

Композиционный материал для защиты подземных конструкций от воздействия грунтовых вод

О.Б. Ляпидевская

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет*

Аннотация: В работе представлен новый композиционный материал для гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений. Состав композита включает портландцемент, мелкий заполнитель, комплексную добавку, а также химические добавки. На основе экспериментальных данных были определены основные физико-механические свойства материала. Результаты показали, что полученный композиционный материал обладает высокими физико-механическими характеристиками и может быть рекомендован для защиты бетонных подземных конструкций от воздействия грунтовых вод.

Ключевые слова: подземная конструкция, долговечность, защита, гидроизоляция, композиционный материал, комплексная добавка, прочность, трещиностойкость, адгезия, эластичность

Одним из факторов, влияющих на долговечность подземных объектов, является воздействие грунтовых вод. В дополнение к обеспечению первичной защиты бетона подземных конструкций, крайне важно уделить внимание вторичной защите, и, в первую очередь, выбрать качественное гидроизоляционное покрытие. В настоящее время существует множество различных видов рулонных, мастичных и листовых гидроизоляционных материалов на органической и минеральной основе [1, 2].

В последние годы наибольшее предпочтение отдается обмазочным материалам на основе цемента. Эти материалы имеют ряд преимуществ: их можно наносить на бетон сразу после его укладки, не дожидаясь полного затвердевания; они создают сплошное покрытие без швов, в отличие от рулонных и листовых материалов; они не требуют ограждений из кирпича или другого защитного материала [3, 4].

Несмотря на перечисленные достоинства, цементная гидроизоляция может быть использована при строительстве подземных сооружений, которые не подвергаются значительным температурным колебаниям и

деформациям. Циклы замораживания и оттаивания, а также резкие перепады температур могут привести к образованию трещин и разрушению покрытия. Жесткие цементные композиции рекомендуется применять при ширине раскрытия трещин в бетоне не более 0,3 мм.

Для улучшения эластичности покрытий были созданы специальные гидроизоляционные смеси на основе цемента, модифицированные акриловой эмульсией. Эти составы могут перекрывать трещины шириной до 0,5 мм [1, 5]. Однако эти смеси имеют невысокую устойчивость к низким температурам и низкую адгезию к бетону. Существуют сухие клеевые смеси с улучшенными адгезионными свойствами, такие, как кладочные и плиточные растворы, в состав которых входят различные редуспергируемые порошки [6-8]. В России гидроизоляционные цементные материалы для подземных работ, содержащие редуспергируемые порошки, пока недостаточно изучены и поэтому не получили широкого распространения.

Микрокремнезём повышает прочность и водонепроницаемость раствора вследствие химического взаимодействия аморфного кремнезема и двуокиси кальция с образованием низкоосновных гидросиликатов, уплотняющих структуру цементного камня. Так как микрокремнезём имеет большую удельную поверхность ($S_{уд} = 1800 \text{ м}^2/\text{кг}$), для понижения водо-твердого соотношения была применена пластифицирующая добавка – суперпластификатор Melflux 2561 F на основе поликарбоксилата [9-11].

Для придания раствору эластичности и повышению его адгезионной способности в его состав был введен редуспергируемый порошок на основе этиленвинилацетата (ЭВА) Mowilith Pulver DM 2072 R. При затворения сухой смеси водой ЭВА превращается в эмульсию. В процессе затвердевания вяжущего количество воды в растворе снижается, а полимер подвергается коагуляции, и в виде полимерной пленки обволакивает твердые частицы, которые придают строительному камню эластичность [9, 12]. При укладке

обмазочного материала на бетонную поверхность из раствора уходит часть воды, и могут появиться усадочные трещины. Чтобы предотвратить потерю влаги в тонком слое, был использован водоудерживающий агент на основе целлюлозы — метилцеллюлоза Tylose H 300 P2.

Для определения оптимального состава гидроизоляционного композита, был проведен анализ влияния всех компонентов на его физико-механические свойства. В связи с тем, что на свойства материала оказывают влияние несколько факторов одновременно, нами были использованы математические методы планирования эксперимента. Независимыми переменными были установлены: расход микрокремнезёма (МК) и добавки ЭВА в % массы цемента. Параметрами оптимизации – прочность на сжатие (R_c , МПа) и прочность сцепления с бетонным основанием (R_a , МПа).

За неизменяемые характеристики были приняты:

- расход материалов (в % массы цемента): кварцевый песок – 36,0; суперпластификатор – 0,36; водоудерживающий агент – 0,21.
- параметры твердения: температура +20 °С; влажность – 98%.

