

**CESZY OCHRONY KONKRETNEJ KOMUNIKACJI, KTÓRE
EKSPLOATOWANE W TRUDNYGH WARUNKACH
HYDROGEOLOGICZNYCH**

**ОСОБЛИВОСТІ ЗАХИСТУ БЕТОННИХ КОМУНІКАЦІЙ, ЯКІ
ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ У СКЛАДНИХ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

**FEATURES OF PROTECTION OF CONCRETE COMMUNICATIONS, WHICH
ARE OPERATED IN DIFFICULT HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS**

**Drapalyuk M., dr hab. Profesor nadzwyczajny Katedry Konstrukcji
Żelbetowych i Konstrukcji Transportowych, Odeska Państwowa Akademia
Inżynierii Lądowej i Architektury, Odesa**

**Драпалюк М.В., к.т.н., доц. кафедри залізобетонних конструкцій
та транспортних споруд, Одеська державна академія будівництва і
архітектури, Одеса**

**Drapaluk M., PhD in Engineering, associate of Department of
Building Constructions, Odesa**

У статті розглянуті особливості експлуатації бетонних каналізаційних колекторів. Описано процес захисту каналізаційних колекторів, заглиблених у дрібнозернисті пухкі ґрунти з низькою проникністю. Також визначається можливість застосування полімерних композицій для захисту бетону від ґрунтових вод гнучкістю технологічної схеми, здатністю забезпечувати проектні експлуатаційні властивості з довговічністю. Описані процеси зміни властивостей ремонтних сумішей при їх нагнітанні в порожнини, щілини та тріщини внаслідок масо- та теплообміну із заобробним простором.

The article considers the features of operation of concrete sewers. The issues of the fact that, along with the construction of new collectors, the need to repair, reconstruct or restore the operational capacity of such facilities is of particular importance. The use of water lowering, which is carried out by pumping groundwater, leads to a violation of their natural balance and regime. The most promising are the methods of water protection, which allow you to limit the water reduction only within the impossible circuit, while avoiding the violation of the natural regime and reducing operating costs. At the same time, the elements of structures operated in flooded conditions are most often subject to repair. The operation of such facilities requires protection from the harmful effects of groundwater. The process of protection of sewer collectors sunk into fine-grained loose soils with low permeability is described. The possibility of using polymer compositions for protection of concrete from groundwater by the flexibility of the technological scheme, the ability to provide design performance with durability is also determined. The processes of changing the properties of repair mixtures during their

injection into voids, cracks and fissures due to mass and heat exchange with the processing space are described. Therefore, it is necessary to develop new materials that provide the design properties of the protective layer. To do this, the viscosity of the repair mixtures should be close to the viscosity of water, its initial value should be maintained or slightly changed during technological time, and the loss of fluidity of the solution - in a strictly regulated time. It was found that the main obstacle in the use of some types of polymer compositions for repair and restoration of sewers, operated in flood conditions, is the leaching of emulsifiers and swelling of the polymer component, which leads to internal stress, reducing the durability of repair coatings.

Слова ключові: *колектори каналізаційні, ochrona, mieszanka naprawcza, pęknięcia, trwałość, wody gruntowe.*

Ключові слова: *каналізаційні колектори, захист, ремонтна суміш, тріщини, довговічність, ґрунтові води.*

Key words: *sewer collectors, protection, repair mix, cracks, durability, groundwater.*

Specyfiką działania kanałów betonowych jest konieczność zapewnienia nieprzerwanej pracy. Dlatego wraz z budową nowych kolektorów szczególnie istotna staje się potrzeba naprawy, przebudowy lub przywrócenia sprawności eksploatacyjnej takich obiektów. Jednocześnie naprawie podlegają najczęściej elementy konstrukcji eksploatowane w warunkach powodziowych. Eksploatacja takich obiektów wymaga ochrony przed szkodliwym działaniem wód gruntowych. Tradycyjnie likwidację dopływów wody realizuje się w następujący sposób: poprzez pompowanie rezerw statycznych i dopływów dynamicznych wód gruntowych w obrębie ogrodzonego terenu, z wytworzeniem leja depresyjnego, a także ogrodzenie terenu ekranami przeciwpieczkowymi.

Drenaż jest procesem bardzo czasochłonnym, którego stan techniki często nie spełnia wymagań, co nie pozwala na stosowanie wydajnych schematów technologicznych oraz powoduje wysokie koszty kapitałowe i eksploatacyjne.

