

Научная статья
УДК 626.823.914

Современные технические и технологические решения для ремонта деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов

Александр Юрьевич Гарбуз

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, a.y.garbuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

Аннотация. Цель: провести анализ современных способов и технологий восстановления водонепроницаемости деформационных швов и бетонных облицовок каналов, а также разработать алгоритм выбора варианта их реконструкции или ремонта. **Материалы и методы.** Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области ремонта бетонных элементов сооружений. В процессе проведения исследований применялись методы синтеза и анализа, дедукции и индукции. **Результаты.** Проведен анализ технических и технологических решений, направленных на ремонт и герметизацию деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов с применением различных материалов. Представлено обоснование преимуществ применения рассмотренных решений на действующих объектах мелиоративных систем. Предложен алгоритм выбора варианта восстановления бетонных противофилтрационных покрытий каналов, который включает не только ремонт отдельных повреждений бетонных облицовок эксплуатируемых каналов, но и варианты их полной или частичной замены. **Выводы.** Рассмотренные способы и технологии ремонта и восстановления бетонных облицовок каналов позволят в значительной степени снизить величину фильтрационных потерь, уменьшить шероховатость бетонных покрытий, а также увеличить пропускную способность мелиоративных объектов за счет применения современных противофилтрационных материалов.

Ключевые слова: деформационный шов, противофилтрационное мероприятие, водонепроницаемость, бетонная облицовка, канал, ремонт, полимерная композиция

Original article

Current technical and technological solutions for repairing expansion joints and concrete canal lining damages

Aleksandr Yu. Garbuz

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, a.y.garbuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1503-7300>

Abstract. Purpose: to analyze modern methods and technologies for restoring the impermeability of expansion joints and concrete canal linings, as well as to develop an algorithm for choosing the option of their reconstruction or repair. **Materials and methods.** The materials for the study were the Russian scientists' works in the field of repairing concrete elements of structures. Methods of synthesis and analysis, deduction and induction were used in the process of research. **Results.** The analysis of technical and technological solutions aimed at repairing and sealing of expansion joints and damage to concrete canal linings using various materials was carried out. The substantiation of the advantages of applying the considered solutions at the existing reclamation system facilities is presented. An algorithm for choosing the option of restoring concrete impervious canal lining is proposed, which includes not only the repair of individual damage to concrete linings of operational canals, but also options for

their complete or partial replacement. **Conclusions.** The considered methods and technologies for repair and restoration of concrete canal linings will significantly reduce the amount of filtration losses, reduce the roughness of concrete coatings, and also increase the carrying capacity of reclamation facilities through the use of modern impervious materials.

Keywords: expansion joint, impervious measure, impermeability, concrete lining, canal, repair, polymer composition

Введение. В связи с длительным периодом эксплуатации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений наиболее остро стоит вопрос обеспечения надежности и долговечности их бетонных и железобетонных элементов. Различные повреждения, которые образуются на поверхности бетонных облицовок оросительных каналов, стенках перегораживающих сооружений, существенно снижают их надежность и безопасность функционирования. В этой связи после подачи в оросительную систему значительных объемов водных ресурсов наблюдаются потери, которые достигают порядка 40–50 % от общего объема водоподачи. Большая часть фильтрационных потерь из оросительных каналов приходится на стыки и разрушенные деформационные швы их облицовок [1–4].

Учитывая специфические условия эксплуатации водопроводящих сооружений, к основным требованиям, которым должны удовлетворять их бетонные поверхности, следует отнести [4]:

- водонепроницаемость;
- морозостойкость;
- трещиностойкость;
- химическую стойкость;
- устойчивость к механическим воздействиям и др.

Наряду с этим, важным фактором, оказывающим влияние на свойства бетона, является циклическое воздействие попеременного замораживания-оттаивания, при котором происходит образование внутри конструкции облицовки дефектов в виде трещин различной длины и ширины раскрытия, что приводит к снижению прочности и увеличению деформативности бетонного покрытия [5].

