

УДК 626.823:626.814

МУСАЕВ З.С., ГАСАНОВ Э.Э., СУЛТАНОВ К.Р.

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет
sultanovf55@gmail.com

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕЛЕ И ОСНОВАНИИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Введение. Грунтовые плотины занимают важное место в гидротехнических сооружениях благодаря экономичности, универсальности и способности воспринимать значительные нагрузки. Однако их надежность и долговечность зависят от фильтрационных процессов в теле и основании [1], которые могут вызывать деформации, суффозию, размыв и снижение устойчивости.

При эксплуатации влияние фильтрации возрастает, так как движение воды через поры грунта изменяет напряженно-деформированное состояние и свойства грунтов. Эти процессы зависят от геологических условий, состава грунтов и конструкции плотины и должны учитываться на стадии проектирования, иначе возможно снижение надежности и аварии.

Фильтрационная безопасность обеспечивается противофильтрационными устройствами [2] – глинистыми ядрами, экранами, диафрагмами, завесами и дренажными системами, снижающими фильтрационный расход и предотвращающими опасные процессы.

Актуальность темы связана с ростом требований к надежности гидротехнических сооружений [3].

Цель статьи – анализ применения противофильтрационных устройств в грунтовых плотинах и их роли в обеспечении устойчивости и безопасности.

Материалы и методы. В статье использованы теоретические и аналитические подходы к изучению фильтрационных процессов в теле и основании грунтовых

плотин и принципов применения противофильтрационных устройств. Материальной основой исследования стали научные работы по механике грунтов, гидротехнике, инженерной геологии и фильтрационной безопасности [4].

В работе применялись методы системного анализа, сравнительного обобщения и инженерной интерпретации. Системный подход позволил рассматривать противофильтрационные устройства как часть конструкции плотины, взаимодействующей с основанием и дренажной системой. Сравнительный анализ использовался для оценки различных решений по их применению и влиянию на устойчивость. Метод обобщения позволил выделить основные факторы их эффективности [4].

Методологически исследование основано на рассмотрении фильтрационного режима как элемента надежности грунтовой плотины [6]. Учитывались свойства грунтов, особенности фильтрационного потока и принципы выбора инженерных решений для снижения фильтрационного расхода и предотвращения суффозии и потери устойчивости [5].

Результаты. Анализ показывает, что фильтрационные процессы существенно влияют на устойчивость и долговечность грунтовых плотин [7]. При недостаточной защите возможны рост порового давления, суффозия и ослабление конструкции, особенно при сложных условиях основания и высоком напоре.

Эффективность противофильтрационных устройств зависит от инженерно-гео-

логических условий и правильного выбора их размещения [8]. Они позволяют снижать фильтрационный расход и повышать устойчивость сооружений. В практике применяются глинистые ядра, экраны, диафрагмы, цементационные завесы и дренажные системы. Наиболее эффективны комплексные решения.

Важное значение имеет качество строительства [9], так как нарушения технологии и плохое уплотнение снижают эффективность защиты.

Обсуждение. Противофильтрационные устройства являются важной частью обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. Фильтрационные процессы могут вызывать перераспределение напряжений и снижение устойчивости [10]. Поэтому их необходимо рассматривать как элемент инженерной надежности.

Эффективность устройств зависит не только от конструкции, но и от свойств грунтов и условий основания. Поэтому требуется комплексный подход к их выбору.

Важную роль играют методы моделирования фильтрации для прогнозирования напоров и зон эрозии. Также существен-

ное значение имеет технология строительства: качество уплотнения и точность работ [11]. Нарушения могут привести к повышенной проницаемости грунтов.

Эксплуатационный аспект также важен [12], так как со временем эффективность систем изменяется под воздействием природных факторов. Поэтому необходим постоянный мониторинг и контроль состояния сооружений.

Основной причиной столь низкой скорости течения является значительное сопротивление движению воды из-за чрезмерного заиления грунтового русла канала. Для такого канала предлагается проектирование потока, проходящего через новое поперечное сечение железобетонной облицовки: ширина по дну после проектирования составляет $b=2,50$ м, коэффициент заложения откосов $m=1,50$, расход потока $Q=10,0$ м³/с, средняя скорость $v=0,92$ м/с. На этапе после проектирования КСМК (Кöhnə Сənubi Muğan kanalı - Старый Южный Муганский канал) при поэтапном строительстве бетонной облицовки временно может использоваться канал с грунтовым руслом на боковой стороне, как показано на рисунке 1 (в поперечном сечении).

