

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626.823.914

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-36-44

Применение быстровозводимого бетонного покрытия для укрепления откосов каналов

Виктория Федоровна Сильченко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, vika-silchenko@mail.ru

Аннотация. Цель: анализ опыта укрепления откосов и снижения потерь воды на фильтрацию на гидромелиоративных системах с использованием современных строительных материалов, выявление основных преимуществ применения быстровозводимого бетонного покрытия. Перед использованием воды в оросительных целях она проходит большой путь от водозабора до потребителя, вследствие чего возникают потери воды на фильтрацию, которые являются одной из глобальных проблем в гидромелиорации. Применение традиционных противофильтрационных мероприятий, таких как: нефтевание, оглеение, кольматирование, устройство пленочных и бетонопленочных покрытий и другие методы не решают проблему в полной мере. **Материалы и методы:** бетонное полотно уже нашло применение в нефтегазовой и горнодобывающей промышленности, дорожном и железнодорожном строительстве, городском и сельском хозяйстве. Материал является экологически чистым, удобным в применении и отличается надежностью и высоким сроком службы. **Результаты и обсуждение:** проведенный анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что с помощью инновационных материалов можно решить проблему фильтрации и устранить потери воды из оросительных систем. Бетонное полотно в качестве противофильтрационного устройства оросительных каналов является более применимым за счет физических показателей, простоты обслуживания и ухода. **Выводы:** рассмотренные в работе противофильтрационные мероприятия и материалы имеют ряд преимуществ и недостатков. Применение бетонного полотна как противофильтрационного материала позволит повысить производительность любой гидромелиоративной сети в зависимости от ее исходного состояния, исключить потери воды на фильтрацию, а также защитить сооружения от размывов и деформаций.

Ключевые слова: бетонное полотно, облицовка, фильтрация, противофильтрационные мероприятия, водонепроницаемость

HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Application of pre-fabricated concrete lining for strengthening canal slopes

Viktoriya F. Silchenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, vika-silchenko@mail.ru

Abstract. Purpose: analysis of the experience of strengthening slopes and reducing water losses for filtration on irrigation and drainage systems using modern building materials, identifying the main advantages of using a fast-moving concrete pavement. Before using wa-



ter for irrigation purposes, it goes a long way from the water intake to the consumer, as a result of which there is water loss for filtration, which is one of the global problems in hydro-meteorology. The use of traditional anti-seepage measures, such as: oil, gleying, clogging, installation of film and concrete-film coatings and other methods do not fully solve the problem. **Materials and Methods:** the concrete canvas has already found application in the oil and gas and mining industries, road and railway construction, urban industry and agriculture. The material is environmentally friendly, convenient to use and is distinguished by its reliability and long service life. **Results and Discussion:** the analysis of domestic and foreign literature showed that with the help of innovative materials it is possible to solve the problem of filtration and eliminate water losses from irrigation systems. Concrete bed as an impermeable device for irrigation canals is more applicable due to its physical characteristics, ease of maintenance and care. **Conclusions:** the impermeable measures and materials considered in the work have a number of advantages and disadvantages. The use of a concrete bed as an anti-seepage material will increase the productivity of any irrigation and drainage system, depending on its initial state, exclude water losses for filtration, and also protect structures from erosion and deformation.

Keywords: concrete canvas, lining, filtration, impermeable measures, water resistance

Введение. Проблема защиты водоемов и каналов гидромелиоративного назначения на сегодняшний день очень актуальна. Водные потоки и эрозия берегов оказывают разрушительное воздействие на сельскохозяйственные угодья, гидротехнические сооружения и инженерные объекты. С целью предотвращения негативных процессов необходимо применение то же время необходима не только защита береговой линии от разрушительного воздействия водного потока, но и обеспечение ее водонепроницаемости. Укрепление откосов является важным мероприятием при строительстве опор, конусов мостов, насыпей, водоотводящих каналов, водосбросов дамб. Конструктивные решения по созданию защитных покрытий и устройств рассматриваются многими специалистами и детально изложены в работах Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, Ф. К. Абдразакова, О. А. Баева, Е. Г. Угроватовой, М. А. Бандурина, В. В. Ванжи, В. Л. Бондаренко, В. Ф. Сильченко [1–5].