Stosowanie redukcji wody, która odbywa się poprzez pompowanie wód gruntowych, prowadzi do naruszenia ich naturalnej równowagi i reżimu. Najbardziej obiecujące są metody hydroprotekcji, które można ograniczyć do redukcji wody tylko w niemożliwym obiegu, przy jednoczesnym uniknięciu naruszenia naturalnego reżimu i obniżeniu kosztów eksploatacji [1]. Konstrukcje lub konstrukcje są generalnie chronione przed dopływem wody z zewnątrz za pomocą ekranów przeciwpieczkowych. Beton z dodatkami glinianu sodu, będący mieszanką tlenku glinu i technicznej sody kaustycznej, służy do naprawy uszkodzonych miejsc wymagających usunięcia lub zmniejszenia filtracji. Roztwory z glinianem sodu charakteryzują się szybkim wiązaniem, dużym zużyciem wody oraz odpornością na erozję wodną. Beton z dodatkiem glinianu sodu stosowany jest również do uszczelniania mokrych kawern w konstrukcjach betonowych.

Części konstrukcji kanalizacyjnych z betonu układa się również za pomocą żywic epoksydowych, materiałów epoksydowo-kauczukowych, polimerobetonu, roztworów polimerów, klejów, mastyksowych farb polimerowych [2, 3].

Zlewozmywaki erozyjne dzielą się na trzy grupy w zależności od ich głębokości: I - głębokość powyżej 20 cm, II - od 5 do 20 cm, III grupa - mniej niż 5 cm pręty o średnicy 25 mm i stopniu 25 × 25 cm, które są przyspawane do specjalnie zainstalowanych kotew o średnicy 32 mm ze stopniem 50 × 50 cm i stopniem 10 × 10 cm Puszki o głębokości do 5 cm układane są bez kotwienia i wzmocnienia [4].

Przywracanie wodoodporności i wytrzymałości betonu rur kolektorów odbywa się w następujący sposób: iniekcyjne, hydroizolacyjne i kombinowane. Najczęstszymi sposobami eliminacji filtracji w gruncie kanalizacyjnym są cementacja i silikatyżacja. Spośród znanych metod, uwzględniających specyfikę pracy konstrukcji kanalizacyjnych, najbardziej akceptowalną metodą kurtyny przeciwpieczekowej jest cementowanie [2].

Lokalizację i wielkość studni iniekcyjnych, kolejność ich cementowania, skład roztworu i tryb iniekcyjny ustala się po dokonaniu oględzin, stanu gleby, sporządzeniu wykresów wskazujących lokalizację, wielkość studni i kolejność cementowania [3,4].

Przed wszystkim co najmniej 10% ogólnej liczby studni jest wierconych i testowanych pod kątem specyficznej absorpcji wody w różnych częściach gleby. Zaleca się ułożenie dołków w szachownię. Głębokość studni określa się w taki sposób, aby mieszanka cementowa wypełniała wszystkie pory i pęknięcia w gruncie. Odległość między dołkami wynosi około 0,8 ... 1,2 m przy wstrzykiwaniu roztworu bez dodatków i 1,2 ... 2,0 m przy wstrzykiwaniu roztworu z dodatkami plastyfikującymi. Przygotowanie studzienek do cementacji obejmuje płukanie i przedmuchiwanie studzienek sprężonym powietrzem. W przypadku zamulenia porów lub pęknięć w glebie przed płukaniem zalać 5% roztworem wodorotlenku sodu. Ten sam roztwór stosuje się do mycia, jeśli gleba jest wypłukiwana agresywną wodą [2]. Wstrzykiwanie roztworu do iniekcji gleby odbywa się w temperaturze nie niższej niż + 5 ° C. Roztwór do wstrzykiwań przygotowuje się bezpośrednio przed wstrzyknięciem.

Do cementowania stosuje się cement portlandzki o klasie co najmniej 400, dozwolone jest stosowanie cementu portlandzkiego odpornego na siarczany i żuźla, a także zaprawy cementowej portlandzkiej. Do przyspieszenia wiązania zapraw cementowych stosuje się płynne szkło i chlorek wapnia. W celu zwiększenia ruchliwości zapraw cementowych i cementowo-piaskowych zalecane są następujące dodatki: bard siarczynowo-alkoholowy (SBS) - 0,1...0,25% wag. cementu; chlorek wapnia - od 0,5 do 3%. Jakość cementowania sprawdza się poprzez badanie gruntu pod kątem specyficznej nasiąkliwości studni kontrolnych wierconych w odstępach między studniami cementowanymi. Jeżeli podczas oględzin stwierdzi się, że nasiąkliwość

właściwa $q = 0,5$ l/min cementację można uznać za zakończoną. Przy wodochłonności właściwej powyżej $0,5$ l/min stosować mieszankę 1:4... 1:5, a przy filtracji poniżej $0,5$ l/min – kompozycję 1:8... 1:10. Przy $q = 1...3$ l/min stosować mieszaninę 1:2... 1:1 z dodatkiem chlorku wapnia (5...7% wag. wapnia krystalicznego do masy suchego cementu) [2].