Водохранилище земляной плотины который обслуживает в нижней биеффе ирригационном канале

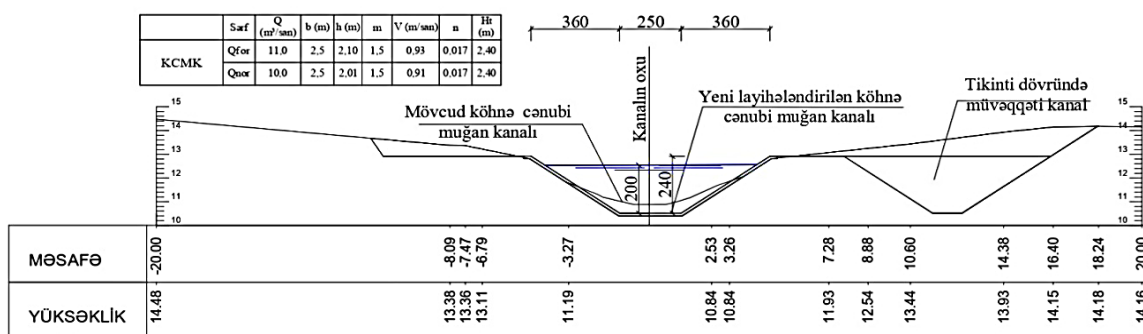


Рис. 1. Поперечный разрез по старому Южному Муганскому каналу.

Новый Южный Муганский канал (ТЦМК), до проектирования, как показано на рисунке 2, при пропуске расхода $Q=65,0$ м³/с имел скорость $v=0,88$ м/с. После проектирования ожидается пропуск расхода $Q=62,6$ м³/с со скоростью $v=1,0$ м/с.

В результате уменьшения расхода в канале ширина по дну сокращается с 20,0 м до 8,0 м, строительная высота несколько увеличивается, а глубина потока достигает $h=4,32$ м.

Как показано на рисунке 2, в процессе

реконструкции канала были выполнены выемки котлованов на левом берегу, и задача пропуска требуемого расхода воды $62,65 \text{ м}^3/\text{с}$ через временный канал с грунтовым руслом была решена.

Поскольку на орошаемых этим каналом землях присутствуют почвы, более склонные к засолению, можно предложить направлять на промывочные работы 12–18% от нормального расхода (то есть $6,5\text{--}9,8 \text{ м}^3/\text{с}$).

На территории каждая из насосных станций функционирует в рабочем режиме. Источником воды для Старого Южного Муганского канала с грунтовым руслом считается Новый Южный Муганский канал. Канал имеет протяжённость $L=91,5 \text{ км}$ и пропускную способность с расходом $Q=3,6\text{--}32 \text{ м}^3/\text{с}$. Он обеспечивает водой сельскохозяйственные угодья на определённых территориях Билясуварского, Имишлинского и Джагилабадского районов.

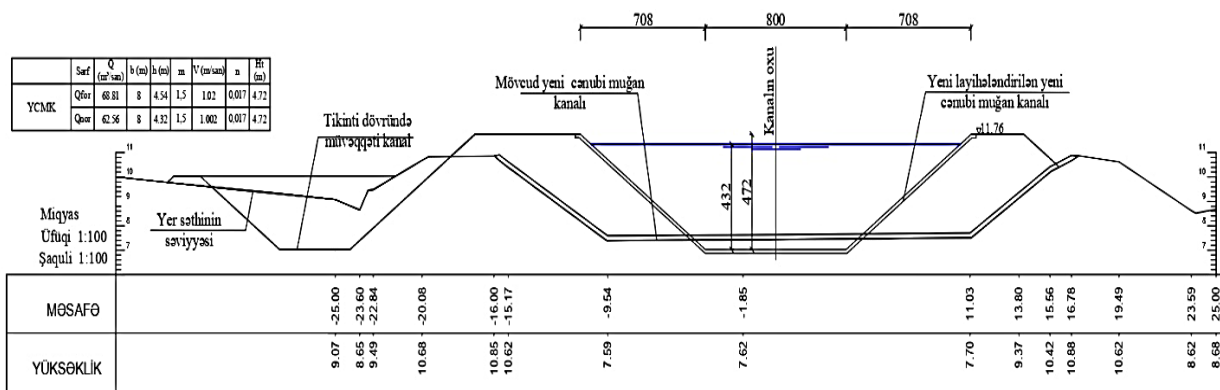


Рис. 2. Поперечный разрез по новому Южному Муганскому каналу

В Старом Южном Муганском канале земли на левом берегу орошаются самотёком, а на правом берегу – с помощью насосных станций. На распределительных каналах, отходящих от магистрального канала, имеются двухступенчатые насосные станции, и каждая из них находится в рабочем состоянии.

