих умовах при впливі неагресивного середовища, зокрема, для ущільнення стиків збірних оправ тунелів метрополітенів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров А.Я., Ахметьянов А.Х.. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. —М.: Наука, 1973. —575 с.
2. Фрохт М.М. Фотоупругость. В 2-х томах, т.1. —М.; Л.: Техтеориздат, 1948. —432 с.
3. Экспериментальная механика: в 2-х книгах / Под ред. Кобаяси. —М.: Мир, 1996. —616 с.