Autor dla gruntów składających się z piasków drobnoziarnistych [2] zaproponował hydroizolację krzemianem jedno- lub dwu-roztworowym, ale w tym przypadku trudnością jest brak możliwości kontrolowania szybkości żelowania roztworu krzemianowego, co powoduje trudności w zapewnieniu równomierne przenikanie roztworu do gleby. Dlatego ochrona kanałów ściekowych zatopionych w drobnoziarnistych luźnych gruntach o niskiej przepuszczalności przed wodą gruntową jest najtrudniejszym zadaniem, ponieważ znane metody nie zapewniają niezawodnej hydroizolacji.

Jak pokazuje praktyka [3], stosowanie konwencjonalnych zapraw cementowo-piaskowych do wykonania ekranów ochronnych jest nieefektywne z następujących powodów: rozwiązania takie nie mają wysokiego stopnia wodoodporności i odporności na agresywne wpływy, uzyskując równomierną przyczepność uszkodzonego betonu odbiegająca od właściwości konstrukcji betonowych, rozwiązania charakteryzują się długimi czasami utwardzania. Wady obejmują również złożoność procesu technologicznego prac naprawczych i restauracyjnych przy ujemnych temperaturach powietrza.

W związku z tym konieczne jest opracowanie nowych materiałów zapewniających właściwości konstrukcyjne warstwy ochronnej. W tym celu lepkość mieszanin naprawczych powinna być zbliżona do lepkości wody, jej wartość początkowa powinna być utrzymywana lub nieznacznie zmieniana w czasie technologicznym, a utrata płynności roztworu - w ściśle uregulowanych warunkach [4, 5].

Zastosowanie kompozycji polimerowych jest jednym z obiecujących obszarów ochrony kanałów ściekowych przed wodami gruntowymi. Ponadto materiały polimerowe mają wysoką przyczepność do głównych materiałów budowlanych, stosunek wytrzymałości kompozycji polimerowych na ściskanie do wytrzymałości na zginanie sięga 2...3, mają zwiększoną odporność na ścieranie [6]. Jednak główną przeszkodą w stosowaniu niektórych rodzajów kompozycji polimerowych do naprawy i renowacji kanałów ściekowych eksploatowanych w warunkach powodziowych jest ługowanie emulgatorów, a także pęcznienie składnika polimerowego, co prowadzi do naprężeń wewnętrznych, obniżających trwałość powłok naprawczych.

Badania, naukowcy wykazali fundamentalną możliwość i niezawodność eksploatacyjną lokalnej i ogólnej renowacji elementów konstrukcyjnych kolektorów kanalizacyjnych z zastosowaniem spoiw polimerowych określonych typów. Tak, praca P. Aleksandrova, R. Andrianowa, Yu. Bazhenova, V. Basina, S. Davydova, E. Jelszyna, F. Iwanowa, L. Igonina, V. Kozłowa, H.F. Lee, Y. Lipatowa, W. Lysenka, V. Mykulski, I. Moschansky, D. Manson, S. Newman, A.

Paken, V. Patureova, A. Petrova, I. Putlajewa, O. Pshinka, I. Rybiewa, V. Solomatova, L. Sperling, O. Figowski wniósł ogromny wkład w rozwój i rozwój teorii materiałów opartych na związkach polimerowych, a także sposobów ich modyfikacji.

Zgodnie z wynikami badań, opracowano dużą liczbę materiałów polimerowych na bazie furanu, fenolu, mocznika, inden-kumaronu, poliestru, żywic epoksydowych, poliuretanowych, poliamidów, poliakrylanów i innych związków organicznych. Opracowane tam kompozycje naprawcze opierają się głównie na zastosowaniu akrylamidu. Najpopularniejszym z nich jest AM-9, który jest mieszaniną substancji organicznych – akryloamidu i NN-metylenobiacryloamidu w postaci suchego białego proszku. Jako katalizatory stosuje się nadsiarczan amonu i dimetyloaminopropionitryl, a polimeryzacja zachodzi przy stężeniu głównego składnika w wodzie od 3 do 50% (wagowo). Czas od momentu dodania katalizatora do powstania polikondensatu można regulować poprzez zmianę stężenia utwardzacza, pH roztworu i temperatury oraz wprowadzenie moderatora [7].

Wraz z zabezpieczeniem przed przeciekaniem szczególne znaczenie przy wykonywaniu prac naprawczych i renowacyjnych na rurociągach betonowych ma uszczelnienie spoin lub spoin obróbki oraz zmniejszenie przepuszczalności betonu.

