

МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ АКРИЛОВИХ ПОЛІМЕРІВ ДЛЯ МАЛИХ ШТУЧНИХ СПОРУД ЗАЛІЗНИЦЬ

Пустовойтова О.М., к.т.н., доцент,
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
oksana_pustov@ukr.net

Камчатна С.М., к.т.н., доцент,
Мануйленко В.Г., доцент,
Скоробрещук Н.М., магістр,
Москалюк А.С., магістр,
Український державний університет залізничного транспорту
kamchatnayasn@gmail.com

Анотація. У статті розглядаються питання забезпечення експлуатаційної надійності й довговічності бетонних і залізобетонних малих штучних споруд залізниць за рахунок використання гідроізоляційного покриття на основі акрилових полімерів, які характеризуються малою кількістю компонентів, простотою готування й використання. Ці склади повинні мати підвищені міцнісні характеристики. Були проведені дослідження впливу рівня навантаження на міцнісні властивості акрилового полімеррозчину. Наведено результати експериментів по дослідженню тріщиностійкості гідроізоляційного покриття.

Ключові слова: бетон, гідроізоляція, тріщиностійкість, міцність, корозія, акрилові полімери, залізобетон, штучні споруди.

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ МАЛЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Пустовойтова О.М., к.т.н., доцент,
Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова
oksana_pustov@ukr.net

Камчатная С.Н., к.т.н., доцент,
Мануйленко В.Г., доцент,
Скоробрещук Н.Н., магистр,
Москалюк А.С., магистр,
Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
kamchatnayasn@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности бетонных и железобетонных малых искусственных сооружений железных дорог за счет использования гидроизоляционного покрытия на основе акриловых полимеров, которые характеризуются малым количеством компонентов, простотой приготовления и использования. Эти составы должны обладать повышенными прочностными характеристиками. Были проведены исследования влияния уровня нагрузки на прочностные свойства акрилового полимерраствора. Приведены результаты экспериментов по исследованию трещиностойкости гидроизоляционного покрытия.

Ключевые слова: бетон, гидроизоляция, трещиностойкость, прочность, коррозия, акриловые полимеры, железобетон, искусственные сооружения.

STRENGTH CHARACTERISTICS OF HYDROISOLATION COATING BASED ON ACRYLIC POLYMERS FOR SMALL ARTIFICIAL FACILITIES OF RAILWAYS

Pustovoitova O.M., Ph.D., Associate Professor,
O.M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkov
oksana_pustov@ukr.net

Kamchatnaya S.N., Ph.D., Assistant Professor,
Manuylenko V.G., Professor,
Skorobreshchuk N.N., master of degree,
Moskalyuk A.S., master of degree,
Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov
kamchatnayasn@gmail.com

Abstract. The article deals with the issues of ensuring the operational reliability and durability of concrete and reinforced concrete small artificial structures of the railways by using a waterproofing coating based on acrylic polymers. These compositions are characterized by a small number of components, absence of complex preparative processes and simplicity of use, these compositions as well are much cheaper than similar waterproofing coatings based on epoxy, polyester and other types of resins, which are to be stuck in the current hour for hydrolysis. The use of coatings on the basis of acrylic polymers with increased strength characteristics is facilitated by the rapidity of hard-working vitrates, a string of concrete and reconstructed elements of concrete and low-cost artificial structures, in particular, pipes. To determine the performance characteristics of waterproofing coatings based on acrylic polymers, tests have been carried out based on experience the moment of formation and opening of cracks in the coatings. The results of experiments on the crack resistance of acrylic polymer solution used for waterproofing coatings of concrete and reinforced concrete structures on railways are presented.

Keywords: concrete, waterproofing, crack resistance, strength, corrosion, acrylic polymers, reinforced concrete, artificial structures.

Вступ (постановка проблеми). Експлуатаційні якості і довговічність малих штучних споруд залізниць у певній мірі залежать від рівня надійності пристроїв, що забезпечують захист цих конструкцій від впливу вологи й інших атмосферних агентів.

