

## Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-02>

УДК: 624.132.345

МРНТИ: 65.23.35

**Проектирование намывных железнодорожных насыпей с пляжными откосами****\*<sup>1</sup>Бондарь И.С., <sup>2</sup>Оспанова З.К., <sup>1</sup>Сисембай А.Р.**<sup>1</sup>ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан<sup>2</sup>Международная Образовательная Корпорация (МОК), г. Алматы, Казахстан\*Автор-корреспондент email: [ivan\\_sergeevich\\_08@mail.ru](mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru).**Аннотация**

В статье рассматривается проектирование берегов с пляжными склонами, которые сводятся в основном от несвязанных почв и устойчивости к волнам до определения местоположения склонов для общей устойчивости склонов. Экспериментальные исследования устойчивости волноводных эскизов, их ширины и влияния отдельных элементов на общее волноводное затухание, а также исследования устойчивости элементов крепления наклонных волноводных конструкций фронтальным способом волн проводились на волновом желобе. Экспериментально установлено, что максимальное смещение волнового эффекта происходит не фронтально, а под углом приближения волн к структуре (около 30-70°С). При наклонном приближении волн к сооружению элементы фиксации наклон на расчетной массы становятся неустойчивыми. Для обеспечения устойчивости необходимо увеличить массу наклонных крепежных элементов. Вопрос исследования и мониторинга технического состояния сооружений инженерной защиты земляного полотна от волновых воздействий является важным и неоспоримым, требующим разработки методики оценки технического состояния волноводных сооружений инженерной защиты земляного полотна в условиях волновых воздействий.

**Ключевые слова:** железнодорожная набережная, устойчивость склонов, эскиз, уменьшающий приливы.

Поступила:  
21 декабря 2023  
Рецензирование:  
14 февраля 2024  
Принята в печать:  
03 марта 2024

**Бондарь И.С.****Информация об авторах:**

Кандидат технических наук ВАК РФ, Ph. D МОН РК, ассоциированный профессор (доцент) МНиВО РК, ассоциированный профессор, кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>. E-mail: [ivan\\_sergeevich\\_08@mail.ru](mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru).

**Оспанова З.К.**

Кандидат технических наук, ассоциированный профессор Международной образовательной корпорации (МОК), г. Алматы, Республика Казахстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-7443-6761>. E-mail: [zere\\_kanatovna@mail.ru](mailto:zere_kanatovna@mail.ru)

**Сисембай А.Р.**

магистрант образовательной программы 7М07159 – «Транспортные сооружения», кафедра «Архитектурно-строительная инженерия», ALT Университет имени Мухамеджана Тынышпаева, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-4651-9640>. E-mail: [sisembay\\_48@mail.ru](mailto:sisembay_48@mail.ru)

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыш

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-02>

ӘОЖ: 624.132.345

FTAMP: 65.23.35

## Жағажай беткейлері бар теміржол жағалауларын жобалау

\*<sup>1</sup>Бондарь И.С., <sup>2</sup>Оспанова З.К., <sup>1</sup>Сисембай А.Р.

<sup>1</sup>Мұхаметжан Тынышбаев атындағы АЛТ университеті, Алматы қ, Қазақстан

<sup>2</sup>Халықаралық білім беру корпорациясы (ХБК), Алматы қ, Қазақстан

\*Автор-корреспондент email: [ivan\\_sergeevich\\_08@mail.ru](mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru)

