

## Разработка адаптивных технологий эксплуатации оросительных каналов, покрытых бетонным полотном

**Фярид Кинжаевич Абдразаков, Андрей Алексеевич Рукавишников, Эмиль Эдинович Сафин**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия  
e-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

**Аннотация.** Актуальность исследования заключается в расширении и получении новых теоретических знаний о применении адаптивных технологий эксплуатации оросительных каналов в зависимости от типа облицовочных материалов, а именно геосинтетических материалов. Объектом исследования является бетонное полотно. Анализ включал в себя методы эмпирического и экспериментально-теоретического уровня. В работе рассматривались и сопоставлялись такие облицовочные материалы, как геомембрана, бентонитовые маты и бетонная облицовка как традиционный облицовочный материал. Приведенные теоретические положения работы допускают возможность применения малой механизированной техники при проведении работ по очистке русла каналов, покрытых бетонным полотном от наносов.

**Ключевые слова:** мелиорация; эксплуатация оросительных каналов; геомембрана; бетонное полотно; ресурсосберегающие технологии; строительство.

**Для цитирования:** Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А., Сафин Э. Э. Разработка адаптивных технологий эксплуатации оросительных каналов, покрытых бетонным полотном // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 4–8. <http://10.28983/asj.y2022i11pp4-8>.

## AMELIORATION

Original article

### Development of adaptive technologies for the operation of irrigation canals covered with a concrete canvas

**Fyarid K. Abdrzakov, Andrei A. Rukavishnikov, Emil E. Safin**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: abdrzakov.fk@mail.ru

**Abstract.** The relevance of the study is to expand and obtain new theoretical knowledge on the application of adaptive technologies of irrigation canals operation depending on the type of facing materials, namely geosynthetic materials. The object of the study is a concrete canvas. The analysis included methods of empirical and experimental-theoretical level. The work considered and compared such cladding materials as geomembrane, bentonite mats and concrete cladding as a traditional cladding material. The given theoretical provisions of the work allow for the possibility of applying small mechanized equipment when carrying out works on cleaning the canal beds covered with concrete canvas from sediments.

**Keywords:** reclamation; irrigation canal operation; geomembrane; concrete bed; resource-saving technologies; construction.

**For citation:** Abdrzakov F. K., Rukavishnikov A. A., Safin E. E. Development of adaptive technologies for the operation of irrigation canals covered with a concrete canvas // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(11):4–8. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2022i11pp4-8>.

**Введение.** Мелиоративное производство является неотъемлемой частью и однозначно катализатором получения высоких и устойчивых урожаев по всей России. При этом качество проводимых мероприятий и технологии определяют лидеров по валовому сбору сельскохозяйственной продукции. Однако для проведения оросительных мероприятий необходимо поддерживать транспортирующую и проводящую функцию каналов системы. Обширное разнообразие облицовочных материалов позволяет эффективно и безопасно применять их при облицовке оросительных каналов. Это необходимо для ежегодной эксплуатации оросительной сети с максимальными показателями КПД [1]. Применение того или иного материала всегда сопровождается рядом вопросов по строительству и обслуживанию их в процессе жизненного цикла как канала, так и материала. Современные облицовочные материалы, такие как бетонное полотно, геомембрана и также подобные композитные материалы, без сомнения, обладают уникальными свойствами, позволяющими укладывать от 100 до 600 м<sup>2</sup> за один рабочий день. Кроме того, это минимальное или полное отсутствие тяжелой техники, фильтрационные свойства и т.д. [3, 4, 5, 8]. При этом полностью отсутствуют комплексные технологии обслуживания и ремонта таких материалов.

Данный вопрос является актуальным, так как вышеперечисленные материалы появились сравнительно недавно, и немногие проходили процедуру текущего и капитального ремонта. Следовательно, тема работы является актуальной и заслуживает внимания.

Цель работы – повышение эффективности и надежности оросительных каналов, исключение фильтрационных потерь воды за счет разработки и применения геосинтетических материалов при их реконструкции и ремонте.





