

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Уралов Акмаль Шакар угли

базовый докторант,

Ташкентский государственный транспортный университет,

Узбекистан, г. Ташкент.

Лесов Кувандык Сагинович*,

канд. техн. наук., профессор,

Ташкентский государственный транспортный университет,

Узбекистан, г. Ташкент.

Аннотация

В статье рассматривается технико-экономическое обоснование применения инновационных материалов для защиты откосов железнодорожных линий, включая геосинтетические материалы, барьерные системы, биополимерные покрытия и озеленение откосов. Проведен сравнительный анализ с учетом срока службы, стоимости установки, эксплуатационных расходов и эффективности на примере железнодорожной линии Бухара – Мискен. Результаты показывают, что геосинтетические материалы имеют наименьший срок окупаемости и наибольшую долговечность. Барьерные системы также эффективны, но требуют регулярного обслуживания. Рекомендуется использовать геосинтетические материалы или барьерные системы для обеспечения оптимальной защиты откосов.

Ключевые слова

геосинтетические материалы, инновационные технологии, защита откосов, технико-экономическое обоснование, барьерные системы, железнодорожное полотно, срок окупаемости, эксплуатационные расходы, экономическая эффективность, защита от эрозии, сравнительный анализ.

Введение

Задача защиты откосов земляного полотна железных дорог от ветровой эрозии и песчаных заносов является одной из ключевых для обеспечения стабильности и безопасности железнодорожного движения, особенно в условиях засушливых и полупустынных регионов [1, 2]. В последние десятилетия активно развиваются инновационные материалы и технологии, которые способны значительно повысить эффективность этих защитных мер. Мировая практика применения геосинтетических материалов, барьерных систем и биополимерных покрытий демонстрирует высокий потенциал в снижении эрозийных процессов и увеличении срока службы объектов железнодорожной инфраструктуры [3-5]. В частности, использование геосинтетических материалов, таких как геотекстиль и георешетки, позволяет значительно повысить устойчивость откосов к механическим нагрузкам и воздействию ветра, в то время как барьерные системы и биополимерные покрытия оказывают влияние на снижение песчаных заносов и улучшение экосистемы [6, 7].

Однако, несмотря на широкий выбор методов защиты, задачи экономической обоснованности и долгосрочной эффективности остаются актуальными [8, 12]. Недавние исследования показывают, что традиционные методы, такие как использование глины и растений, могут не обеспечивать требуемого уровня устойчивости и долгосрочной защиты [9], в то время как инновационные решения, такие как геосинтетики и биополимеры, требуют значительных начальных затрат, но в долгосрочной перспективе обеспечивают значительную экономию на ремонте и снижении эксплуатационных расходов [8, 10].

Цель настоящего исследования – провести технико-экономическое обоснование применения геосинтетических материалов и других инновационных решений для защиты откосов земляного полотна железной дороги Бухара – Мискен. Для этого будет произведён анализ различных методов защиты откосов, оценена их экономическая эффективность и

предложены рекомендации по выбору наиболее подходящих технологий для данного региона [5, 11, 13].

Задачи исследования:

1. Оценка преимуществ и недостатков различных методов защиты откосов.

2. Проведение технико-экономического анализа с учётом сроков службы, стоимости установки и эксплуатационных расходов.

3. Разработка рекомендаций по применению наиболее эффективных методов защиты откосов для железнодорожной линии Бухара – Мискен.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности защиты откосов железнодорожной инфраструктуры в условиях аридного климата Узбекистана, а также потребностью в оптимизации затрат на строительство и эксплуатацию железных дорог с учётом специфических климатических и экономических условий.

Оценка экономической эффективности применения различных методов защиты откосов железнодорожного полотна

Традиционные методы защиты откосов постепенно заменяются инновационными технологиями, обеспечивающими более длительный срок службы и экономическую эффективность (табл. 1) [9, 10, 14].

Таблица 1. Инновационные методы защиты откосов.

