

## Reference list

1. **Boljsherotova L.V., Zharnitsky V.Ya.** Osnovy upravleniya nedvizhimostyu. Kurs lektsij.– M.: ООО «BARK-91», 2014. – 175s.
2. **Paskhaver I.S.** Zakon boljshih chisel i zakonmernosti massovogo protsesssa. – M.: Izd-vo «Nauka», 1966.
3. **Boljsherotov A.L., Boljsherotova L.V.** Obosnovanie integriruyushchego termina «kompleksnaya ekologicheskaya bezopasnostj stroiteljstva» // Zhilishchnoe stroiteljstvo. – 2012. – № 3. – S.24-26.
4. **Boljsherotov A.L.** Vliyanie kontsentratsii objektov stroiteljstva na ekologicheskuyu bezopasnost // Vestnik MGSU: zhurnal. – 2009. – № 4. – S.49-54.

The material was received at the editorial office  
03.10.2017

## Information about the authors

**Boljsherotova Lyudmila Vasiljevna**, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of real estate objects»; Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», 127550, Moscow, ul. B. Academicheskaya, d. 44; e-mail: cccp49@mail.ru; тел.:+7(903)2128448.

**Boljsherotov Arkady Leonidovich**, doctor of technical sciences, professor of the Institute of Institute of advanced training of high-level personnel ООО BARK-91, 127572, Moscow, Abramtsevskaya St., 9, kor. 1; e-mail: bark1091@mail.ru; ph.: 7(926)3924170.

УДК502 /504:626.17:691.17

DOI 10.26897/1997-6011/2018-1-60-63

**А.В. ЕРЕМЕЕВ, Н.В. ХАНОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». г. Москва, Российская Федерация

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ГЕОМАТА С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ЩЕБНЯ И БИТУМ-ПОЛИМЕРА

*Гидротехнические сооружения подвержены воздействию на них водной эрозии, поэтому создание защитных покрытий для их откосов в настоящее время является актуальным. В наши дни современные строительные материалы позволяют изготавливать более экономически целесообразные покрытия для защиты от воздействия водного потока, чем покрытия, которые применялись в прошлом. В статье рассматривается вопрос целесообразности применения геомата с заполнителем из щебня и битум-полимерного связующего материала в качестве противозэрозийного средства укрепления откосов гидротехнических сооружений, описываются его состав и преимущества. Представлены результаты и методика проведения экспериментов по определению оптимального соотношения твёрдого заполнителя и связующего материала в теле геомата, сделаны выводы по назначению пропорции компонентов защитного материала и даны рекомендации по применению оптимальной пропорции при изготовлении защитного покрытия.*

*Противозэрозийное покрытие, геомат, битум-полимер, битум, заполнитель, водная эрозия, откос.*

**Введение.** Гидротехнические сооружения относятся к сооружениям повышенной ответственности, поэтому их безопасная эксплуатации занимает основную роль. При эксплуатации гидротехнических сооружений они подвергаются воздействию на них негативных факторов, одним из таких является водная эрозия. В числе основных причин аварий и повреждений гидротехнических сооружений – недостаточная

защищённость грунтового откоса или полное отсутствие защитной облицовки, вследствие чего под воздействием водной эрозии (водного потока) возникает его деформация и оползание грунта [1]. Для предотвращения такого рода явлений на откосах гидротехнических сооружений выполняется ряд мероприятий по их защите.

При проектировании гидротехнических сооружений особую роль уделяют

правильному выбору противозерозионных средств защиты. В настоящее время существует много всевозможных вариантов защиты откосов. Для каждого конкретного случая определяется наиболее надёжное и экономически целесообразное покрытие. В наши дни существует множество современных материалов, по своим свойствам подходящих для защитных покрытий откосов сооружений.

В гидротехническом строительстве, для защиты откосов от водной эрозии, нашло применение покрытие – геомат, заполненный твёрдым наполнителем и битумом. Традиционный битумный связующий материал имеет массу недостатков, таких как: небольшой срок эксплуатации, потеря эластичности из-за воздействия воды и длительного ультрафиолетового излучения, сильное трещинообразование, вследствие чего под воздействием водного потока происходит отрыв фрагментов защитного покрытия [2]. В гидротехническом строительстве в настоящее время отказались от применения битумных мастик для герметизации швов. Исходя из перечисленных недостатков можно сделать вывод, что покрытия с применением связующего из битума не очень долговечны и надёжны. В связи с этим предлагается применять однокомпонентный жидкий битум-полимер без растворителей, который по своим свойствам и достоинствам во многом превосходит традиционный битум [3]. Модернизируемый связующий материал более износостойкий и эластичный, обладает лучшим сцеплением и с течением времени на нём образуется меньше трещин.