В процессе проведения эксперимента были получены зависимости, которые представлены на рис. 1, 2.

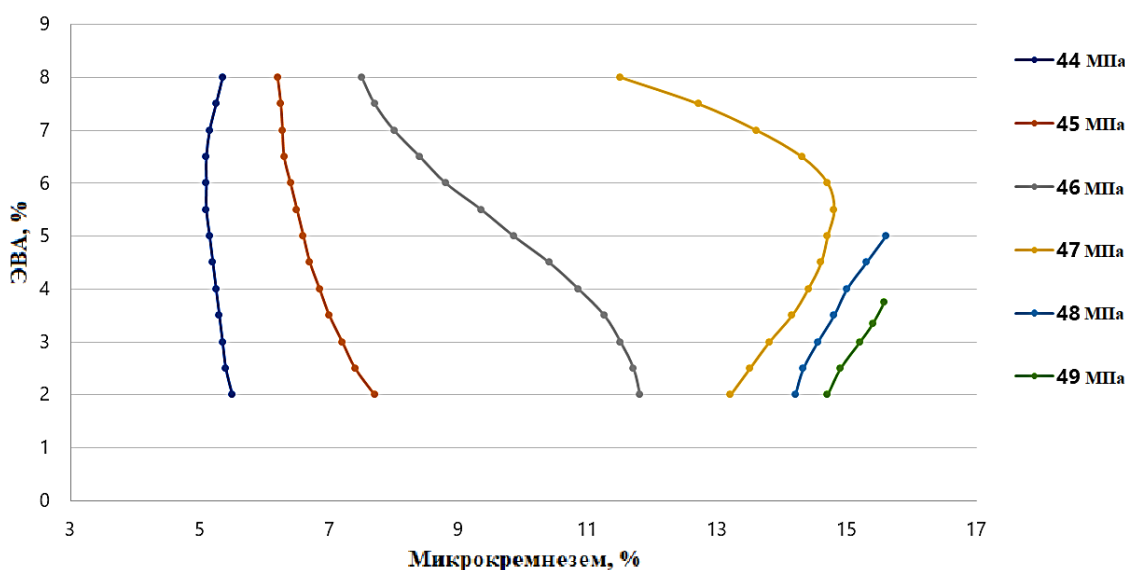


Рис. 1. – Зависимость прочности на сжатие от количества МК и ЭВА, %

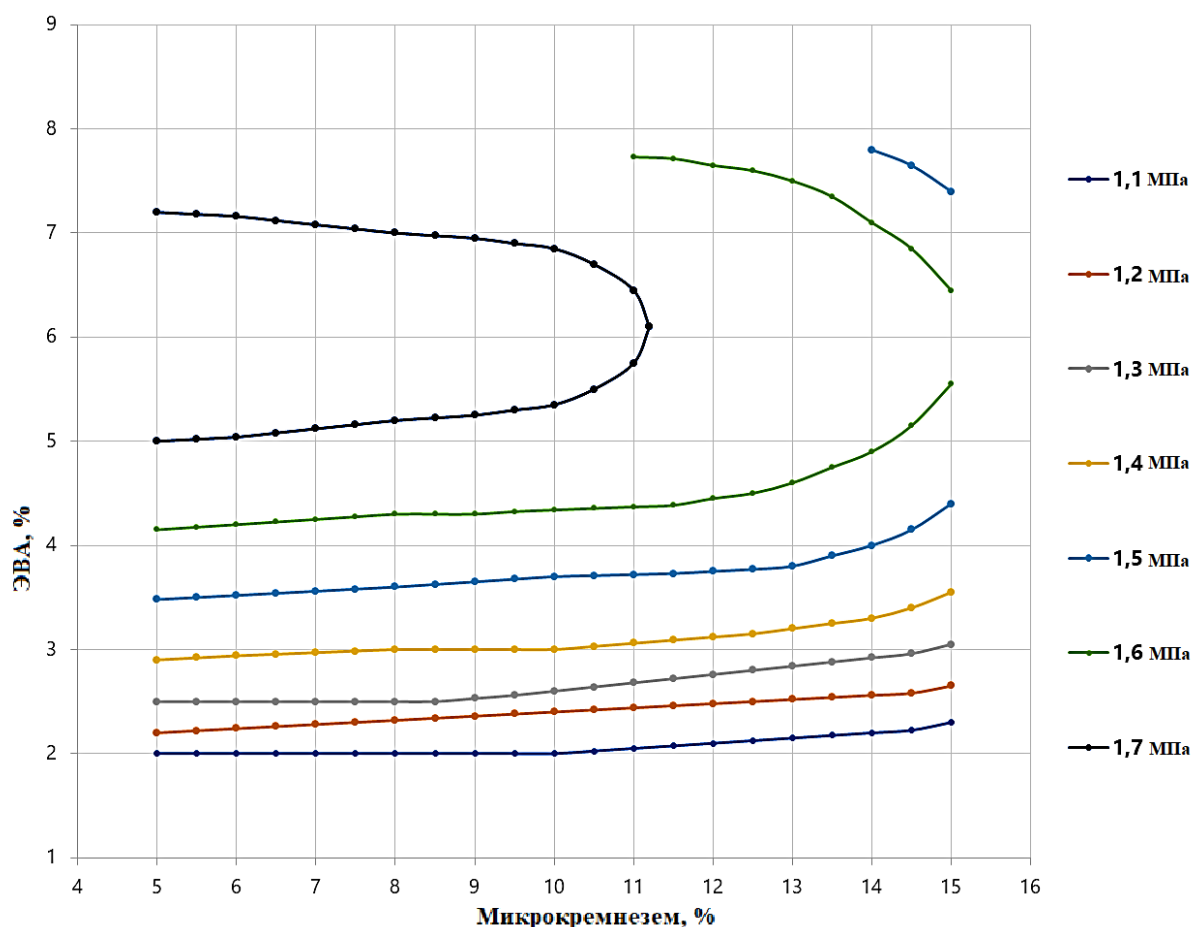


Рис. 2. – Зависимость адгезии раствора от количества МК и ЭВА, %

Основываясь на полученных данных, можно сформулировать следующие заключения. При добавлении микрокремнезёма в раствор его прочность на сжатие увеличивается прямо пропорционально количеству добавленного микрокремнезёма (% от массы цемента): при МК = 5% $R_c = 44,5$ МПа, при МК = 10% $R_c = 48,4$ МПа, при МК = 15% $R_c = 54,3$ МПа. В то же время, с увеличением количества микрокремнезёма, прочность сцепления снижается: с 1,2 МПа при МК = 5% до 1,1 МПа при МК = 15%. Применение редиспергируемой добавки существенно улучшает адгезию к бетонному основанию. Так, при содержании ЭВА 2% R_a составляет 1,32 МПа, при 5% – 1,48 МПа, а при 10% – 1,72 МПа. При дальнейшем увеличении процентного содержания ЭВА увеличение прочности сцепления происходит незначительно. Прочность на сжатие растет с повышением содержания

редиспергируемого порошка с 2 до 5% (с 42,4 до 47 МПа), но затем начинает снижаться. Анализ полученных результатов показал, что лучшие показатели имеет состав, содержащий ингредиенты (в % массы цемента): кварцевый песок – 36,0; микрокремнезём – 10,0; редиспергируемый порошок – 5,0; суперпластификатор – 0,36; водоудерживающий агент – 0,21. В/Т смеси составило 0,35. Этот состав был признан оптимальным (таблица № 1).

Таблица № 1

Оптимальный состав композиционного материала

Ингредиенты	Расход, кг
Портландцемент	590
Песок	212,4
МК	59
ЭВА	29,5
Пластификатор Melflux 2561 F	2,12
Метилцеллюлоза Tylose	1,26

Для определения физико-механических свойств полученного материала были проведены испытания в соответствии с установленными стандартами. Образцы материала хранились в стандартных условиях: при температуре (20 ± 2) °С, атмосферном давлении и относительной влажности (95 ± 5 %). Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанный материал соответствует требованиям российских и международных стандартов по физико-механическим свойствам (таблица № 2). Таким образом, при анализе результатов проведенных испытаний было установлено, что композиционный материал, разработанный на основе портландцемента с комплексной добавкой микрокремнезёма и редиспергируемого порошка, имеет высокие значения прочности на сжатие, растяжение, сцепления с бетоном, обладает высокой водонепроницаемостью. В связи с этим разработанный композиционный гидроизоляционный материал может быть

рекомендован качестве защитного покрытия для бетонных конструкций подземных зданий и сооружений.