### Түйіндеме

Мақалада негізінен байланысты емес топырақтар мен толқындарға төзімділіктен бастап, беткейлердің жалпы тұрақтылығы үшін беткейлердің орналасуына дейін азайтылатын жағажай беткейлері бар жағалауларды жобалау қарастырылады. Толқындық Эсқиздердің тұрақтылығын, олардың және жеке элементтердің жалпы толқындық ыдырауға әсерін эксперименттік зерттеу, сондай-ақ көлбеу толқындық құрылымдарды толқындардың фронтальды әдісімен бекіту элементтерінің тұрақтылығын зерттеу толқындық науада жүргізілді. Толқындық әсердің максималдымешцысуы фронтальды емес, толқындардың құрылымға жақындау бұрышында (шамамен 30-70°C) болатындығы эксперименталды түрде анықталды. Толқындардың құрылымға көлбеу жақындауымен есептік массаның көлбеуін бекіту элементтері тұрақсыз болады. Тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін көлбеу бекіткіштердің массасын арттыру қажет. Жер төсемін толқындық әсерлерден инженерлік қорғау құрылыштарының техникалық жай-күйін зерттеу және мониторингілеу мәселесі толқындық әсерлер жағдайында жер төсемін инженерлік қорғаудың толқындық су құрылыштарының техникалық жай-күйін бағалау әдістемесін әзірлеуді талап ететін маңызды және даусыз болып табылады.

**Түйін сөздер:** теміржол жағалауы, беткейлердің тұрақтылығы, толқындарды азайтатын эскиз.

Макала келді:  
21 желтоқсан 2023  
Саралтамадан өтті:  
14 ақпан 2024  
Қабылданды:  
03 наурыз 2024

**Бондарь И.С.**

#### Авторлар туралы ақпарат:

Техника ғылымдарының кандидаты, Ресей Федерациясының Жогары атtestattau комиссиясы, ф.е.к. Д Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, доцент (доцент) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі, Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ университетінің «Сәулет-құрылым инженериясы» кафедрасының доценті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>. E-mail: [ivan\\_sergeevich\\_08@mail.ru](mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru).

**Оспанова З.К.**

Техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық білім беру корпорациясының (ХБК) қауымдастырылған профессоры, Алматы қ., Қазақстан Республикасы, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-7443-6761>. E-mail: [zere\\_kanatoupa@mail.ru](mailto:zere_kanatoupa@mail.ru)

**Сисембай А.Р.**

Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ университеті «Сәулет-құрылым инженериясы» кафедрасы 7M07159 – «Көлік құрылымдары» білім беру бағдарламасының магистранты, Алматы қ., Қазақстан Республикасы. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-4651-9640>. E-mail: [sisembay\\_48@mail.ru](mailto:sisembay_48@mail.ru)

## Design of alluvial railway embankments with beach slopes

**\*<sup>1</sup>Bondar I.S., <sup>2</sup>Ospanova Z.K., <sup>1</sup>Sisembai A.R.**

<sup>1</sup>ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>International Educational Corporation (IEC), Almaty, Republic of Kazakhstan

\*Corresponding author email: [ivan\\_sergeevich\\_08@mail.ru](mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru)

### Abstract

Received:  
21 December 2023  
Peer-reviewed:  
14 February 2024  
Accepted:  
03 March 2024

The article discusses the design of shores with beach slopes, which range mainly from unrelated soils and wave resistance to slope positioning for overall slope stability. Experimental studies of the stability of waveguide sketches, their width and the effect of individual elements on the overall waveguide attenuation, as well as studies of the stability of the fastening elements of inclined waveguide structures using the frontal wave method were carried out on a wave trough. It has been experimentally established that the maximum displacement of the wave effect occurs not frontally, but at an angle of approach of the waves to the structure (about 30-70 ° C). When the waves approach the structure obliquely, the elements of fixing the slope of the calculated mass become unstable. To ensure stability, it is necessary to increase the mass of the inclined fasteners. The issue of research and monitoring of the technical condition of engineering structures for the protection of the earthbed from wave impacts is important and indisputable, requiring the development of a methodology for assessing the technical condition of waveguide structures for engineering protection of the earthbed in conditions of wave impacts.