Такие каналы, как канал «Машинный рукав», получают воду в начальной части через насосные станции из Нового Южного Муганского канала. В канале «Машинный рукав» поперечное сечение имеет бетонное покрытие, его длина составляет $L=40,1 \text{ км}$, а пропускная способность – $Q=35 \text{ м}^3/\text{с}$. Из-за длительной эксплуатации бетонное покрытие канала изношено и находится в непригодном состоянии.

На «Машинном рукаве» Южного Муганского канала расположено значительное количество насосных станций, которые находятся в рабочем состоянии. Для насосной станции у входа «Машинного рукава» Нового Южного Муганского канала требуется проведение реконструкционных работ.

Второстепенные каналы с пропускной способностью более $Q=1,2 \text{ м}^3/\text{с}$ берут начало от магистрального канала и имеют грунтовое русло. В результате длительной эксплуатации в руслах таких каналов произошли расширения. На этих каналах общей протяжённостью $345,04 \text{ км}$ построены различные гидротехнические сооружения, включая двухступенчатые насосные станции, которые также находятся в рабочем состоянии.

С учётом параметров поперечных сечений и длины такие каналы имеют значительные размеры. В каналах общей протяжённостью $L=1492,5 \text{ км}$ создаются условия для значительных потерь воды.

На данной территории также существуют разрушенные лотковые каналы, выведенные из эксплуатации. Занимающиеся сельским хозяйством жители привели русла этих каналов в состояние грунтовых каналов.

Из общей обслуживаемой площади 32850 га в системе орошения Нового Южного Муганского канала 3100 га приходится на Имишлинский район, 20710 га – на

Билясуварский район и 9060 га – на Джалилабадский район, которые пользуются услугами коллекторно-дренажной сети.

Согласно данным Управления эксплуатации Центральных Муганских коллекторов Открытого акционерного общества «Азербайджанское мелиорационное и водное хозяйство» по Билясуварскому району,

обслуживаемые площади коллекторно-дренажной сети, находящейся на их балансе, приведены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы, почвы орошаемых сельскохозяйственных угодий обеспечены коллекторно-дренажной системой: по Билясуварскому району – 42%, по Джалилабадскому району – 80%, по Имишлинскому району – 50%.

Таблица 1.

№	По районам	Орошаемая Площадь в га	Из них Площадь, оснащенная КДС в га	Протяженность коллекторно-дренажной системы, км		
				Всего	Относящиеся к ней	
		Открытого типа	Закрытого типа			
1	Билесувар	48774	20710	1730,7	896.05	834.668
2	Джалилаба	11310	9060	323,44	150.62	172.81
3	Имишли	6200	3100	134,24	95.85	38.38
	Всего	66284	32870	2188,3	1142.44	1045.85

Собранные на этих территориях дренажные воды отводятся с помощью трёх коллекторов:

1. Через коллектор имени Азизбекова с передачей стока в головное сооружение Главного Миль-Муганского коллектора;
2. Через Южно-Муганский коллектор Билясуварского района с отводом в Мугано-Сальянский водосброс;
3. Через коллектор К-2 со сбросом в Махмудчала.

После проведения земельных реформ во многих закрытых дренажных системах смотровые колодцы вышли из строя. В связи с этим отсутствуют точные данные о текущем состоянии и работоспособности этих дренажей.

Вместе с тем ожидается восстановление функционирования закрытых дренажных сетей при проведении работ по очистке русел открытой водосборной сети.

Ниже приведён расчёт средних потерь воды на фильтрацию по длине каналов Тезе Южного Муганского канала, Старого Южного Муганского канала и Нового Южного Муганского канала, а также по линии

«Машинного рукава» и каналов I, II и III порядков. Расчёт предлагается выполнять в следующей последовательности:

Согласно данным проектного сектора магистральных и межхозяйственных каналов оросительной системы, расход фильтрационных потерь определяется по следующей формуле:

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot K_{\phi} \cdot (B + 2h_0)$$

где:

- Q_{ϕ} – потери воды на фильтрацию на 1 км длины канала, м³/с;
- K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта основания канала, м/сут;
- B – ширина водной поверхности в канале, м;
- h_0 – глубина воды в канале, м.