**Методика исследований.** При проведении исследования использовали метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. Теоретический метод включал в себя реферирование, конспектирование и цитирование общих и специальных научных трудов ученых по данному наукоемкому направлению. В работе применяли математические и статистические методы для получения и установления количественных зависимостей между изучаемыми явлениями.

Так как основа исследования базируется на обслуживании оросительных каналов, покрытых бетонным полотном, то основным будет считаться возможность материала выдержать вес трактора, бульдозера или иного транспортного средства.

При движении трактора или бульдозера в русле канала в зоне контакта дна канала (облицовки канала) возникают динамические вертикальные, продольные и поперечные касательные силы, значение которых зависит от типа транспортного средства, шины колеса, нагрузки и природно-климатических условий.

При неподвижности транспортного средства на стоящее колесо действует только одна сила – вес трактора, приходящееся на это колесо. Под действием вертикальной силы колесо деформируется (рис. 1, а) [11].

Площадь следа колеса  $F$  меняется, составляет 250–1000 см<sup>2</sup>. Для одного и того же трактора значение  $F$ , м<sup>2</sup>, зависит от нагрузки на колесо:

$$F = G/p. \quad (1)$$

Различают площадь отпечатка колеса по контуру в форме эллипса (см. рис. 1, а) и по выступам рисунка протектора. При определении среднего давления в расчет принимают площадь отпечатка по выступам протектора. При расчете дорожной одежды для вычисления  $p$  условно принимают площадь отпечатка в виде круга диаметром  $D$ , м, равновеликую площади эллипса [11]:

$$D = 11,3\sqrt{G/(0,1p)}. \quad (2)$$

Основные физико-механические параметры бетонного полотна: прочность на сжатие 25,6–30,4 МПа (261,04–309,99 кг/см<sup>2</sup>); прочность на изгиб 4,5–5,0 МПа (45,88–50,98 кг/см<sup>2</sup>).

**Результаты исследований.** Принципиальное отличие средств и технологий при обслуживании оросительных каналов заключается в том, что некоторые виды геосинтетиков не предусматривают очистку путем применения тяжелой техники, к таким относятся геомембрана и бентонитовые маты [3, 7, 9, 10]. В данном случае нами рассматривается вопрос очистки каналов путем непосредственного использования тяжелой техники в русле канала. Традиционный вариант очистки оросительных каналов (рис. 2).

Данный вариант невозможен по нескольким причинам [2, 11]: большая масса (пример Т-330); невозможность передвижения из-за просадки грунта до 20 % от проектного сечения; высокий процент трения недопустим для данных геосинтетических материалов.

Как известно, при нормальных условиях эксплуатации откладываемые в течение года наносы могут составлять порядка 0,1...0,5 м, при этом площадь живого сечения ежегодно сокращается на 5...8 %. Отсюда следует, что эксплуатационные мероприятия следует выполнять ежегодно, вне зависимости от используемого материала [6]. При этом важно отметить, что при использовании бетонных облицовочных плит ситуацию можно исправить с помощью тяжелой техники.

Капитальный ремонт оросительных каналов проводится раз в 10–25 лет в зависимости от геологического объекта и условий эксплуатации. При этом важной проблемой в будущем будет невозможность использования каналов, облицованных современными одедами, если не будет комплексных технологий обслуживания. Полная утилизация и замена облицовки является иррациональным вариантом, так как несет высокие затраты [1, 2].

Оценивая геосинтетические материалы, нельзя не выделить бетонное полотно. Данный материал сочетает в себе бетон и геомембрану, что позволяет внести определенные исключения в плане технологического обслуживания. Бетонное полотно в достаточной мере работает на изгиб 3,4–4,5 МПа (34,7–45,8 см<sup>2</sup>), что позволяет выдерживать высокие нагрузки