**Keywords:** railway embankment, slope stability, sketch reducing tides.

<b>Bondar I.S.</b>	<p><b>Information about authors:</b>  <i>Candidate of Technical Sciences, Higher Attestation Commission of the Russian Federation, Ph. D Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor (Associate Professor) of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor, Department of Architectural and structural engineering, ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7376-5643">https://orcid.org/0000-0001-7376-5643</a>. E-mail: <a href="mailto:ivan_sergeevich_08@mail.ru">ivan_sergeevich_08@mail.ru</a></i></p>
<b>Ospanova Z.K.</b>	<p><i>Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the International Educational Corporation (IEC), Almaty, Republic of Kazakhstan, ORCID ID: <a href="https://orcid.org/0009-0000-7443-6761">https://orcid.org/0009-0000-7443-6761</a>. E-mail: <a href="mailto:zere_kanatovna@mail.ru">zere_kanatovna@mail.ru</a></i></p>
<b>Sisembai A.R.</b>	<p><i>Master's student of the educational program 7M07159 – "Transport Structures", Department of "Architectural and structural engineering", ALT Mukhamedzhan Tynyshpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: <a href="https://orcid.org/0009-0007-4651-9640">https://orcid.org/0009-0007-4651-9640</a>. E-mail: <a href="mailto:sisembay_48@mail.ru">sisembay_48@mail.ru</a></i></p>

## Введение

Обеспечение безопасной эксплуатации железнодорожного пути- очень важная задача. Железнодорожный путь воспринимает большие нагрузки от проходящих поездов, и его работа происходит в условиях агрессивного воздействия природной среды. При этом техническое состояние всех элементов верхнего и нижнего строений пути должно обеспечивать безопасное движение поездов. На участках, где железнодорожный путь проходит вдоль морских побережий, как правило, по полке, выработанной в нагорном откосе, вследствие протекающих неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений, обеспечение безопасности движения поездов имеет большое значение. Воздействие неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений здесь наблюдается как с нагорной, так и с морской стороны. Для обеспечения безопасной эксплуатации железнодорожного пути необходим комплексный подход, включающий: инженерные изыскания, обследование, проектирование, разработку деклараций безопасности гидротехнических сооружений, мониторинг. Однако в настоящее время так и не разработан комплексный подход и не выработаны комплексные решения для обеспечения безопасной эксплуатации приморских участков железных дорог и снижения риска аварий вследствие размыва волнами земляного полотна железной дороги [1].

При эксплуатации сооружений, предназначенных для защиты железных дорог от волнового воздействия, контролю их состояния должно уделяться особое внимание. Насыпи с пляжными откосами получают благодаря свободному растеканию гидросмеси при намыве, но технологическими требованиями в этом случае весьма строго оговорено точное соблюдение заданной крутизны откоса. Намыв откоса крутизной, превышающей проектную, недопустим, так как он не будет устойчив к размывающему действию покрывающей воды; намыв с крутизной меньше проектной невыгоден, потому что при большой длине откоса возникает значительное увеличение объема работ [2].

## Методы

Проектную крутизну откоса рассчитывают по специальной методике. Проектирование насыпей с пляжными откосами сводится в основном к определению заложения откосов. При этом исходят из расчета общей устойчивости откосов и волноустойчивости.

Для несвязных грунтов общая устойчивость откосов насыпей достигается при заложениях откосов, приведенных в таблице [2].

**Таблица 1.** Заложение откосов насыпи для несвязных грунтов

Грунт	Заложение до 6	Откосы при 6-12	Высота насыпи, м 12-25
Песчаный	3,5	5	7
Гравийный	1,5	2	3
Песчано-гравийный	2,5	3,5	5

Для обеспечения устойчивости откосов грунтовых сооружений без специального крепления против воды необходимо придавать им уклоны воздействия из условия волноустойчивости.

Под воздействием волн поверхность откосов принимает уклон, соответствующий динамическому равновесию. При этом в определенной по высоте зоне поверхность откоса подвергается постоянным не приводящим, однако, к изменениям, нарушению равновесия частей откосов, расположенных ниже и выше зоны волнового воздействия.

Заложение откоса в зоне волнового воздействия (рис. 1) определяют из выражения [3]:

$$m_1 = 19 \frac{\sqrt{h_b}}{\sqrt[9]{d_{cp}}} - m_0 \quad (1)$$

где  $hb$  – расчетная высота волны;  $d_{cp}$  – средняя крупность слагающего откоса грунта.  
 $m_0$  – заложение подводного откоса.