Значение коэффициента фильтрации грунта основания принимается по техническим указаниям по проектированию каналов.

Новый Южный Муганский канал:

длина $L = 39,98$ км

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot 0,3 \cdot (17,7 + 2 \cdot 3,9) \cdot 39,98 = 3,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Старый Южный Муганский канал:
длина $L = 91,5$ км

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot 0,3 \cdot (12,7 + 2 \cdot 2,9) \cdot 91,5 = 5,89 \text{ м}^3/\text{с}$$

Машинный рукав Новый Южного
Муганского канала: длина $L = 40,06$ км

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot 0,2 \cdot (13,3 + 2 \cdot 3,1) \cdot 40,06 = 1,81 \text{ м}^3/\text{с}$$

Каналы I порядка:

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot 0,2 \cdot (8 + 2 \cdot 1,5) \cdot 12 = 0,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

Каналы II и III порядков:

$$Q_{\phi} = 0,0116 \cdot 0,2 \cdot (3 + 2 \cdot 0,8) \cdot 3 = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$$

Общий коэффициент полезного действия системы составляет:

$$0,94 \cdot 0,80 \cdot 0,95 \cdot 0,91 \cdot 0,92 = 0,60.$$

Таким образом, потери воды в оросительной сети достигают 40%.

В результате подобных исследований и гидравлических расчётов можно определить потери воды на фильтрацию в оросительных каналах. Для уменьшения фильтрационных потерь предлагается очищать каналы от ила и посторонних включений, облицовывать грунтовые участки железобетоном, а также использовать отводящие коллекторно-дренажные сооружения вдоль дамб для предотвращения образования застойных вод (луж) из фильтрационного потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что противофильтрационные устройства в теле и основании грунтовых плотин являются одним из ключевых факторов обеспечения их устойчивости, надежности и безопасной эксплуатации [12]. Развитие фильтрационных процессов представляет серьезную угрозу для гидротехнических сооружений, пос-

кольку может вызывать суффозию, размыв, деформации грунтового массива, рост порового давления и снижение устойчивости откосов. В таких условиях применение инженерно обоснованных противофильтрационных мероприятий выступает необходимым условием сохранения эксплуатационной пригодности сооружения на протяжении длительного времени.

Содержание исследования показывает, что эффективность противофильтрационных устройств определяется совокупностью нескольких факторов: правильным выбором конструктивного решения, учетом физических и механических свойств грунтов, соответствием гидрогеологическим условиям строительной площадки, качеством проектирования и соблюдением технологических требований при строительстве. Существенное значение имеет и тот факт, что противофильтрационные элементы должны рассматриваться как составная часть единой системы инженерной защиты, а не как отдельная локальная мера [13]. Только при таком подходе возможно достижение устойчивого фильтрационного режима и снижение риска аварийных проявлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анискин Н.А., & Ступивцев А.В. (2023). Влияние факторов на фильтрационный режим земляной плотины при сработке верхнего бьефа. Вестник МГСУ, (6), 917–926.
2. Беспалов А.Г., Сальников А.Л., Беспалова, О.Н., & Давыдова С.А. (2016). Гидротехнические сооружения. Москва: КноРус; Астрахань: АГУ.
3. Жарницкая Н.А. (n.d.). Обеспечение качества и надежности при устройстве противофильтрационных элементов плотин из грунтовых материалов.
4. Зверев, А.О. (2022). Работоспособность полимерных геомембран как противофильтрационных элементов грунтовых

- плотин (Автореферат диссертации кандидата технических наук). Москва.
5. Иванов П.Л. (1985). Грунты и основания гидротехнических сооружений. Москва: Высшая школа.
 6. Косиченко Ю.М. (n.d.). Исследования в области борьбы с фильтрацией и эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений.
 7. Кутлияров Д.Н., & Кутлияров А.Н. (n.d.). Анализ натуральных фильтрационных исследований на грунтовых плотинах водохранилищ.
 8. Кутлияров Д.Н., & Кутлияров, А.Н. (n.d.). Фильтрация воды на грунтовых плотинах.
 9. Орлов В.Т. Фильтрация воды в гидротехнических сооружениях: Учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГТУ. 1994
 10. Просвиряков А.С., Саинов М.П., Зверев А.О., & Лукичев Р.В. (2020). Прочность и деформируемость геомембран разных видов. *Строительство: наука и образование*, 10(2), 4.
 11. Саинов М.П., & Зверев А.О. (n.d.). Противофильтрационные элементы грунтовых плотин из геосинтетических материалов.
 12. Саинов М.П., & Сорока В.Б. (2022). Совершенствование противофильтрационного устройства грунтовой плотины в составе бетонного экрана и «стены в грунте». *Строительство: наука и образование*, 12(1), 2.
 13. СП 39.13330.2012. (2012). Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84*. Москва: Минрегион России.