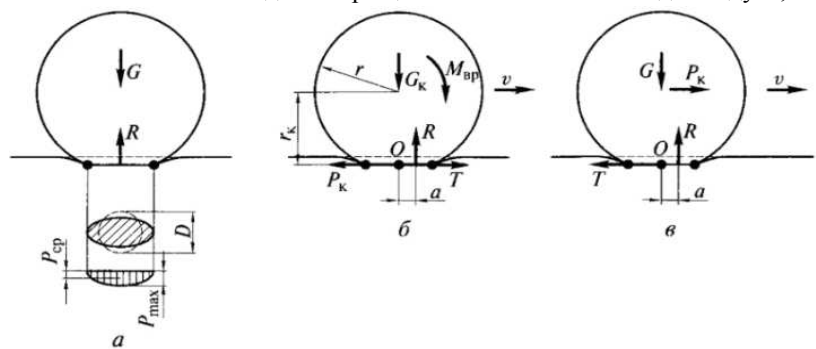


Рис. 1. Схема сил, действующих на поверхность дна канала: а – стоящее колесо; б – ведущее колесо; в – ведомое колесо;  $D$  – размер пятна контакта колеса с облицовочным покрытием;  $P_{cp}$ ,  $P_{max}$  – соответственно средний и максимальный прогиб облицовочного полотна;  $G$  – вес ТС;  $R$  – сила реакции;  $G_k$  – вес ТС, приходящийся на колесо;  $M_{bp}$  – вращающий момент;  $T$  – сила трения;  $r$  – расстояние от центра колеса до поверхности дорожного покрытия;  $r$  – радиус колеса;  $a$  – расстояние от мгновенного центра скоростей  $O$  до линии действия силы реакции  $R$ ;  $P_k$  – окружная сила;  $v$  – скорость движения ТС

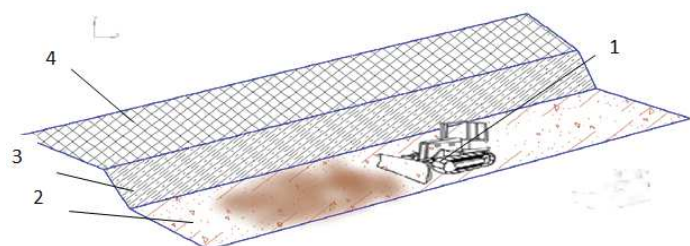


Рис. 2. Традиционный вариант очистки оросительных каналов от наносов: 1 – бульдозер; 2 – дно канала; 3 – откос; 4 – берма канала

на материал. Плотность материала в зависимости от марки варьирует от 1500 до 2025 кг/м<sup>3</sup> [3]. Данные показатели позволяют нам использовать следующую технику (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Минитрактор: а – Belarus 152, б – Русич Т-244

Характеристики данных моделей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики минитракторов

Характеристики	Belarus 152	Русич Т-244
Масса	650	1230
Привод	Полный (4×4)	Полный (4×4)
Мощность, л.с.	11,8	24,4
Дорожный просвет, мм	280	300
Максимальная буксируемая масса, кг	300	800
Тяговый класс	0,2	0,6

При этом нельзя не учитывать стоимость данной техники: стоимость Belarus 152 – 370 тыс. руб., стоимость Русич Т-244 – 750 тыс. руб.

В данном примере нами был проведен анализ минитракторов как приемлемый вариант использования каждого из них. Без сомнения, Русич Т-244 на порядок превосходит по всем характеристикам Belarus 152, при этом масса имеет значение при выборе наиболее рационального варианта.

Рассмотрим максимальное давление на грунт каждого трактора:

Belarus 152 – 14 МПа (142,76 кг/см<sup>2</sup>);

Русич Т-244 – 21 МПа (214, 14 кг/см<sup>2</sup>).

Так как мы учитываем максимальное давление на грунт (облицовку) тракторов, то мы также будем учитывать максимальные показатели на сжатие бетонного полотна. Таким образом: для Belarus 152

$$R_{\text{сжатие}} \text{ Бет. пол.} / \text{Уд. Давл.}_{\text{макс}} \text{ Тракт.} = 30,4/14 = 2,17 \text{ Мпа,} \quad (3)$$

где  $\text{Уд. Давл.}_{\text{макс}} \text{ Тракт.}$  – максимальное удельное давление трактора на грунт (облицовку);  $R_{\text{сжатие}} \text{ Бет. пол.}$  – максимальные показатели бетонного полотна на сжатие. для Русич Т-244

$$R_{\text{сжатие}} \text{ Бет. пол.} / \text{Уд. Давл.}_{\text{макс}} \text{ Тракт.} = 30,4/21 = 1,44 \text{ Мпа.} \quad (4)$$

Таким образом, мы получаем 2,0 и 1,5 коэффициент запаса при применении тракторов Belarus 152 и Русич Т-244 соответственно.