В этой связи целью настоящих исследований являлся анализ современных способов и технологий восстановления водонепроницаемости деформационных швов и повреждений бетонных облицовок каналов, а также разработка алгоритма выбора варианта их реконструкции или ремонта.

Материалы и методы. Материалами к исследованию послужили труды российских ученых в области ремонта бетонных элементов сооружений различного назначения. В процессе проведения исследований применялись методы синтеза и анализа, дедукции и индукции.

Результаты и обсуждение. Одним из высокоэффективных методов ремонта или восстановления бетонных элементов конструкций является технология инъектирования. Данная технология позволяет восстановить целостность конструкции путем заполнения пустот (трещин, повреждений, швов) и подплитного пространства полимерами под высоким давлением. Применяемые при инъектировании ремонтные составы способствуют повышению надежности конструкции, прочно соединяя и замоноличивая (герметизируя) различные повреждения (рисунок 1) [6].

Для герметизации, а также защиты деформационных швов возможно применение устройства [7], которое содержит наполнитель всей полости деформационного шва, состоящий из упругопластичного материала, произведенного в виде листа U-образного вида. Устройство отличается тем, что в качестве наполнителя используется армированный стекловолокном полипропилен. Для исключения фильтрационных потерь через

деформационные швы перед установкой наносят слой герметика для более надежной фиксации устройства. Получаемый технический результат – надежность и экологичность материала конструкции, простота монтажа, снижение потерь воды на фильтрацию, защита от прорастания древесно-кустарниковой растительности, а также повышение долговечности работы сооружений (рисунок 2).

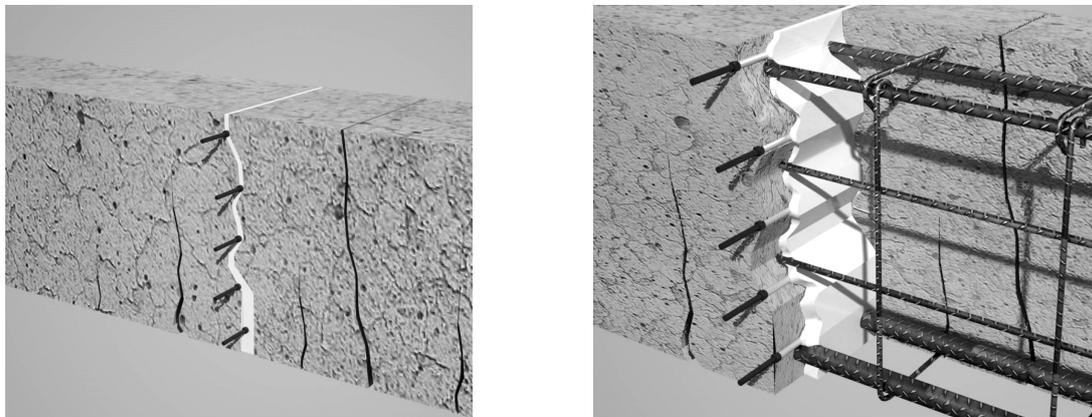
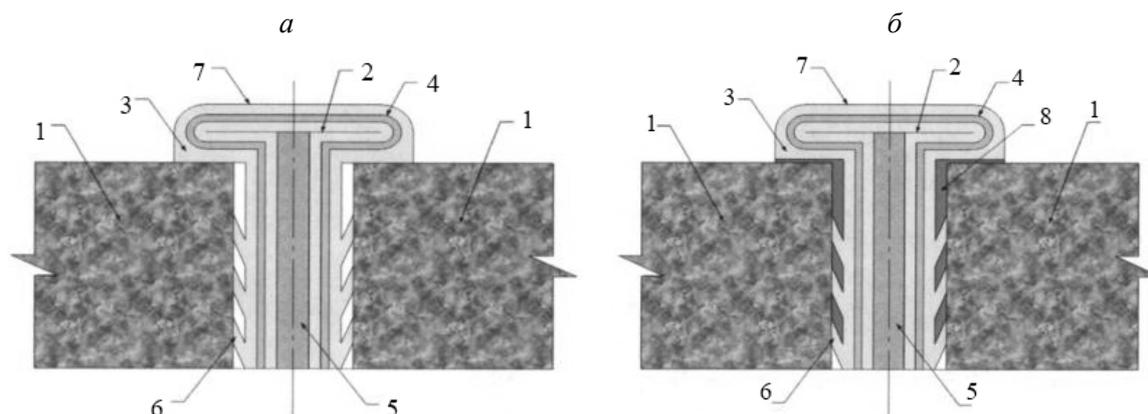