Kryteriami wyboru kompozycji hydroizolacyjnej są przepuszczalność materiału konstrukcyjnego, charakteryzująca się współczynnikiem przepuszczalności lub filtracji oraz promień rozprzewadzenia roztworu [7].

Możliwość zastosowania kompozycji polimerowych do ochrony betonu przed wodami gruntowymi zależy od elastyczności schematu technologicznego, zdolności do zapewnienia trwałości projektu. Ważną właściwością jest rozpuszczalność w wodzie żywic syntetycznych, która zapewnia przyczepność w mokrych warunkach i pozwala na wykorzystanie wody jako pustelnika.

Wysoki koszt niektórych materiałów polimerowych utrudnia ich szerokie zastosowanie w celu poprawy właściwości betonu w budynkach specjalnego przeznaczenia. Zastosowanie tradycyjnych kompozycji polimerowych stosowanych w naprawie konstrukcji betonowych nie mających bezpośredniego kontaktu z wodami gruntowymi nie zawsze jest możliwe w szczególnych warunkach renowacji elementów narażonych na zalanie. Trudność polega na zmianie właściwości mieszanek naprawczych, gdy są one wtryskiwane w puste przestrzenie, pęknięcia i szczeliny z powodu wymiany masy i ciepła z przestrzenią przetwarzania.

Dlatego konieczne jest znalezienie nowych składników mieszanin, które zapewnią zachowanie właściwości technologicznych w procesie pracy, a także wydajność projektową.

Z tego złożonego kompleksu główną uwagę należy zwrócić na badanie wzorców dystrybucji roztworu hydroizolacyjnego o zmiennej lepkości podczas instalowania ekranu przeciwpieczekowego, biorąc pod uwagę warunki utraty płynności, a także badanie wytrzymałości i trwałości w zależności od środowiska i temperatura.

References

1. Solomatov V.I., Bobrushev A.N., Ximler K.G. (1988). Polimernue kompozicionnue materialu v stroitelstve [Polymer composite materials in construction / Ed. IN AND. Solomatova], Construction site S.-312. (in Russian)
2. Sakai E., Sugita J.(1995) Composite Mechanism of Polymer Modified Cement. Cem. Concr. Res., vol. 29. – S. 127-135.
3. Pavlov A. R. (2001) Matematicheskoe modelirovanie procesov teplo – masoperenosa I temperaturnuh deformacii v stroitelnuh materialah. [Mathematical modeling of heat and mass transfer processes and temperature deformations in building materials] – Novosibirsk: Nauka,. – S.175. (in Russian).
4. Drapaluk M.V., Pulupenko (2016). Doslidzhenia resursozberihayuchoi tehnologii modifitsovanogo betonu s dempfuicomu komponentamu. [Doslidzhenia resursozberihayuchoi tehnologii modifitsovanogo betonu s dimppuyuchimi components]. Novi tehnologii v budivnuctvi, Київ. № 30, SS.- 50-53. (in Ukrainian).
5. Drapaluk M.V. Vpluv sposobu formuvannia betonnuh konstrukcij na charakterustuku micnosti /Drapaluk M.V., Pulupenko. Київ. № 36 2019 SS.- 42-45. (in Ukrainian).
6. Roy D. M. (1992) Advanced Cement Systems Including CBS, DSP, MDF / 9-th ICCS, vol. 1, - S S. 357-380.
7. Kirnev A.D., Subotin A.I., Evtushenko S.I. (2005). Technologia vozvedenia zdanii i specialnuh sooruzheniy. [Technology of erection of buildings and special constructions]. – Rostov na Dony: Fenics.– S. 247. (in Russian).

Bibliografia

1. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И. Соломатова. – М.: Стройиздат, 1988. – 312 с.
2. Sakai E., Sugita J. Composite Mechanism of Polymer Modified Cement. Cem. Concr. Res., vol. 29. - 1995. – S. 127-135.
3. Павлов А.Р. Математическое моделирование процессов тепло-массопереноса и температурных деформаций в строительных материалах. – Новосибирск: Наука, 2001. – 175 с.
4. Драпалюк М.В. Дослідження ресурсозберігаючої технології модифікованого бетону з димпфуючими компонентами // Драпалюк М.В., Пилипенко В.М. Нові технології в будівництві, Київ. № 30, 2016.- 50-53 с.
5. Драпалюк М.В. / Вплив способу формування бетонних конструкцій на характеристики міцності М.В. Драпалюк, В.М. Пилипенко, и др. Нові технології в будівництві, Київ. №36, 2019-42-45 с.
6. Roy D. M. (1992) Advanced Cement Systems Including CBS, DSP, MDF / 9-th ICCS, vol. 1, - S S. 357-380.
7. Кирнев А.Д., Суботин А.И., Евтушенко СИ. Технология возведения зданий и специальных сооружений. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 247 с.