Традиционные технологии укрепления откосов дают возможность предотвратить процесс ослабления грунта. На сегодняшний день существует большое количество мероприятий, направленных на защиту грунтовых гидротехнических сооружений. Исходя из назначения и местных гидрологических условий применяются различные материалы и конструкции.

Находят применение трубошпунтовые сваи, бетонные блоки, габионы, георешетки и сетки с различными каменными наполнителями, геоматы (с семенами трав) [6, 7]. Конструктивные решения на основе таких материалов действительно позволяют создавать высоконадежные конструкции, но требуют регулярного осмотра и технического обслуживания [8, 9].

В 2011 г. бетонное полотно вошло в рейтинг лучших изобретений человечества, которые делают мир чище и комфортнее. Продукция экспортируется в 40 стран мира, основными потребителями являются Канада, Южная Америка, Австралия и Южная Африка. Компаниями-производителями приводится ряд проектных решений, реализованных во многих странах мира [8].

Материалы и методы. Бетонное полотно, как правило, состоит из текстильного материала, между которым расположен слой сухого бетона, затвердевающего при взаимодействии с водой. Такое покрытие набирает прочность в течение 24 ч после увлажнения и является готовым к использованию. Основные направления применения: природоохранные сооружения, нефтегазовая и горнодобывающая промышленность, гидротехнические сооружения, дорожное строительство и др. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Основные направления применения бетонного полотна

За счет своей гибкости в процессе укладки бетонное полотно подходит для защиты крутых склонов (с углом наклона более 60°). Кроме того,

когда невозможно остановить подачу воды, производить укладку можно в воде. В таблицах 1 и 2 представлены основные сравнительные характеристики бетонного полотна, бетонного покрытия и геосинтетических (рулонных) материалов.

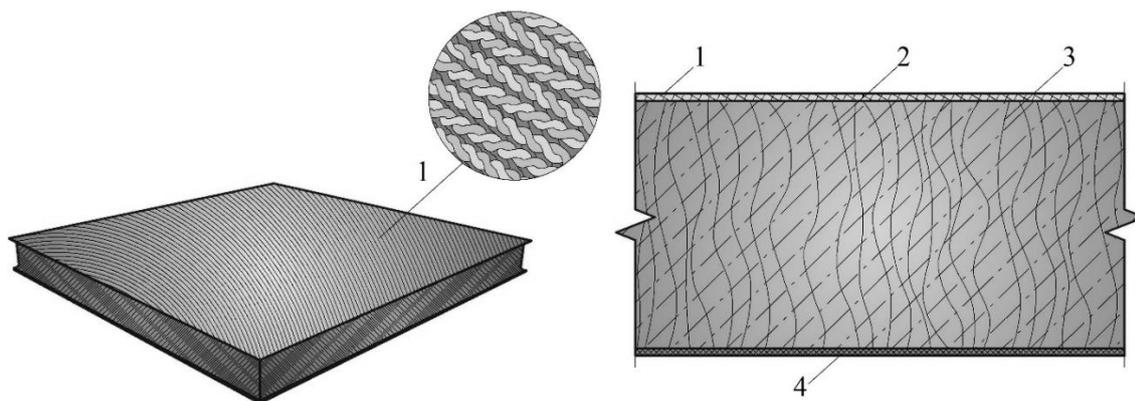
Таблица 1 – Сравнительные показатели бетонного полотна и бетонного покрытия облицовки [3]

Сравнительный показатель	Бетонное полотно	Бетонное покрытие
Вес 1 м ² , кг	10	200
Специализированная техника	Минимум	Максимум
Специализированные рабочие	Минимум	Максимум
Скорость укладки, м ² /день	800	80
Приобретение прочности, ч	24	72
Морозостойкость	Высокая	Средняя
Водонепроницаемость	Низкая	Средняя
Прочность при изгибе	Средняя	Высокая
Стойкость при сжатии	Высокая	Высокая
Стойкость к трещинам	Высокая	Средняя

Таблица 2 – Сравнительные показатели бетонного полотна и геосинтетических материалов [4]