Основными составляющими модернизируемого связующего материала являются: битум, стирол, доломитовый порошок и добавки [4]. Материал имеет чёрный цвет. В качестве наполнителя используется щебень, размер которого не должен превышать 10 мм.

**Материал и методы.** Для композиционных материалов соотношение наполнителя и связующего является зачастую решающим фактором, определяющим и долговечность, и прочность материала. При плохой связи наполнителя и связующего любая гранула наполнителя может играть роль концентратора напряжений. Как правило, разрушение материала происходит путём растрескивания и будет идти по граням гранул наполнителя. При хорошей адгезии связующего и наполнителя граница раздела бу-

дет препятствием для образования трещин. Для разных связывающих материалов и заполнителей данная задача решается разными способами. Основным знаком хорошего сцепления вяжущего материала и заполнителя является обволакивание связующим материалом поверхности заполнителя [5].

Подбор пропорции битум-полимерного связующего и твёрдого заполнителя в структуре геомата необходим для получения оптимальных характеристик защитного покрытия. Эксперимент по подбору пропорции производился в два этапа. В каждом этапе эксперимента изготавливались образцы одинакового размера. Определение массы всех материалов производилось на весах с цифровым датчиком с точностью до 1 г. Полученные образцы находились в проветриваемом, сухом и отапливаемом помещении с температурой от 15° до 20°С в течении 24 часов. По истечении 24 часов с геокомпозитным материалом проводили испытания, а затем его оценивали.

В первый этап эксперимента входило изготовление образцов покрытия с разными соотношениями связующего материала и твёрдого заполнителя, т.к. целью данной части эксперимента было определение соотношения, при котором вяжущего материала будет достаточно для того, чтобы твёрдый наполнитель был надёжно зафиксирован в структуре геомата. Было сделано три образца геокомпозитного покрытия с пропорциями: 125%, 50% и 25% битум-полимера от массы твёрдого заполнителя. После того, как связующий материал схватился, полученные образцы подвергались проверке на обволакивание битум-полимером твёрдого наполнителя. В полученном образце с соотношением 125% связующего материала от массы наполнителя, битум-полимера было достаточно для того, чтобы твёрдый наполнитель был зафиксирован в структуре геомата. В образцах, где применялось 25% и 50% связующего материала, последнего было недостаточно, в связи с этим твёрдый наполнитель не был надёжно зафиксирован в структуре геомата.

Во втором этапе эксперимента выполнялся более точный подбор соотношения связующего материала и твёрдого наполнителя и он опирался на полученные результаты начальных экспериментов. При подборе более точной пропорции, за основу был взят образец покрытия, в котором применялось 125% связующего материала от массы наполнителя и относительно этого образца

увеличивалось или уменьшалось количество вяжущей составляющей. Было сделано 4 новых образца геокомпозитного покрытия с пропорцией битум-полимера 175%, 150%, 100% и 75% от массы твёрдого заполнителя. Образцы, в которых использовалось 175% и 150% связующего материала, получились с переизбытком битум-полимерного связующего, в них были излишки связующего материала, растёкшиеся за пределы экспериментального образца, связующий материал не схватился за 24 часа. В образце, где применялось 100% битум-полимерного связующего, соотношение получилось более сбалансированным, обволакивание твёрдого заполнителя связующим материалом было обеспечено. В образце, где применялось 75% связующего, который обволакивал практически весь твёрдый заполнитель, но в данном образце не закрепилось около 16% твёрдого заполнителя.

**Результаты и обсуждение.** В результате первого эксперимента было получено два образца с недостаточным количеством связующего материала, твёрдый заполнитель не был надёжно зафиксирован в структуре геомата, в связи с этим происходил отрыв частиц твёрдого заполнителя. В образце с применением 125% связующего материала от массы заполнителя, наблюдался излишек связующего, но твёрдый заполнитель был надёжно зафиксирован. Проанализировав результаты, полученные от первых трёх образцов, было решено провести ещё серию экспериментов.

По итогам второго этапа экспериментов было получено четыре образца геокомпозитного материала. Два образца получились с избытком связующего материала, в данных образцах связующий материал не схватился в течение 24 часов. Остальные образцы получились с оптимальной пропорцией связующего материала, в образце с пропорцией 100% связующего материала от массы твёрдого заполнителя, не закрепилось 7% щебня, а в образце с применением 75% связующего материала, не закрепилось 16% твёрдого заполнителя.