Расчетную высоту волны находят из зависимости:

$$h_b = 0.37\sqrt{L} \quad (2)$$

где  $L$  – длина разгона волны.

Заложение подводного откоса грунта определяют по формуле:

$$m_0 = \tan\varphi \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол естественного откоса намытого грунта в водонасыщенном состоянии.

Общая высота зоны динамического взаимодействия составляет:

$$h_2 = 0.4h_b(1 + 0.3\lambda \frac{\sqrt{h_b}}{\sqrt[9]{d_{cp}}}) \quad (4)$$

где  $\lambda$  – относительная длина волны (при высоте волны, не превышающей 3 м, принимают  $\lambda=10$ ).

Подводную часть зоны динамического взаимодействия определяют согласно [5] из условия:

$$a = 0.4h_2 \quad (5)$$

Расчет насыпей с пляжными откосами только на волновое воздействие, по мнению автора, недостаточен. После расчета на волностойчивость необходимо провести расчет на оплыивание откосов от высачивания при затоплении насыпи без образования подпора и с подпором воды. Случаи двустороннего затопления насыпей без подпоров наблюдаются на болотах, в поймах рек и водоемов.

Затопление может быть постоянным, когда происходит таяние снега и скопление талых вод, а также в периоды паводков. Расчет на устойчивость откосов следует выполнять по формуле:

$$m_1 \geq km_{kp} \quad (6)$$

где  $m_{kp}$  – критическое значение заложения откоса, соответствующее началу высачивания фильтрующего потока;  $k$  – коэффициент запаса (для отмытых песков и гравия  $k = 1,3$ ).

Критическое заложение откоса определяют из выражения:

$$m_{kp} = \frac{5}{m_0 + 3I} \quad (7)$$

где  $I$  – градиент оплыивания откоса на участке высачивания воды.

Градиент оплыивания определяют из условия обеспечения ламинарности режима высачивания и стекания потока по формуле:

$$I = \frac{bm_0}{2} \quad (8)$$

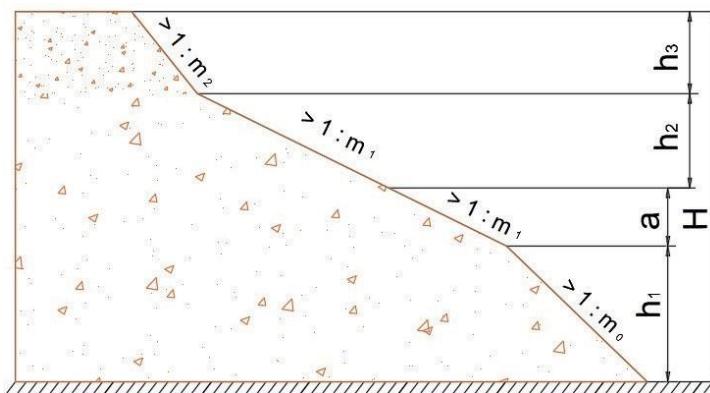
где  $b$  – коэффициент ламинарности.

При значении коэффициента относительного расхода  $k_0$  стекающего потока, равном 0, 20, 50, 100 и 150, коэффициент ламинарности  $b$  принимают соответственно равным 1,0; 0,75; 0,49; 0,30 и 0,21.

Коэффициент относительного расхода будет:

$$k_0 = \frac{\sqrt[3]{q}}{dc_p} \quad (9)$$

где  $q$  – относительный расход потока, высачивающегося через единицу поверхности откоса.