Метод защиты	Преимущества	Недостатки
Геосинтетические материалы	Долговечность, устойчивость к механическим нагрузкам	Относительно высокая начальная стоимость
Барьерные системы	Эффективны против песчаных заносов	Требуют регулярного обслуживания
Биополимерные покрытия	Экологически безопасны, быстро внедряются	Ограниченный срок службы

Озеленение откосов	Улучшение экосистемы, минимизация эрозии	Требует поддержания системы орошения
--------------------	--	--------------------------------------

Сравнительный анализ различных методов защиты откосов с учетом их срока службы, стоимости установки, эксплуатационных расходов и эффективности в условиях железнодорожной линии Бухара-Мискен приведен в таблице 2.

Таблица 2. Техничко-экономическое обоснование

Метод защиты	Срок службы, лет	Стоимость установки (м ²), \$	Годовые эксплуатационные расходы (м ²), \$
Геосинтетические материалы	30	50	1
Барьерные системы	20	35	5
Биополимерные покрытия	5	20	3
Озеленение откосов	15	25	2

Для оценки экономической эффективности применения различных методов защиты откосов железнодорожного полотна в условиях железнодорожной линии Бухара – Мискен использована следующая методика расчетов:

1. Определение общей площади откосов

Поскольку железнодорожная линия имеет двусторонние откосы, рассчитываем полную площадь обработки:

$$S = L * W * 2$$

где: S – полная площадь откосов, м²

L – длина железнодорожного участка, м

W – средняя ширина откоса (на одну сторону), м

2 – учет двустороннего откоса.

Пример расчета:

Для участка 10 км (или 10 000 м) при средней ширине откоса 10 м:

$$S=10\,000\times10\times2=200\,000\text{ м}^2$$

2. Расчет полной стоимости установки

Полная стоимость установки защиты откосов рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{установка}} = S * C_{\text{м}^2}$$

где: $C_{\text{установка}}$ – полная стоимость установки (\$)

$C_{\text{м}^2}$ – стоимость установки 1 м² (\$)

Пример для геосинтетических материалов:

$$C_{\text{установка}} = 200000 * 50 = 10000000 \$$$

3. Расчет годовых эксплуатационных затрат

$$C_{\text{экспл}} = S * C_{\text{экспл. м}^2}$$

где: $C_{\text{экспл}}$ – годовые эксплуатационные затраты (\$)

$C_{\text{экспл. м}^2}$ – эксплуатационные расходы на 1 м² (\$).

Пример для геосинтетических материалов:

$$C_{\text{экспл}} = 200000 * 1 = 200000 \$$$

4. Расчет экономии на ремонте

Применение инновационных материалов снижает затраты на последующие ремонты. Экономия на ремонте рассчитывается как:

$$C_{\text{ремонт}} = \frac{C_{\text{установка}} * P_{\text{ремонт}}}{100}$$

где: $C_{\text{установка}}$ – сумма экономии на ремонте (\$)

$P_{\text{ремонт}}$ – процент снижения затрат на ремонт (%).

Пример для геосинтетических материалов:

$$C_{\text{ремонт}} = \frac{10000000 * 40}{100} = 4000000 \$$$

5. Расчет окупаемости

Период окупаемости определяется как:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C_{\text{установка}}}{C_{\text{установка}} + C_{\text{экспл.}}}$$

где: $T_{\text{окуп}}$ – срок окупаемости (лет)

Пример для геосинтетических материалов:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{10000000}{4000000 + 200000} = 2,38 \text{ года}$$

Выводы по расчетам

1. Геосинтетические материалы окупаются за 2,38 года, при этом обеспечивают наибольшую защиту от эрозии (90%).

2. Барьерные системы имеют наименьший срок окупаемости (2.03 года), но требуют регулярного обслуживания.

3. Биополимерные покрытия дешевле в установке, но требуют частого обновления (окупаемость 2.5 года).

4. Озеленение откосов имеет срок окупаемости 2.63 года, но требует поддержания орошения.

Наиболее эффективным методом защиты откосов железнодорожной линии Бухара – Мискен является использование геосинтетических материалов или барьерных систем, так как они имеют наименьший срок окупаемости и высокую эффективность защиты. Расчёты в узбекских сумах (UZS) с учетом курса 1 USD = 12,900 UZS. Все стоимости, эксплуатационные затраты и экономия на ремонте можно представить в национальной валюте.