**Мусаев З.С., Гасанов Э.Э.,
Султанов К.Р.**

*Азербайджанский Архитектурно-
Строительный Университет*
sultanovvf55@gmail.com

**Инженерно-технологические основы
применения противофильтрационных**

**устройств в теле и основании
грунтовых плотин**

Аннотация

В статье рассматриваются инженерно-технологические основы применения противофильтрационных устройств в грунтовых плотинах и влияние фильтрационных процессов на прочность, устойчивость и надежность сооружений, а также их роль в обеспечении безопасности.

Фильтрация в теле и основании плотин может вызывать рост порового давления, размыв, суффозию, деформации и снижение устойчивости откосов, поэтому противофильтрационные устройства важны на всех этапах строительства и эксплуатации. Рассматриваются экраны, ядра, диафрагмы, дренажные и инъекционные системы.

Их эффективность зависит от конструкции, условий площадки, свойств грунтов, гидравлического режима и требований надежности.

Ключевые слова. *грунтовая плотина, фильтрация, противофильтрационные устройства, основание плотины, тело плотины, устойчивость сооружения*

**Musaev Z.S., Hasanov E.E.,
Sultanov K.R.**

*Azerbaijan University of Architecture and
Construction*
sultanovvf55@gmail.com

**Engineering and technological
foundations of using anti-seepage devices
in the body and foundation of earth dams**

ABSTRACT

The article examines the engineering and technological principles of using anti-filtration devices in earth-fill dams and the influen-

ce of filtration processes on the strength, stability, and reliability of structures, as well as their role in ensuring safety.

Filtration in the body and foundation of dams may lead to increased pore pressure, erosion, suffusion, deformations, and reduced slope stability; therefore, anti-filtration devices are important at all stages of construction and operation. Cores, screens, diaphragms, drainage, and injection systems are considered.

Their effectiveness depends on the design, site conditions, soil properties, hydraulic regime, and reliability requirements.

Keywords: *earth dam, seepage, anti-seepage devices, dam foundation, dam body, structural stability.*

УДК 626.823:626.814

**Musayev Z.S., Həsənov E.E.,
Sultanov K.R.**

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
sultanovvf55@gmail.com

**Torpaq bəndlərin gövdəsində və
bünövrəsində süzülməyə qarşı qurğuların
tətbiqinin mühəndis-texnoloji əsasları**

Redaksiyaya daxil olma/Received 09.04.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.05.2026

XÜLASƏ

Məqalədə torpaq bəndlərində istifadə olunan süzülməyə qarşı qurğuların mühəndis-texnoloji əsasları, həmçinin süzülmə proseslərinin qurğuların möhkəmliyinə, dayanıqlığına və etibarlılığına təsiri və təhlükəsizliyin təmin edilməsində rolu araşdırılır.

Bəndin gövdəsində və əsasda süzülmə suyun məsamə təzyiqinin artmasına, torpağın yuyulmasına, suffoziyaya, deformasiyalara və yamacların dayanıqlığının azalmasına səbəb ola bilər. Buna görə süzülməyə qarşı qurğular tikinti və istismar mərhələlərinin bütün dövrlərində mühüm əhəmiyyət daşıyır. Ekranlar, nüvələr, diafraqmalar, drenaj və inyeksiya sistemləri nəzərdən keçirilir.

Onların effektivliyi yalnız konstruksiyadan deyil, həm də sahə şəraitindən, torpaq xüsusiyyətlərindən, hidroloji rejimdən və etibarlılıq tələblərindən asılıdır.

Açar sözlər: *torpaq bənd, süzülmə (filtrasiya), süzülməyə qarşı qurğular, bəndin bünövrəsi, bəndin gövdəsi, qurğunun dayanıqlığı.*

Məqaləyə AzMIU-nun "Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi" kafedrasının dosenti
A.Ə. Mürsəlov rəy vermişdir.