Сравнительный показатель	Бетонное полотно	Геосинтетические материалы
Специализированная техника	Минимум	Минимум
Специализированные рабочие	Минимум	Минимум
Скорость укладки, м ² /день	800	800
Морозостойкость	Высокая	Высокая
Водонепроницаемость	Низкая	Низкая
Химическая стойкость	Высокая	Высокая
Герметичность швов	Высокая	Низкая
Прочность на прокол	Высокая	Низкая
Подвижность материала после укладки	Отсутствует	Допустима
Долговечность, лет	50	50
Сопrotивление корневым системам	Высокая	Средняя

Применение бетонного полотна также возможно для восстановления поврежденных бетонных конструкций. Материал укладывается сверху и крепится к существующему бетонному основанию, предотвращая его дальнейшее разрушение, обеспечивая высокую прочность и защиту от эрозии [3]. Конструкция бетонного полотна представлена на рисунке 2.



1 – волокнистая гидрофильная поверхность; 2 – сухая бетонная смесь;
3 – 3D-волокнистая матрица; 4 – водонепроницаемый слой (поливинилхлорид)

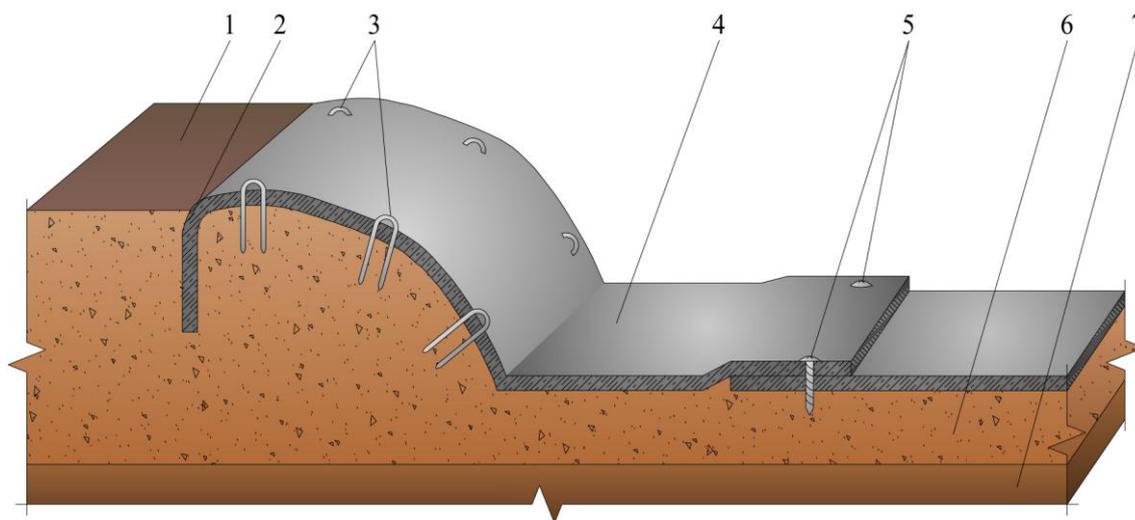
Рисунок 2 – Конструктивная схема бетонного полотна

Бетонное полотно не только превосходит параметры бетонных облицовок по техническим характеристикам, но и практически полностью совершенствует технологический процесс. Использование данного материала при облицовке каналов обеспечит повышение технологического уровня гидромелиоративного строительства. Большинство оросительных систем обладают высокой протяженностью сетей каналов, которые преимущественно находятся в необлицованном русле [10, 11].

В грунт бетонное полотно, как правило, крепится с помощью анкеров с острым наконечником и плоской головкой из оцинкованной стали длиной 0,25–0,38 м (рисунок 3). Длину анкеров и интервал подбирают с учетом состояния почв и целей применения. Анкеры следует устанавливать на стыках для фиксации смежных слоев [12].