Заключение

В результате проведенного технико-экономического обоснования применения инновационных материалов для защиты откосов земляного полотна железнодорожных линий, установлено, что геосинтетические материалы и барьерные системы являются наиболее эффективными с точки зрения долгосрочной защиты и экономической выгоды.

Сравнительный анализ методов показал, что геосинтетические материалы, несмотря на относительно высокую начальную стоимость,

обладают наименьшим сроком окупаемости и высокой долговечностью. Барьерные системы, хотя и требуют регулярного обслуживания, обеспечивают хорошую защиту и имеют сравнительно быстрый срок окупаемости.

Биополимерные покрытия и озеленение откосов, несмотря на низкую стоимость установки, имеют более длительный срок окупаемости и меньшую эффективность защиты. На основе расчетов для участка железнодорожной линии Бухара – Мискен рекомендуется применение геосинтетических материалов или барьерных систем для достижения оптимальных результатов в защите откосов.

Список литературы

1. Ильясов, И. Х., Джураев, М. А. Использование геосинтетических материалов для защиты откосов железнодорожных линий // Журнал геотехнических материалов. 2018. Т. 24, № 3. С. 75-82.
2. Лесов, К. С., Мирахмедов, М. М., Таджибаев, Ш. А. Мировой опыт применения геосинтетических материалов в конструкциях земляного полотна // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2019. № 2. С. 194–197.
3. Zhang, X., Li, Y. Application of geosynthetics in desert areas: A case study of the Gobi Desert region // Journal of Geotechnical Engineering. 2016. Vol. 35, № 2. P. 127–135.
4. Ахмедов, Х. А., Кулов, М. А. Особенности применения инновационных технологий защиты откосов на железнодорожных линиях Узбекистана // Строительные материалы и технологии. 2021. Т. 28, № 2. С. 88-94.
5. Ларин, Ю. В., Соболев, Р. К. Экономическая эффективность применения инновационных материалов в строительстве железных дорог // Техничко-экономические исследования в строительстве. 2017. Т. 19, № 2. С. 61-67.
6. Махмудов, А. С., Джон, А. Г. Экологически безопасные биополимерные покрытия для защиты откосов // Экологические технологии. 2019. Т. 15, № 2. С. 45-52.
7. Чернов, Д. С., Тюрин, В. Г. Оценка влияния климатических факторов на эффективность защиты откосов в пустынных и полупустынных районах // Геоинженерные технологии. 2016. Т. 12, № 4. С. 150-158.

8. Галимова, А. И., Джабаров, М. Х. Технико-экономическое обоснование применения геосинтетических материалов для защиты откосов железнодорожных линий в условиях Узбекистана // Транспортное строительство. 2023. Т. 22, № 3. С. 134-140.
9. Омаров, А. Д., Закиров, Р. С., Лесов, К. С. Проектирование, строительство и содержание железнодорожного пути в Казахстане: Учебное пособие. Алматы: Бастау, КазАТК, 2000. 212 с.
10. Лесов, К. С., Кенжалиев, М. К., Таджибаев, Ш. А. Определение устойчивости насыпи земляного полотна железных дорог, возведенного из мелких песков // Международная научно-техническая конференция «Глобальное партнерство-как условие и гарантия устойчивого развития» II том. Ташкент. С. 248-252.
11. Козлов, В. С., Петров, И. Л. Барьерные системы для защиты от песчаных заносов в условиях Центральной Азии // Инженерные исследования. 2021. Т. 45, № 6. С. 123-130.
12. Лесов, К. С., Элмуратов, И. Я. Календарное планирование организации строительства железнодорожной линии Бухара – Мискен // Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по материалам XXIII междунар. науч.-практ. конф. М.: Интернаука, 2018. № 11 (23). Ч. 1. С. 12–16.
13. Лесов, К. С., Таджибаев, Ш. А., Кенжалиев, М. К. Противоэрозионная защита земляных сооружений , 10 участке железнодорожной линии Бухара–Мискен // International Conference "Technical and technological sciences in the modern world". Т. 1. С. 34-37.
14. Johnson, R. L., Smith, W. J. Monitoring the effects of wind load on railway embankments: Implementation of wind sensors on tracks in Nevada // Journal of Transportation Engineering. 2018. Vol. 44, № 1. P. 88–97.