У теперішній час на залізницях України експлуатується безліч малих штучних споруд, основними з яких є залізобетонні водопропускні труби. Аналіз стану цих споруд за 2016 рік показав, що 15% залізобетонних труб вважаються дефектними або перебувають у передаварійному стані й потребують проведення ремонтних робіт по відновленню експлуатаційних показників.

Аналіз випадків передчасного виходу з ладу залізобетонних водопропускних труб на залізницях свідчить про те, що однієї з основних причин їх передаварійного стану є корозія.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У зв'язку з незначним терміном служби гідроізоляції на основі бітумних матеріалів, а також неможливістю використання її в обводнених умовах, набули широкого застосування матеріали на основі полімерних сполучних. Ці матеріали можуть бути використані для гідроізоляції будівельних конструкцій і споруд з бетону й залізобетону, які перебувають тимчасово або постійно в обводнених умовах [1-4].

Як показали дослідження, акрилові композиції мають високу адгезійну й когезійну міцність, а по технологічних властивостях перевершують полімерні матеріали на основі епоксидних, поліефірних і інших смол, тому що час ствердіння акрилових полімерних матеріалів може регулюватися в широких межах з урахуванням температури навколишнього середовища [5-7].

У той же час, незважаючи на численні дослідження полімерних матеріалів на основі акрилів, недостатньо досліджені фізико-механічні й фізико-хімічні властивості акрилових

полімерів різних составів і вплив різних добавок на них.

Мета та завдання. Існує дві основні схеми розвитку процесів корозії залізобетонних водопропускних труб. По першій схемі розвиток корозії починається з арматури, коли через захисний шар бетону до арматур проникають агресивні агенти, які не є агресивними відносно бетону. У цьому випадку руйнування захисного шару бетону відбувається під впливом росту обсягу продуктів корозії арматури.

По другій схемі корозія труби починається з руйнування захисного шару бетону, а потім настає оголення й корозія арматури. У цьому випадку причиною передчасного зносу залізобетонних труб є порушення суцільності гідроізоляційних покриттів на бетоні [8].

Для запобігання виникнення процесу корозії залізобетонних водопропускних труб необхідно використовувати якісні гідроізоляційні покриття. Якість і довговічність гідроізоляційних покриттів залежить як від їхнього складу, так і від їхніх характеристик – міцності, тріщиностійкості, деформативності й ін. Застосування гідроізоляційних матеріалів, які мають підвищені дані властивості веде до збільшення довговічності конструкції й забезпеченню її експлуатаційної надійності. Тому у якості гідроізоляційних покриттів необхідно застосовувати склади на основі акрилових полімерів, які не тільки прості в готуванні й застосуванні, але й мають підвищені характеристики.

У зв'язку із цим є актуальним розробка гідроізоляційних розчинів на основі акрилових полімерів з підвищеними міцнісними властивостями.

У даній статті наведені результати досліджень міцнісних характеристик акрилових композицій.

Результати досліджень. Характерними ознаками руйнації покриття є утворення тріщин. З метою визначення експлуатаційних властивостей гідроізоляційних покриттів були проведені випробування з встановлення дослідним шляхом моменту утворення і розкриття тріщин у покриттях на основі акрилових полімерів.

Дослідження на тріщиностійкість покриттів з акрилового полімеррозчину проводилися на зразках-призмах розміром 40×40×160 мм із бетону класу С 15/20. У форми для бетонування зразків були встановлені сталеві стержні з арматури періодичного профілю класу А400С діаметром 8 мм таким чином, щоб кінці їх виступали з бетону на 150 мм із кожної сторони. Встановлення моменту виникнення тріщин проводилося візуальним спостереженням і методом електротензометії. Для цього, після ствердіння полімеррозчину, на поверхню бетону і покриттів наклеювалися суцільною щіточкою тензорезистори уздовж лінії дії зусилля, що розтягує.

Дослідження були проведені для суміші №3, склад якої наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Склад акрилових полімерів

№ суміші	Складові акрилрозчину, мас.ч.		
	Мономер	Полімер	Кварцовий пісок (0,14 мм)
1	60	100	90
2	80	100	120
3	100	100	150

Перевірка тріщиноутворювання покриттів проводилася на трьох зразках. Для цього на дві протилежні сторони зразків-призм наносилося покриття. Поверхня бетону перед нанесенням покриття очищалася від пилу, бруду і напливів. Товщина покриттів $\delta = 8$ мм.