Таблица № 2

Физико-механические характеристики композиционного материала

Характеристики	Един. измер.	Требования стандартов для данного показателя	Нормативные документы	Показатели
Водоудерживающая способность	%	≥ 90	ГОСТ Р 56703	94,6
Прочность на сжатие	МПа	Защитное покрытие не должно понижать прочность бетонного основания	ГОСТ Р 56703	46
Прочность на растяжение	МПа		ГОСТ Р 56703	1,34
Прочность сцепления с бетонным основанием	МПа	$> 0,5$	EN 14891, ГОСТ 31357	1,69
Ширина раскрытия трещин	мм	$> 0,75$	EN 14891	0,81
Марка по водонепроницаемости	атм	$\geq W6$	ГОСТ 31357	W12

Литература

1. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: учебное пособие – Тверь: Русская торговая марка, 2003. 396 с.
2. Виноградова Е.В., Мурзина О.Г. Техническое обслуживание и ремонт фундаментов и стен подвалов зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2020, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6310.
3. Steele J., Steele C. Performance criteria for coatings in chemical exposures // Journal of protective coatings and linings, 1999, № 16 (7). pp. 29-35.
4. Филиппова Л.С., Акимова А.С., Пикалов Е.С. Защитное полимерное покрытие с повышенными прочностными и адгезионными характеристиками // Инженерный вестник Дона, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8426.
5. Swamy R.N., Suryavanshi A.K., Tanikawa S. Protective Ability of an Acrylic Based Surface Coating System against Chloride and Carbonation Penetration into Concrete // ACI Materials Journal, 1998, № 95. pp. 101-112.

6. Мисников О.С., Пухова О.В., Белугин Д.Ю., Ащеульников П.Ф. Гидрофобизация сухих строительных смесей добавками из органических биогенных материалов // Строительные материалы, 2004, № 10. С. 2-4.
7. Несветаев Г.В., Осипов В.В. Изменение свойств строительных растворов с редиспергируемыми полимерными порошками после циклического нагревания – остывания // Инженерный вестник Дона, 2023, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8210.
8. Анисимова С.В., Шурыгина Ю.Н., Павликова С.М., Коршунов А.Е. Полимерные водные дисперсии в технологиях применения сухих строительных смесей // Строительные материалы, 2018, № 3. С. 80-84.
9. Lyapidevskaya O. Waterproofing material for protection of underground structures // E3S Web Conf. XXII International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment (FORM-2019), 2019, V.97, P. 02008. – DOI: 10.1051/e3sconf/20199702008.
10. Ohta A. Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate-Based Superplasticizers // SP-173: Fifth CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, 1997. – DOI: 10.14359/6193.
11. Malhotra V.M. Innovative Applications of Superplasticizers in Concrete // International RILEM Conference on the Role of Admixtures in High Performance Concrete, RILEM Publications SARL, 1999, V.5, – pp. 421-460.
12. Удодов С. А., Гиш М.Р. Влияние дозировки редиспергируемого порошка на локализацию полимера и деформационные свойства раствора // Труды КубГТУ, 2015, № 9. С. 164-174.

References

1. Shilin A.A., Zajcev M.V., Zolotarev I.A., Ljapidevskaja O.B. Hidroizoljacija podzemnyh i zaglublennyh sooruzhenij pri stroitel'stve i remonte: uchebnoe
-



posobie [Waterproofing of underground and buried structures during construction and repair]. Tver': Russkaja trgovaja marka, 2003. 396 p.

2. Vinogradova E.V., Murzina O.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6310.

3. Steele J., Steele C. Journal of protective coatings and linings, 1999, № 16 (7). pp. 29-35.

4. Filippova L.S., Akimova A.S., Pikalov E.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8426.

5. Swamy R.N., Suryavanshi A.K., Tanikawa S. ACI Materials Journal, 1998, № 95. pp. 101-112.

6. Misnikov O.S., Puhova O.V., Belugin D.Ju., Ashheul'nikov P.F. Stroitel'nye materialy, 2004, № 10. pp. 2-4.

7. Nesvetaev G.V., Osipov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8210.

8. Anisimova S.V., Shurygina Ju.N., Pavlikova S.M., Korshunov A.E. Stroitel'nye materialy, 2018, № 3. pp. 80-84.

9. Lyapidevskaya O. E3S Web Conf. XXII International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment (FORM-2019), 2019, V.97, P. 02008. DOI: 10.1051/e3sconf/20199702008.

10. Ohta A. SP-173: Fifth CANMET/ACI International Conference on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete, 1997. DOI: 10.14359/6193.

11. Malhotra V.M. International RILEM Conference on the Role of Admixtures in High Performance Concrete, RILEM Publications SARL, 1999, V.5. pp. 421-460.

12. Udodov S. A., Gish M.R. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Krasnodar, 2015, V. 9. pp. 164-174.

Дата поступления: 20.10.2024

Дата публикации: 5.12.2024