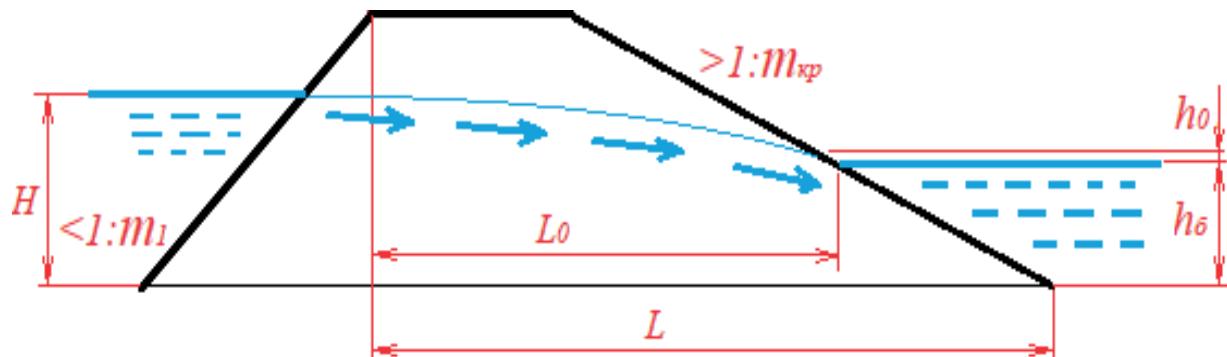
**Рисунок 1.** Заложение откоса в зоне волнового воздействия [материал автора]

В зависимости от средней крупности грунта, равной 0,1; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0 и 7,0 мм, значение принимают соответственно равным 0; 0,22; 0,37; 0,67; 0,91 и 1,20.

После определения, по формуле (6) сравнить его со необходимо значением, полученным по формуле (1).

В качестве проектного должно быть принято большее значение заложения откоса. В связи с развитием работ по ирригации и мелиорации земель случаи качества использования дорожных насыпей в качестве подпорных сооружений стали нередкими. При этом необходима проверка на устойчивость низового откоса по условиям фильтрации воды.

Рассмотрим общий случай, когда насыпь служит подпорным сооружением, имеющим воду, как в верхнем, так и в нижнем бьефе (рис. 2).



**Рисунок 2.** Насыпь как подпорное сооружение, вода в верхнем и в нижнем бьефе [материал автора]

Заложение верхового и низового откоса определяем по формуле (1), а затем производим проверку по методике, принятой в гидротехническом строительстве [3].

Рассчитываем относительный расход фильтрационного потока по формуле:

$$q = k_{\phi} \frac{(H - h_b)^2 - h_0^2}{2l_0} \quad (10)$$

где  $H$  и  $h_b$  – напоры воды соответственно в верхнем и нижнем бьефах;  $h_0$  – высота участка высачивания фильтрующейся из низового откоса воды;  $l_0$  – проекция пути фильтрации на основание насыпи;  $k_{\phi}$  – коэффициент фильтрации грунта.

Неизвестные параметры  $h_0$  и  $l_0$  могут быть найдены из выражений:

$$h_0 = \left( \frac{q}{k_{\phi}} m_{kp} - h_b \right) \pm \sqrt{\left( \frac{q}{k_{\phi}} \right)^2 + H^2 - \frac{2q}{k_{\phi}} l_0} \quad (11)$$

$$l_0 = l - m_{kp}(h_0 + h_b) \quad (12)$$

где  $l$  – длина фильтрующего клина насыпи.

Коэффициент фильтрации намытых песчаных грунтов [4,6] вычисляем по формуле:

$$k_{\phi} = a_1 \cdot b_1 \cdot cD \quad (13)$$

где  $D$  – эффективный диаметр частиц грунта;  $a_1$  и  $b_1$  – поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно температуру воды и плотность грунта;  $c$   $D$  – коэффициент пропорциональности (для мелких песков  $c$  - 600, для средних  $c$  - 700, для крупных  $c$  - 800).

Эффективный диаметр частиц намытого грунта определяем из выражения:

$$D = \frac{1}{2} (d_{10} + d_{60}) \sqrt{\frac{d_{10}}{d_{60}}} \quad (14)$$

где  $d_{10}$  и  $d_{60}$  – диаметры песчаных зерен при 10% и 60% -ном содержании по кривой гранулометрического состава.

Совместное решение уравнений (10) – (12) позволяет получить значение относительного расхода фильтрационного потока, высачивающегося на поверхность низового откоса. Далее расчет следует вести на высачивание, т. е. значение  $q$  подставить в формулу (9) и по выражениям (8) – (6) определить, удовлетворяет ли заложение низового откоса условию устойчивости на высачивание.