Зусилля, що розтягують, до арматурних випусків зразка прикладалися ступенями по 2 кН із виміром на кожному ступені величини деформації бетону і покриття.

Випробування проводилися на пресі Shopper із шкалою силувимірника 25 кН. Вимірювання ширини розкриття тріщин у бетоні і покритті здійснювався за допомогою мікроскопа 24-кратним збільшенням.

Результати випробувань зразків із покриттям із суміші № 3 наведені в табл. 2-4. Загальний вигляд зразків з покриттям з акрилового полімеррозчину після випробувань на тріщиностійкість наведено на рис. 1.

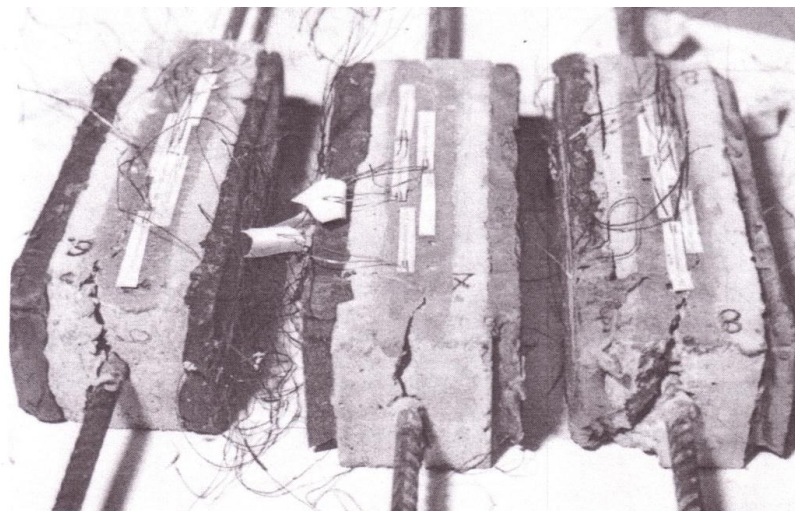


Рис. 1. Характер утворення тріщин у бетоні після випробувань на тріщиностійкість зразків з покриттям з акрилового полімеррозчину

Таблиця 2 – Результати випробувань, зразок №1

Навантаження, кН		Деформація, $\epsilon \cdot 10^{-5}$							
№ тензорезистр		1,0	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Покриття	1	0,9	1,8	2,7	5,4	6,3	4,5	0	-9,8
	2	0,9	2,7	13,4	22,3	31,3	37,5	36,5	29,5
	3	0	0,9	7,1	20,5	41,0	55,4	62,5	63,4
	4	0,9	3,6	14,3	20,5	32,1	37,5	37,5	28,6
	5	0,9	1,8	2,7	1,8	-2,7	-15,2	-41,0	-86,6
Бетон	1	0,9	3,5	3,6	3,6	3,6	1,8	-0,9	-6,2
	2	1,8	10,7	Волосяна тріщина	0,05мм	0,1мм	0,13мм	0,15мм	0,2мм
	3	0,9	4,5	14,3	Тріщина 0,05мм	0,07мм	0,1мм	0,15мм	0,25мм
	4	1,8	10,7	17,9	16,1	13,4	13,4	11,6	13,4
	5	0,9	2,7	1,8	3,6	4,5	5,4	8,9	12,5