Использование бетонного полотна должно сопровождаться тщательной оценкой грунтовой поверхности каналов и возможных подтоплений близлежащих территорий, так как при подвижности грунта или рыхлой поверхности применение бетонного полотна невозможно, тем более дальнейшее обслуживание путем использования тяжелой техники.

Нельзя не отметить тот факт, что подвесное оборудование в виде ковша должно иметь прорезиненный защитный слой, имеющий прямое взаимодействие с бетонным покрытием, так как в ином случае это приведет к повреждению бетонной облицовки.

Завершающий этап очистки оросительных каналов, а именно подъем и утилизация наносов из русла оросительного канала может осуществляться традиционным способом с помощью ручной загрузки и подъемом наносов с помощью мелиоративного экскаватора ЭМ-152Б как одним из многочисленных вариантов (рис. 4).

Каждый материал требует индивидуального анализа и проработанной технологии очистки. К вопросу очистки каналов, покрытых геомембраной, можно добавить, что его преимуществом является его шероховатость. Это позволит снизить залегаемые наносные отложения, а также ускорить поток воды в открытом трубопроводе, что увеличит транспортирующую способность канала.



Невозможно отрицать широкое применение геосинтетических материалов на территории РФ и странах ближнего зарубежья. Изучением и разработкой современных технологий укладки и обслуживания занимаются известные ученые из Новочеркасска РосНИИПМ О.А. Баев, Ю.М. Косиченко, В.И. Ольгаренко, Иг. В. Ольгаренко и др. При этом нельзя не отметить возрастающую востребованность современных и эффективных инновационных технологий при эксплуатации каналов.

Предложенные теоретические положения использования малой механизированной техники при дальнейшей апробации могут локально решить вопрос о проведении ежегодного текущего ремонта и обслуживания оросительных каналов, покрытых бетонным полотном.

Известно, что бетонное полотно применяется в регионах с различными погодными условиями (рис. 5). Соответственно выбор технических средств обслуживания является первостепенной задачей.

Нижеприведенные объекты включают в себя различные погодные условия от  $-60$  до  $40$  °С, то есть климатический диапазон для использования бетонного полотна готов к экстремальным погодным условиям.

Также следует отметить, что технологии обслуживания оросительных каналов без прямого воздействия на материал могут остаться неизменными, как например удаление древесно-кустарниковой растительности (рис. 6).

**Заключение.** Внедрение высокотехнологичных геосинтетических материалов, обладающих значительной прочностью и долговечностью, без сомнений, вызывает интерес у потенциальных потребителей. При этом экологичность, экономичность, универсальность и, что немаловажно, исключение потерь и фильтрации ороси-



Рис. 4. Мелиоративный каналочиститель ЭМ-152Б



Великобритания, Бедвас



Южная Африка, Муден



Россия, Самара



Якутия, Мирный



Чита-Забайкальск, граница с КНР

Рис. 5. Использование бетонного полотна в РФ и Зарубежных странах



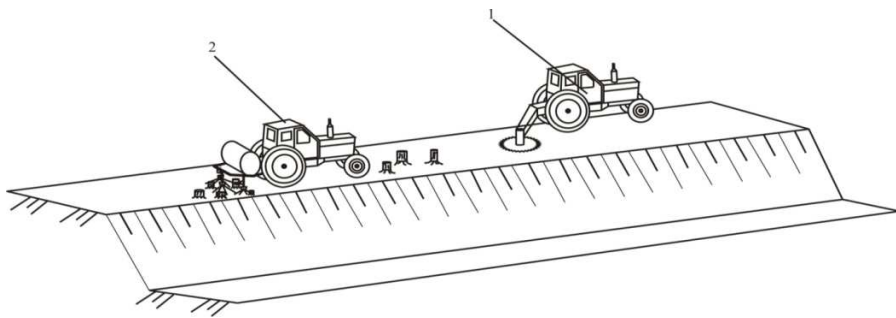


Рис. 6. Схема технологического процесса срезания кустарника и обработки пней с использованием навесного опрыскивателя: 1 – кусторез, 2 – навесной опрыскиватель