Рисунок 1 – Герметизация повреждений бетонных элементов с помощью технологии инъектирования полимеров

Figure 1 – Sealing of concrete element damage using polymer injection technology



а – устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах по 1-му варианту; *б* – устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах по 2-му варианту; 1 – устройство герметизации деформационных швов в железобетонных плитах; 2 – заполнитель полости шва из упругопластичного материала; 3 – полипропилен; 4 – внутренний слой армирования стекловолокном; 5 – компенсатор деформаций из пенополиуретана; 6 – стопорные крылья; 7 – Т-образная складка; 8 – слой герметика, мастики или эпоксидной смолы

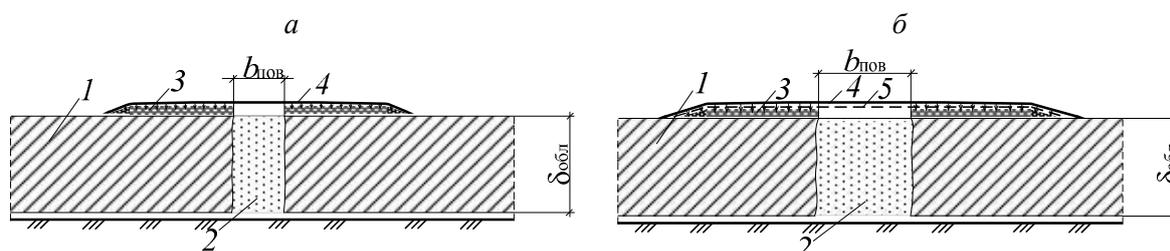
Рисунок 2 – Устройство комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах [7]

Figure 2 – Complex pressurizing unit of expansion joints in reinforced concrete slabs [7]

Основными преимуществами данного технического решения являются:

- использование в качестве устройства комплексной герметизации деформационных швов в железобетонных плитах заполнителя шва из армированного стекловолокна и полипропилена;
- наличие стопорных крыльев у U-образного заполнителя и Т-образной складки, двукратно перекрывающей деформационный шов;
- наличие компенсатора деформаций из пенополиуретана.

Для ремонта бетонных облицовок каналов разработан способ [8], который направлен на замену части поврежденного покрытия вследствие укладки бетона с определенной толщиной защитного слоя ($\delta_{обл} = 0,05$ м), а также устройство в жидкий раствор профилированной геомембраны жесткими ребрами вниз для более надежной фиксации. Устройство бетона выполняется по контуру повреждения. При фиксации более значительных повреждений на слой бетона укладывается полимерная геосетка. Ширина устраиваемого листа геомембраны определяется по размерам повреждения на бетонной облицовке с учетом запаса на ее устройство. Применение полимерной профилированной геомембраны и геосетки для ремонта мелких и крупных повреждений бетонных облицовок каналов позволит в значительной мере продлить срок службы сооружений, снизить потери воды на фильтрацию, а также минимизировать объемы бетонных работ (рисунок 3).