Таблиця 3 – Результати випробувань, зразок №2

Навантаження, кН		Деформація, $\epsilon \cdot 10^{-5}$							
№ тензорезистр		1,0	3,0	5,0	7,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Покриття	1	0,9	2,7	6,8	50,9	64,3	64,3	50,9	15,2
	2	0	0,9	8,0	45,5	57,2	42,9	33,9	15,2
	3	1,8	7,1	6,3	33,0	49,1	-15,2	-40,2	-87,0
	4	0	0,9	0,9	33,9	54,5	-22,3	-44,6	-55,4
	5	0,9	1,8	2,7	9,8	12,5	-59,8	-63,4	-72,3
Бетон	1	0,9	2,7	24,1	Волосяна тріщина	0,06мм	0,1мм	0,15мм	0,2мм
	2	0	0,9	0	-9,8	-9,8	-8,9	-10,7	-11,5
	3	1,8	7,1	Волосяна тріщина	0,05мм	0,07мм	0,1мм	0,15мм	0,2мм
	4	0,9	2,7	14,3	6,3	7,1	Волосяна тріщина	0,07мм	0,15мм
	5	0,9	2,7	4,5	2,7	4,5	Волосяна тріщина	0,05мм	0,1мм

Таблиця 4 – Результати випробувань, зразок №3

Навантаження, кН		Деформація, $\varepsilon \cdot 10^{-5}$							
№ тензорезистр		1,0	3,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Покриття	1	0,9	1,8	-8,0	-10,7	-15,2	-28,6	-50,0	-116,1
	2	0,9	3,6	9,8	17,9	23,2	20,5	27,7	-17,0
	3	0,9	2,7	4,5	42,9	54,5	56,3	55,4	11,6
	4	1,8	4,5	6,3	23,2	29,5	34,8	33,0	1,8
	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Бетон	1	0,9	1,8	3,6	4,5	6,3	Волосяна тріщина	0,05мм	0,1мм
	2	0,9	3,6	1,8	Тріщина 0,05мм	0,05мм	0,08мм	0,1мм	0,15мм
	3	0,9	3,6	5,4	Волосяна тріщина	0,07м м	0,1мм	0,15мм	0,15мм
	4	1,8	4,5	6,3	8,0	7,1	5,4	3,6	-8,9
	5	0,9	2,7	5,4	11,6	19,6	16,1	12,5	-13,4

У зразку № 1 ($\delta = 8$ мм) при зусиллі, що розтягує, $P_p=8$ кН у торцях призми на бетоні появилися волосяні тріщини, спрямовані уздовж лінії дії зусилля. Нормальні тріщини на поверхні бетону, вільній від акрилового покриття, появилися при $P_p=5$ кН, а в покритті були виявлені тільки при $P_p=12$ кН.

Після появи тріщин на бетоні, що йдуть уздовж лінії зусилля, що розтягує, від торців до середини, розкриття нормальних тріщин у бетоні сповільнилося.

У покритті стали зменшуватися напруги, що розтягують, і виникати стискальні напруги, тому що краї покриття разом із бетоном почали відриватися від центрального стрижня, що став справляти розклинювальну дію на бетон.

У зразку № 2 ($\delta = 8,45$ мм) при зусиллі, що розтягує $P_p=5$ кН, на поверхні бетону появилися волосяні тріщини, а при $P_p=12$ кН уся бетонна поверхня зразка покрилася нормальними тріщинами. Крім того, у торцях зразка при $P_p=14$ кН виникнули тріщини, що йдуть уздовж лінії дії зусилля, що розтягує, а ріст нормальних тріщин сповільнювався. На поверхні покриття тріщини не виявлені, і тільки при $P_p=18$ кН відбулося відшарування покриття від бетону.

При зусиллі, що розтягує, $P_p=6$ кН на бетонній поверхні зразка №3 ($\delta = 8,2$ мм) появилися тріщини, а при зусиллі $P_p=8-10$ кН, що розтягує, виникнули тріщини в торцях зразка. Зі збільшенням зусилля, що розтягує, останні розкривалися і ріст їх відбувався від торців до середини зразка уздовж лінії дії навантаження. Цією обставиною і пояснюється зменшення напруг, що розтягують, а отже, і зменшення деформацій. При зусиллі, що розтягує $P_p=15$ кН, ширина розкриття подовжніх тріщин поблизу торців зразка склала 2-3 мм. На поверхні покриття тріщин виявлено не було.

За результатами експериментів можна зробити наступні висновки: нормальні тріщини на поверхні бетону виникнули при зусиллі, що розтягує $P_p=5-6$ кН, а в покритті тільки одного зразка були виявлені волосяні тріщини, що появилися при $P_p=12$ кН.