Укладка кромки рулона бетонного полотна в анкерный замок является эффективным способом крепления материала при отделке поверхности, например, по выступу канавки или вдоль гребня откоса. Анкерный замок можно использовать как дополнение к штифтам, что позволит защитить поверхность от размывания наземными водами и сохранить плавность перехода в окружающий ландшафт. Вдоль верхней кромки траншеи создается углубление, в котором с помощью анкеров закрепляется обрезанный край

полотна. Анкерный паз подразумевает дополнительный расход полотна – около 0,25 м с каждого края отрезка. Фиксация полотен бетонного полотна между собой выполняется с помощью саморезов из нержавеющей стали длиной 50 мм путем наложения двух тканей. Шаг между саморезами произвольный, в среднем 20–60 см [12].



1 – бровка канала; 2 – штраба; 3 – крепление полотна к откосу с помощью анкеров;
4 – бетонное полотно; 5 – крепление полотен между собой с помощью саморезов;
6 – песчаная засыпка; 7 – уплотненное грунтовое основание

Рисунок 3 – Схема крепления бетонного полотна

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ показал возможность использования быстровозводимого бетонного полотна в качестве варианта повышения производительности гидромелиоративной сети. Основной недостаток (не относящийся к конструктивно-техническому решению и не влияющий на его технические характеристики) – это стоимостной показатель материала. Использование геосинтетических материалов на каналах гидромелиоративных систем более рационально, чем на накопителях отходов, так как такие покрытия могут стать совершенно непригодными для длительного использования в результате агрессивного воздействия сред от фильтрата на материал. Помимо этого, остается нерешенным вопрос расчистки оросительного канала, выполненного с открытыми облицовками из геомембран.

Выводы

1 Использование современных строительных материалов позволит не только улучшить технологическую инфраструктуру объектов гидромелиоративного назначения, но и предотвратить образование аварийных ситуаций. Любое новое технологическое решение будет несомненно лучше существующих на данный момент.

2 Усовершенствование технологических решений в области строительства и реконструкции гидромелиоративных сооружений с применением быстровозводимых облицовок на основе бетонного полотна позволит решить вопрос интенсификации мелиоративного производства. При этом такие сооружения будут характеризоваться повышенной эксплуатационной надежностью и фильтрационной безопасностью.

Список источников

1. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.
2. Bandurin M. A., Voloshukhin V. A., Vanzha V. V. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage of irrigation system // International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development. 2018. P. 214–218. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.214>.
3. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35–38.
4. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства, путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. ст. Саратов, 2019. С. 431–440.
5. Сильченко В. Ф. Исследования в области противофильтрационной защиты каналов, водоемов и накопителей // European Science of the Future: сб. науч. тр. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф., г. Смоленск, 8 апр. 2019 г. Смоленск: Наукосфера, 2019. С. 79–82.
6. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Классификация геосинтетических материалов и их применение для противофильтрационных устройств // Актуальные вопросы гидротехники и мелиорации на юге России: сб. ст. / ФГБОУ ВПО «НГМА». Новочеркасск: Лик, 2013. С. 108–117.
7. Ищенко А. В., Баев О. А. Анализ существующих методик испытаний физико-механических свойств бентонитовых матов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 2(10). С. 175–185. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=648> (дата обращения: 14.02.2021).
8. Лукашенко Л. Э. Эффективное инновационное решение укрепления склонов и

откосов // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 2-1(58). С. 132–141.

9. Игошева Л. А., Гришина А. С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7, № 2. С. 5–21. DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.01.

10. Косиченко Ю. М., Гурин К. Г., Самойленко А. В. Гидравлическая эффективность крупных каналов Северного Кавказа // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2005. Т. 7, № 4. С. 378–391.

11. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Теоретическая оценка водопроницаемости противofильтрационных облицовок нарушенной сплошности // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2014. № 3. С. 68–74.

12. Рекомендации по монтажу бетонного полотна «ТЕХПОЛИМЕР» (СТО 56910145-025-2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://texpolimer.by/wp-content/uploads/2019/02/rekomend-beton-polotno.pdf> (дата обращения: 14.02.2021).

References

1. Kosichenko Yu.M., Ugrovatova E.G., Baev O.A., 2015. *Obosnovanie raschetnykh zavisimostey fil'tratsionnykh soprotivleniy konstruksiy oblitsovok kanalov* [Justification of the calculated dependences of seepage resistances of the canal lining structures]. *Izv. VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [Proc. of the VNIIG named after B.E. Vedeneev], vol. 278, pp. 35-46. (In Russian).