тельной воды позволяет повысить эффективность облицовочных работ и следствием этого, КПД оросительной сети в целом. В работе было отмечена возможность применения малой механизированной техники, а именно минитракторов для обслуживания каналов, покрытых бетонным полотном. Это позволит повысить эффективность функционирования каналов, а также обеспечить их бесперебойную и стабильную работу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве. Саратов, 2002. 352 с.
2. Абдразаков Ф.К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства. Саратов, 2019. 164 с.
3. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала оросительных каналов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4(60). С. 327–339.
4. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. № 10. С. 48–51.
5. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 91–94.
6. Абдулмажидов Х.А., Карапетян М.А. Очистка мелиоративных каналов от наносов, заилений и растительности // Агроинженерия. 2016. №5 (75). С. 13–17.
7. Баев О.А., Талалаева В. Ф. Конструктивно-технологические решения для создания и восстановления покрытий оросительных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 2. С. 177–191.
8. Баев О.А. Расчеты установившейся свободной фильтрации из необлицованных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 3. С. 227–243. DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-3-227-243.
9. Косиченко Ю.М., Баев О. А. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов. Новочеркасск, 2014. 239 с.
10. Косиченко Ю.М., Баев О. А. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов. Новочеркасск, 2014. 239 с.
11. Русинов, А.В. Методические указания для практических занятий по дисциплине «Теория автомобилей и тракторов» для специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства. Саратов, 2019. 50 с.

#### REFERENCES

1. Abdrazakov F.K. Intensification of technologies and improvement of technical means in land reclamation production. Saratov, 2002. 352 p. (In Russ.).
2. Abdrazakov F.K. Resource-saving technologies and machinery for the intensification of land reclamation production. Saratov, 2019. 164 p. (In Russ.).
3. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Assessment of the prospects for the use of concrete bed as a lining material of irrigation canals. *Proceedings of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2020; 4(60): 327–339. (In Russ.).
4. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Intensification of meliorative production by improving the technology of reconstruction and construction of irrigation canals of the Saratov region. *The agrarian scientific journal*. 2018; 10: 48–51. (In Russ.).
5. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Elimination of unproductive losses of water resources from the irrigation network through the use of innovative facing materials. *The agrarian scientific journal*. 2019; 10: 91–94. (In Russ.).
6. Abdulmashidov Kh.A., Karapetyan M.A. Cleaning meliorative channels from sediments, silt and vegetation. *Agroengineering*. 2016; 5 (75): 13–17. (In Russ.).
7. Bayev O.A., Talalaeva V.F. Structural and technological solutions for creating and restoring coatings of irrigation canals. *Melioration and Hydraulic Engineering*. 2022; 12; 2: 177–191. (In Russ.).
8. Bayev O.A. Calculations of steady-state free filtration from unlined channels. *Melioration and Hydraulic Engineering*. 2022; 12; 3: 227–243. DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-3-227-243. (In Russ.).
9. Kosichenko Yu.M., Bayev O.A. Antifiltration coverings from geosynthetic materials. Novocherkassk, 2014. 239 p. (In Russ.).
10. Kosichenko Yu.M., Bayev O.A. Antifiltration coverings from geosynthetic materials. Novocherkassk, 2014. 239 p. (In Russ.).
11. Rusinov A.V. Methodological instructions for practical exercises on the discipline “Theory of cars and tractors” for the specialty 23.05.01 Land transport and technological means. Saratov, 2019. 50 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 04.07.2022; одобрена после рецензирования 10.08.2022; принята к публикации 15.08.2022.  
The article was submitted 04.07.2022; approved after reviewing 10.08.2022; accepted for publication 15.08.2022.