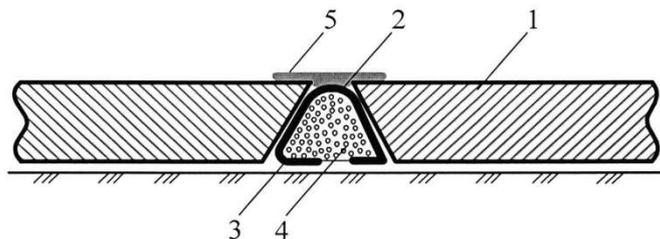
a – схема ремонта бетонных облицовок геомембраной; *б* – схема ремонта бетонных облицовок геомембраной и геосеткой; 1 – бетонная облицовка канала; 2 – повреждение в бетонной облицовке; 3 – бетон; 4 – профилированная геомембрана; 5 – полимерная геосетка

Рисунок 3 – Способ ремонта бетонных облицовок оросительных каналов [8]

Figure 3 – Method of repairing irrigation canal concrete lining [8]

Применение вышеописанного способа позволяет эффективно и в короткие сроки выполнять ремонт различных повреждений бетонных облицовок каналов. Благодаря использованию полимерных геомембран в значительной степени будет снижена шероховатость бетонной облицовки, что в перспективе позволит увеличить пропускную способность, а также повысить КПД оросительной сети.

Рассмотрим также способ герметизации швов облицовок водопроводящих гидротехнических сооружений [9], который включает в себя герметизирующий элемент и защитный слой, а именно противофильтрационный жгут, выполненный из перфорированной полимерной геомембраны толщиной 0,2 мм с наполнителем из бентонитовых глин. Для заполнения (герметизации) пространства между швом и бетонным покрытием используются жидкие композиции, наносимые по всей поверхности устраиваемого в деформационный шов противофильтрационного жгута (рисунок 4).



1 – бетонная облицовка; 2 – герметизирующий элемент; 3 – оболочка из геомембраны; 4 – наполнитель из бентонита; 5 – жидкая композиция

Рисунок 4 – Схема бетонной облицовки с деформационным швом [9]

Figure 4 – Scheme of concrete lining with expansion joint [9]

Применение данного способа позволит обеспечить надежную, длительную и эффективную противотриационную защиту, позволяя исключить фильтрационные потери, а также предотвратить разрушение бетонной поверхности облицовки вблизи деформационных швов, уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

На основании анализа современных технических и технологических решений для восстановления деформационных швов и бетонных облицовок каналов разработан алгоритм выбора варианта восстановления бетонного противотриационного покрытия каналов, который включает не только ремонт отдельных повреждений бетонных облицовок эксплуатируемых каналов, но и варианты их полной или частичной замены (рисунок 5).



Рисунок 5 – Алгоритм выбора варианта восстановления бетонных облицовок каналов

Figure 5 – Algorithm for choosing an option of recovering concrete canal linings

Выводы

1 Выполнен анализ современных технических и технологических решений, направленных на ремонт и герметизацию деформационных швов и бетонных облицовок каналов с применением различных материалов. Приведено обоснование их эффективного применения на действующих объектах мелиоративных систем.

2 Представлен алгоритм выбора варианта восстановления бетонных облицовок каналов, включающий блок исходных данных и варианты операций, направленных на ремонт повреждений, частичную или полную замену облицовок оросительных каналов для исключения фильтрационных потерь оросительной воды.

Список источников

1. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 361 с.

2. Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин [и др.]; под ред. В. С. Алтунина. М.: Агропромиздат, 1988. 160 с.

3. Рубин В. М., Шлаен А. Г. Бетонная облицовка каналов. М.: Агропромиздат, 1987. 182 с.

4. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противofильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2015. 65 с. Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-B2015.

5. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Математическое и физическое моделирование фильтрации через малые повреждения противofильтрационных устройств из полимерных геомембран // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденева. 2014. Т. 274. С. 60–73.

6. Гарбуз А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. Вып. 2(58). С. 33–39.