2. Bandurin M.A., Voloshukhin V.A., Vanzha V.V., 2018. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage of irrigation system. International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development, pp. 214-218, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.214>.

3. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2019. *Isklyuchenie neproizvoditel'nykh poter' vodnykh resursov iz orositel'noy seti za schet ispol'zovaniya innovatsionnykh oblitsovochnykh materialov* [Elimination of unproductive losses of water resources from the irrigation network through the use of innovative lining materials]. *Agrarny nauchny zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 12, pp. 35-38. (In Russian).

4. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., 2019. *Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstruksii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov* [Intensification of reclamation production by improving technologies for the reconstruction and construction of irrigation canals]. *Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: sb. st.* [Current Issues and Prospects for Development of Agro-Industrial Complex: collection of articles]. Saratov, pp. 431-440. (In Russian).

5. Sil'chenko V.F., 2019. *Issledovaniya v oblasti protivofil'tratsionnoy zashchity kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Research in the field of anti-seepage protection of canals, reservoirs and reservoirs]. [European Science of the Future: collection of articles based on the proc. of the I International Scientific Practical Conference]. Smolensk, Naukosfera Publ., pp. 79-82. (In Russian).

6. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2013. *Klassifikatsiya geosinteticheskikh materialov i ikh primeneniye dlya protivofil'tratsionnykh ustroystv* [Classification of geosynthetic materials and their application for anti-filtration devices]. *Aktual'nye voprosy gidrotekhniki i melioratsii na yuge Rossii: sbornik statey* [Actual Problems of Hydraulic Technology and Land Reclamation in the South of Russia: collection of articles]. FSBEI HPE "NGMA", Novocherkassk, Lik Publ., pp. 108-117. (In Russian).

7. Ishchenko A.V., Baev O.A., 2013. [Analysis of existing test methods for physical and mechanical properties of bentonite mats]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no 2(10), pp. 175-185, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=648> (accessed 02.14.2021). (In Russian).

8. Lukashenko L.E., 2020. *Effektivnoe innovatsionnoe reshenie ukrepleniya sklonov i otkosov* [Efficient innovative solutions to strengthen slopes]. *Aktualnye nauchnyye issledovaniya v mire* [Actual Scientific Researches in the Contemporary World], no. 2-1(58), pp. 132-141. (In Russian).

9. Igosheva L.A., Grishina A.S., 2016. *Obzor osnovnykh metodov ukrepleniya gruntov osnovaniya* [Review of the main methods of strengthening soil bases]. *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bull. PNRPU. Construction and Architecture], vol. 7, no. 2, pp. 5-21, DOI: 10.15593/2224-9826/2016.2.01. (In Russian).

10. Kosichenko Yu.M., Gurin K.G., Samoilenko A.V., 2005 *Gidravlicheskaya effektivnost' krupnykh kanalov Severnogo Kavkaza* [Hydraulic efficiency of large canals of the North Caucasus]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Industry in Russia: Problems, Technologies, Management], vol. 7, no. 4, pp. 378-391. (In Russian).

11. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Teoreticheskaya otsenka vodopronitsaemosti protivofil'tratsionnykh oblitsovok narushennoy sploshnosti* [Theoretical assessment of water permeability of seepage-control linings with the disturbed uniformity]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Bull. Universities. North Caucasus Region. Technical Sciences], no. 3, pp. 68-74. (In Russian).

12. *Rekomendatsii po montazhu betonnoy polotna "TEKHPOLIMER" (STO 56910145-025-2017)* [Recommendations for the installation of the concrete bed "TEKHPOLYMER" (STO 56910145-025-2017)], available: <https://texpolimer.by/wp-content/uploads/2019/02/rekomend-beton-polotno.pdf> (accessed 14.02.2021). (In Russian).

Информация об авторе

В. Ф. Сильченко – младший научный сотрудник.

Information about the author

V. F. Silchenko – Junior Researcher.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.01.2021; одобрена после рецензирования 01.03.2021; принята к публикации 09.03.2021.

The article was submitted 28.01.2021; approved after reviewing 01.03.2021; accepted for publication 09.03.2021.