### Выводы

В результате экспериментов было выявлено, что в случае, когда связующего материала мало, связи между частицами твёрдого заполнителя не достаточно прочные, вследствие чего, при воздействии водного потока на материал, будет происходить от-

рыв твёрдого заполнителя. В случае, когда связующий материал в избытке, он не застывает в достаточной степени, вследствие этого, при физическом воздействии водного потока, будет происходить вымывание щебня и не застывшего битум-полимера. В обоих случаях покрытие будет не пригодно для дальнейшей эксплуатации.

По результатам проведенных экспериментов, для изготовления геомата, как материала для защиты откосов гидротехнических сооружений, рекомендуется использовать соотношение твёрдого заполнителя и битум-полимера 1:1. Учитывая, что изготовление геокомпозитного материала возможно непосредственно на строительной площадке, допускаются небольшие отклонения (в пределах 15%) от рекомендуемой пропорции, они не повлекут за собой заметного ухудшения прочностных и структурных показателей геокомпозитного материала.

### Библиографический список

1. Гидротехнические сооружения / Розанов Н.П., Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.
2. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. – М.: Изд-во «Транспорт», 1973. – 264 с.
3. Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова, г. Москва, 6-7 июня 2017 г.: Сб. статей. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – С 324-325.
4. Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учеб. пособие. – Омск: СибАДИ, 2009. – 228 с.
5. Грушко И.М., Королев И.В., Борщ И.М., Мищенко Г.М. Дорожно-строительные материалы: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 357 с.

Материал поступил в редакцию 13.12.2017 г.

### Сведения об авторах

**Еремеев Андрей Викторович**, аспирант, кафедры «Гидротехнические сооружения», 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44 к.3, уч. корпус № 29, e-mail: EAndrey4@yandex.ru

**Ханов Нартмир Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидротехнические сооружения», 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44 к.3, уч. корпус № 29; e-mail: nvkhanov@yahoo.com

**A.V. EREMEEV, N.V. KHANOV**

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

## OPTIMIZATION OF A GEOMAT STRUCTURE WITH THE FILLER OF BROKEN STONE AND BITUMEN-POLYMER

*Hydro technical structures are subject to water erosion, so creation of protective coating for their slopes is urgent now. Nowadays modern building materials allow manufacturing more economically feasible coatings for protection from the impact of water flow than the coatings used earlier. The article considers a question of feasibility of using a geomat of broken stone and bitumen-polymer binding material as an anti-erosion means of strengthening the slopes of hydraulic structures, its composition and advantages are described. There are given results and method of carrying out experiments on determination of the optimal ratio of a hard filler and binding material in the body of the geomat, conclusions are drawn on setting proportions of the protective material components when manufacturing a protective material...*

*Anti-erosion coating, geomat, bitumen-polymer, bitumen, filler, water erosion, slope.*

### References

1. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. / Ucheb-nik. / Rozanov N.P., Bochkarev V.S., Lapshenkov Ya.V. i dr. – M.: Agropromizdat, 1985. – 432 s.

2. **Kolbanovskaya A.S., Mikhaylov V.V.**, Dorozhnye bitumy. – M.: Izd-vo «Transport», 1973. – 264 s.

3. **Eremeev A.V.** Perspektivy primeneniya geomata s zapolnitelem iz shchebnya s bitum-polimernym vyazhushchim v gidrotekhnicheskoy stroiteljstve. / Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 100-letiyu I.S. Shatilova, g. Moskva, 6-7 iyunya 2017 g.: Sbornik statey. M.: – Izdatelstvo RGAU-MSHA, 2017. – S324-325.

4. **Galdina V.D.** Modifitsirovannye bitumy: ucheb. posobie. – Omsk: SibADI, 2009. – 228 s.

5. **Grushko I.M., Korolev I.V., Borshch I.M., Mishchenko G.M.** Dorozhno-stroiteljnye materialy: 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1991. – 357 s.

The material was received at the editorial office  
13.12.2017

### Information about the authors

**Eremeev Andrey Viktorovich**, post graduate student, the chair of “Hydraulic engineering constructions”, 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 k 3, case No 29 e-mail: EAndrey4@yandex.ru

**Khanov Nartmir Vladimirovich**, doctor of technical sciences, professor, head of the chair “Hydraulic engineering constructions”, 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 k. 3, case No 29; e-mail: nvkhanov@yahoo.com