7. Пат. на полезную модель 173800 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Устройство комплексной герметизации и защиты деформационных швов ГТС от прорастания древесно-кустарниковой растительностью / Семененко С. Я., Дубенок Н. Н., Марченко С. С., Арьков Д. П., Кулик А. К., Попов П. С., Пахомов А. А.; заявитель и патентообладатель Федер. науч. центр агроэкологии, комплекс. мелиораций и защит. лесоразведения Рос. акад. наук. № 2016149653; заявл. 16.12.16; опубл. 12.09.17, Бюл. № 26. 9 с.

8. Пат. 2612419 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ ремонта бетонных облицовок оросительных каналов / Баев О. А.; заявитель и патентообладатель О. А. Баев. № 2016105674; заявл. 18.02.16; опубл. 09.03.17, Бюл. № 7. 9 с.

9. Пат. 2644885 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ герметизации швов водопроводящих гидротехнических сооружений / Баев О. А.; заявитель и патентообладатель О. А. Баев. № 2017118309; заявл. 25.05.17; опубл. 14.02.18, Бюл. № 5. 7 с.

References

1. Shchedrin V.N. [et al.], 2015. *Osnovnye printsipy i metody ekspluatatsii magistral'nykh kanalov i sooruzheniy na nikh: monografiya* [Basic Principles and Methods of Operation of Main Canals and Structures on Them: monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 361 p. (In Russian).

2. Altunin V.S. [et al.], 1988. *Zashchitnye pokrytiya orositel'nykh kanalov* [Protective Coatings for Irrigation Canals]. Moscow, Agropromizdat Publ., 160 p. (In Russian).

3. Rubin V.M., Shlaen A.G., 1987. *Betonnaya oblitsovka kanalov* [Concrete Lining of Canals]. Moscow, Agropromizdat Publ., 182 p. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2015. *Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov dlya protivofil'tratsionnykh ekranov kanalov, vodoemov i nakopiteley* [Recommendations for Applying Geosynthetic Materials for Impervious Screens of Canals, Ponds and Reservoirs]. FGBNU RosNIIPM, Novocherkassk, 65 p., deposited in VINITI on 12.01.2015, no. 1-B2015. (In Russian).

5. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2014. *Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie fil'tratsii cherez malye povrezhdeniya protivofil'tratsionnykh ustroystv iz polimernykh geomembran* [Mathematical and physical modeling of filtration through small damage of impervious polymeric geomembrane units]. *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva* [News of B.E. Vedeneev VNIIG], vol. 274, pp. 60-73. (In Russian).

6. Garbuz A.Yu., 2015. *Remont povrezhdeniy oblitsovok dlitel'no rabotayushchikh kanalov s ispol'zovaniem polimernykh kompozitsiy* [Repair of damage to the long-running canals lining of using polymer compositions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zem-*

ledeliya [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], iss. 2(58), pp. 33-39. (In Russian).

7. Semenenko S.Ya., Dubenok N.N., Marchenko S.S., Arkov D.P., Kulik A.K., Popov P.S., Pakhomov A.A., 2017. *Ustroystvo kompleksnoy germetizatsii i zashchity deformatsionnykh shvov GTS ot prorstaniya drevesno-kustarnikovoy rastitel'nost'yu* [Complex Pressurizing Unit and Protection of Expansion Joints of Hydraulic Structures from Tree and Shrub Vegetation Germination]. Patent RF, no. 173800. (In Russian).

8. Baev O.A., 2017. *Sposob remonta betonnykh oblitsovok orositel'nykh kanalov* [The Method of Repairing Concrete Linings of Irrigation Canals]. Patent RF, no. 2612419. (In Russian).

9. Baev O.A., 2018. *Sposob germetizatsii shvov vodoprovodyashchikh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [The Method of Sealing the Seams of Water-Conducting Hydraulic Structures]. Patent RF, no. 2644885. (In Russian).

Информация об авторе

А. Ю. Гарбуз – младший научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

A. Yu. Garbuz – Junior Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

The author is responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.07.2022; одобрена после рецензирования 19.08.2022; принята к публикации 26.08.2022.

The article was submitted 13.07.2022; approved after reviewing 19.08.2022; accepted for publication 26.08.2022.