Проверка на высачивание и фильтрацию дополняет расчет пляжных откосов на волновое воздействие и служит гарантией их устойчивости без покрытия креплением.

## Результаты

В работах автора [1, 7] были выполнены экспериментальные исследования по устойчивости волногасящих набросок, по влиянию их ширины, отметки и крупности отдельных элементов на волногашение в целом. Исследование устойчивости элементов крепления откосных волногасящих сооружений при фронтальном подходе волн проводились в волновом лотке, длина которого 20 м при ширине 0,6 м и высоте стенок 1,0 м. Цель работы – показать, что в результате интерференции подходящих под углом и отраженных волн в некоторых случаях происходит увеличение волнового воздействия на элементы крепления откосов, в результате чего они теряют свою устойчивость.

На данном этапе были проведены три серии экспериментальных исследований: модель фрагмента вертикальной стенки без волногасящего откоса, с волногасящим откосом с массой элементов крепления откоса, рассчитанной по [5, 9], и с волногасящим откосом смассой элементов крепления откоса, рассчитанной на интерферированную волну. Виды модели во время экспериментов: а – в среднем волновом бассейне, б - в глубоководном волновом бассейне, представлены на рис. 3.

а) в среднем волновом бассейне,



б) в глубоководном волновом бассейне



**Рисунок 3.** Виды модели во время эксперимента [материалы автора]

### Обсуждение

Экспериментальными исследованиями на предыдущем этапе было установлено, что максимальное возможное увеличение волнового воздействия происходит не при фронтальном, а при косом (порядка 30–70°) угле подхода волн к сооружению. С целью проверки устойчивости элементов наброски волногасящего сооружения был проведен ряд экспериментов в глубоководном волновом бассейне Филиала

АО ЦНИИС «НИЦ «Морские берега». Угол подхода волн составлял 32° [1, 7].

При этом варьировались следующие параметры конструкции:

- уклоны откосов (1:2, 1:3) на разных участках сооружения;
- типы элементов крепления откосов (тетраподы, гексабиты);
- масса элементов крепления откосов;
- количество и толщина слоев элементов наброски (укладки);
- ширина полки откосного сооружения.

Глубоководный волновой бассейн в плане имеет форму равнобокой трапеции с основаниями 41 и 25 м и расстоянием между ними 31,5 м. Высота стенок бассейна 1,7 м. Бассейн оснащен волно-продукторами, которые представляют собой группу передвижных однотипных установок, обеспечивающих возвратно-поступательное движение щитов.

По результатам экспериментов получено, что при косом подходе волн к сооружению элементы крепления откоса расчетной массы неустойчивы. Для обеспечения устойчивости массу элементов крепления откоса следует увеличить в 2 раза и более.

### Выводы

В настоящее время не существует методики категорирования по степени опасности сооружений инженерной защиты (предназначенных для защиты от волнового воздействия), что, в свою очередь, препятствует разработке программ противодеформационных мероприятий на аварийных и потенциально опасных участках. Как следствие, часто проектирование и строительство сооружений инженерной защиты ведутся в экстренном порядке на уже разрушающихся приморских участках железных дорог [8]. Своевременное выявление опасных приморских участков разных категорий позволило бы заблаговременно обеспечивать безопасную эксплуатацию железных дорог.

Вопрос обследования и мониторинга технического состояния сооружений инженерной защиты земляного полотна от волнового воздействия в нормативной документации не освещен. Поэтому необходимость в разработке методики оценки технического состояния волно-

гасящих сооружений инженерной защиты земляного полотна в условиях волнового воздействия является неоспоримой.