За результатами випробувань складу № 3 побудований графік залежності деформацій покриття й бетону (рис. 2).

Як видно із графіка, деформації покриття й бетону розвиваються по різному. Обрив графіка залежності деформацій бетону на рівні напруг $P = 6$ кН вказує на утворення волосяних тріщин, у той час як деформації продовжують розвиватися. Із чого видно, що деформативність покриття набагато вище деформативності бетону. У проміжку $P = 0-6$ кН відзначений бурхливий розвиток деформацій покриття, а на ділянці напруг $P = 8-12$ кН деформації покриття розвиваються пропорційно напрузі.

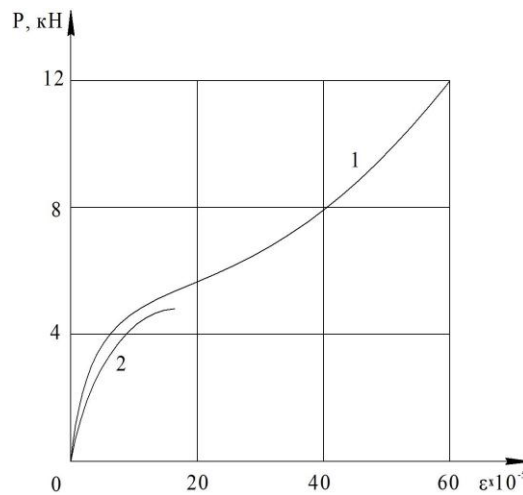


Рис. 2. Деформації при випробуванні на тріщиностійкість:
1 – покриття; 2 – бетону

Висновки та перспективи подальших досліджень. Аналізуючи результати експериментів, можна зробити наступні висновки: нормальні тріщини на поверхні бетону виникли при зусиллі, що розтягує, $P_p = 5-6$ кН, а в покритті тільки одного зразка були виявлені волосяні тріщини, які з'явилися при $P_p = 12$ кН. Отже, нанесення акрилового покриття перешкоджає утворенню тріщин і є стримувальним чинником моменту тріщиноутворення у бетоні.

Тому, застосування гідроізоляційних покриттів на основі акрилових полімерів не тільки забезпечить гідроізоляцію конструкції, але й підвищить міцнісні характеристики залізобетонних труб, що істотно вплине на підвищення надійності конструкції, зниженню витрат на роботи й забезпечить безпеку руху поїздів.

Література

1. S.K.M. Jamaría Corrosion Property Analysis of Coating Formulated Using Acrylic Polyol and Silicone Resin Hybrid Systems / S.K.M. Jamaría // *Advanced Materials Research*, 2013. – Vol. 746. – pp. 363-368.
2. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С.М. Золотов // *Будівельні конструкції: Зб. наук. праць*. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 440-447.
3. Псурцева Н.А. Исследование структурных изменений акриловой композиции при воздействии различных факторов / Н.А. Псурцева, О.М. Пустовойтова, С.М. Золотов // *Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб.* – К.: Техніка, 2003. – Вип. 51. – С. 68-73.
4. M. Nur Raihan The Effects of Acrylamide Loading on the Swelling Capacity of Superabsorbent Polymer in Different Aqueous Medium / M. Nur Raihan // *Advanced Materials Research*, 2013. – Vol. 812. – pp. 20-29.
5. Золотов С.М. Влияние модификаторов на адгезионные свойства акриловых клеев / С.М. Золотов // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць*. – Рівне: УДУВГПК, 2003. – Вип. 9. – С. 54-60.
6. M. Gao An Amphiphilic Acrylic Copolymer / Montmorillonite Nanocomposite / M. Gao // *Advanced Materials Research*, 2012. – Vols. 455-456. – pp. 559-564.
7. Золотов С.М. Зависимость когезионной прочности акриловых клеев от различных факторов / С.М. Золотов // *Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць*. – Макіївка, ДонДАБА, 2003. – т. 2. – С. 222-226.
8. Сенкевич Т.П., Железобетонные трубы / Т.П. Сенкевич, С.З. Рогальский, В.Н. Померанец. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.

Стаття надійшла 1.11.2017