**Конфликт интересов.** Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

**Ссылка на данную статью:** Бондарь И.С., Оспанова З.К., Сисембай А.Р. Проектирование намывных железнодорожных насыпей с пляжными откосами. Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshy. 2024; 1(5):19-28. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-02>

**Cite this article as:** Bondar' I.S., Ospanova Z.K., Sisembaj A.R. Proektirovaniye namyvnyh zheleznodorozhnyh nasypej s plyazhnymi otkosami [Design of alluvial railway embankments with beach slopes]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshy. 2024;1(5): 19-28. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.1-2024-02>

## Литература

- [1] Тлявлин Р.М. Оценка технического состояния волногасящих сооружений инженерной защиты земляного полотна от волнового воздействия. Известия Петербургского университета путей сообщения. 2020; 17(2):198-209. doi: [10.20295/1815-588X-2020-2-198-209](https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209)
- [2] Доценко Т.П., Канарский В. Ф. Плотины и дамбы распластанного профиля. Энергия. 1975; 1:152.
- [3] Меламут Д.Л. Гидромеханизация в ирригационном и сельскохозяйственном строительстве. Москва: Стройиздат. 1967, 355.
- [4] Угинчус А.А. Расчет фильтрации через земляные плотины. Москва: Госэнергоиздат, 1960,144.
- [5] СП 38.13330.2018. СНиП 2.06.04–82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Стандартинформ. 2019, 106.
- [6] Мелентьев В.А. и др. Намывные гидротехнические сооружения. Москва: Энергия. 1973, 237.
- [7] Исследования устойчивости элементов крепления откосных волногасящих сооружений: отчет о НИОКР. Отв. исп. Г. В. Тлявлина. Сочи: Научно-исследовательский центр «Морские берега». 2016, 131.
- [8] Жданов А.М. Основные положения проектирования берегоукрепительных сооружений на приморских линиях железных дорог. Трансжелдориздат. 1953; 35:56.
- [9] СП 277.1325800.2016. Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования. Технорма. 2017, 58.

## References

- [1] Tlyavlin RM. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya volnogasyashchih sooruzhenij inzheneroj zashchity zemlyanogo polotna ot volnovogo vozdejstviya [Assessment of the technical condition of wave extinguishing structures for engineering protection of the earthbed from wave action]. Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya = Proceedings of the Petersburg State Transport University. 2020; 17(2):198-209. (in Russ.) doi: [10.20295/1815-588X-2020-2-198-209](https://doi.org/10.20295/1815-588X-2020-2-198-209)
- [2] Docenko TP, Kanarskij VF. Plotiny i damby rasplastannogo profilya [Dams and dams of a flattened profile]. Energiya = Energy. 1975; 1:152. (in Russ.)
- [3] Melamut DL. Gidromekhanizaciya v irrigacionnom i sel'skohozyajstvennom stroitel'stve. [Hydromechanization in irrigation and agricultural construction]. Strojizdat. 1967, 355. (in Russ.)
- [4] Uginchus AA. Raschet fil'tracii cherez zemlyanye plotiny [Calculation of filtration through earthen dams]. Gosenergoizdat. 1960,144. (in Russ.)

- [5] SP 38.13330.2018. SNiP 2.06.04–82. Nagruzki i vozdejstviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovye, ledovye i ot sudov) [Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships)]. Standartinform. 2019, 106. (in Russ.)
- [6] Melent'ev VA. i dr. Namyvnye gidrotekhnicheskie coopyzheniya [Alluvial hydraulic structures]. Energiya = Energy. 1973, 237. (in Russ.)
- [7] Issledovaniya ustojchivosti elementov krepleniya otkosnyh volnogasyashchih sooruzhenij [Stability studies of the fastening elements of sloping wave damping structures]. R&D report by GV Tlyavlina. Sochi: Scientific Research Center «Morskie berega». 2016, 131. (in Russ.)
- [8] Zhdanov AM. Osnovnye polozheniya proektirovaniya beregoukrepitel'nyh sooruzhenij na primorskikh liniyah zheleznyh dorog [The main provisions of the design of coastal protection structures on the coastal railway lines]. Transzheldorizdat. 1953; 35:56. (in Russ.)
- [9] SP 277.1325800.2016. Sooruzheniya morskie beregozashchitnye. Pravila proektirovaniya [Marine coastal protection structures. Design rules]. Technorma. 2017, 58. (in Russ.)