

А.А. Пустынников

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация

ПРОТИВОРАЗМЫВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА УЧАСТКЕ «АТАМАНОВКА-КРУЧИНА» НА КМ6225 ПК0: РАСЧЕТ КОНТРБАНКЕТА И КРУПНОСТИ КАМНЯ

Аннотация. В статье поднимается проблема устройства и эксплуатации железнодорожной насыпи на участках подтопления. Рассмотрена устойчивость откосов насыпи, а также влияние физико-механических свойства грунтов на устойчивость откосов насыпи. Предлагаются расчеты коэффициента устойчивости несколькими методами при помощи программы «ГЕО 5 – устойчивость откоса». Предложенные методы легли в основу мероприятий по защите насыпи в условиях подтопления на участке Забайкальской железной дороги. Отмечено, что для защиты откосов от размывающего воздействия наиболее целесообразно использовать разрыхленные слабовеетривающиеся скальные грунты, особенно в горных районах. При отсутствии такого материала, а также при скорости течения свыше 4-5 м/с следует проектировать в качестве защиты инженерные конструкции (сборные и монолитные железобетонные плитные покрытия, жесткие и гибкие покрытия, защитные и подпорнооседающие стены, сборные железобетонные ряжи, береговые ограждения).

В статье отмечено, что на участке Атамановка – Кручинина на км 6225 ПК0 Забайкальской железной дороги выявлен недостаток коэффициента устойчивости. Для обеспечения требуемого коэффициента устойчивости был выполнен расчет с учетом проектирования защитного сооружения, контрбанкета, при этом устойчивость откоса повысилась. Для защиты откоса насыпи от размыва защитного сооружения был выполнен расчет диаметра камня.

Ключевые слова: коэффициент устойчивости, пойменная насыпь, контрбанкет, откос, подошва.

A.A. Pustynnikov

Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, the Russian Federation

ANTI-WASHING MEASURES ON THE RAILWAY «ATAMANOVKA–KRUCHINA» ON KM6225 PC0: CALCULATION OF THE COUNTERBANKET AND THE SIZE OF THE STONE

Abstract. The article raises the problem of the construction and operation of a railway embankment in areas of flooding. The stability of embankment slopes is considered, as well as the influence of physical and mechanical properties of soils on the stability of embankment slopes. Calculations of the stability coefficient by several methods using the program "GEO 5 – slope stability" are proposed. The proposed methods formed the basis of measures to protect the embankment in conditions of flooding on the section of the Trans-Baikal Railway. It is noted that in order to protect the slopes from the eroding effect, it is most advisable to use loosened slightly eroding rocky m/s, engineering structures should be designed as protection (prefabricated and monolithic reinforced concrete slab coverings, rigid and flexible coatings, protective and retaining walls, prefabricated reinforced concrete ridges, coastal fences).

The article notes that a lack of stability coefficient was revealed on the Atamanovka – Kruchinina section on KM 6225 PK0 of the Baikal Railway. To ensure the required stability coefficient, the calculation was carried out taking into account the design of the protective structure, counterbanket, while the stability of the slope increased. To protect the embankment slope from erosion of the protective structure, the calculation of the diameter of the stone was performed.

Keywords: stability coefficient, floodplain embankment, counterbanket, slope, sole.

Введение

Насыпи на участках подтопления следует проектировать с учетом постоянного или периодического воздействия водных масс водотоков или водоемов, которое проявляется в виде обводнения грунта тела насыпей, размывающего воздействия, вызываемого течением водного потока или волнением, разрушения и загромождения откосов земляного полотна льдом [1, 2].

Оценку общей устойчивости земляного полотна (насыпей и откосов выемок) рекомендуется осуществлять по первому предельному состоянию - несущей способности (по условиям предельного равновесия).

Устойчивость откосов должна быть проверена по возможным поверхностям сдвига (круглоцилиндрическим или по другим, в том числе ломаным поверхностям) с нахождением наиболее опасной призмы обрушения, характеризуемой минимальным отношением обобщенных предельных реактивных сил сопротивления к активным сдвигающим силам [3].

При поиске наиболее опасной призмы обрушения за критерий устойчивости может быть принята зависимость для оценки коэффициента устойчивости K_s в следующем виде:

$$K_s = \frac{R}{T} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c},$$

где R – расчетное значение обобщенной силы предельного сопротивления сдвигу, определенное с учетом коэффициента надежности по грунту γ_g ; T – расчетное значение обобщенной активной сдвигающей силы; γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения (коэффициент ответственности сооружения); γ_c – коэффициент условий работы; γ_{fc} – коэффициент сочетания нагрузок, учитывающий уменьшение вероятности одновременного появления расчетных нагрузок.

Для обеспечения надежности конструкций земляного полотна следует предусматривать:

1. Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах земляного полотна, коэффициенты надежности по нагрузкам, а также возможные сочетания нагрузок по 20.13330.2016, нагрузку от оси четырехосного вагона 294 кН (30 т. с.).

2. Коэффициенты надежности по грунту.

Для более быстрого и точного расчета коэффициента устойчивости используется программа – «ГЕО 5 – устойчивость откоса» [4]. Она считает шестью методами расчета коэффициента устойчивости:

1. Bishop – упрощенный метод Бишопа допускает нулевые силы скольжения между блоками X_i . Метод основан на удовлетворении уравнению моментов равновесия и уравнения вертикальной силы равновесия.

2. Fellenius – самый простой из всех методов отсеков с допущением только общего уравнения моментов равновесия вокруг центра круговой поверхности скольжения. Нормальные и сдвиговые силы между блоками X_i и E_i .

3. Spencer – метод рассматривает отличные от нуля силы между блоками. Равнодействующая сдвиговой и нормальной составляющей между блоками имеет постоянный наклон. Метод Спенсера – точный, т. е. удовлетворяет всем трём условиям равновесия: в горизонтальном и вертикальном направлениях и уравнению момента равновесия.

4. Janbu – метод рассматривает отличные от нуля силы между блоками. Метод удовлетворяет уравнению сил равновесия в горизонтальном и вертикальном направлениях для всех блоков, а также уравнение момента равновесия на всех блоках, за исключением последнего (верхнего). Обязательным условием метода является выбор положения межблочных сил.

5. Morgenstern – этот метод допускает ненулевые силы между блоками. Равнодействующие сдвиговых и нормальных сил, действующих между блоками, имеют разные наклоны в каждом блоке (форма функции полусинуса).

6. Метод Шахунянца – это общий метод отсеков предельного равновесия, основанный на удовлетворении условия равновесия сил на отдельных блоках. Блоки образуются в результате разбивки области над поверхностью скольжения плоскостями сечения.

Так же программа использует три типа расчета поверхностей скольжения:

1. Стандарт – поверхность скольжения назначается самостоятельно, графически.

2. Оптимизация - программа ищет минимальное значение K_u .

3. Сеть поверхностей скольжения – показывает все поверхности скольжения, которые могут быть (благоприятные и нет).

Физико-механические свойства грунтов

Для научно-исследовательской работы был выбран поперечник на участке Атамановка–Кручинина км 62252 ПК0. Выбираем и подготавливаем исходные данные для расчета коэффициента устойчивости при максимальном уровне воды (рис. 1).

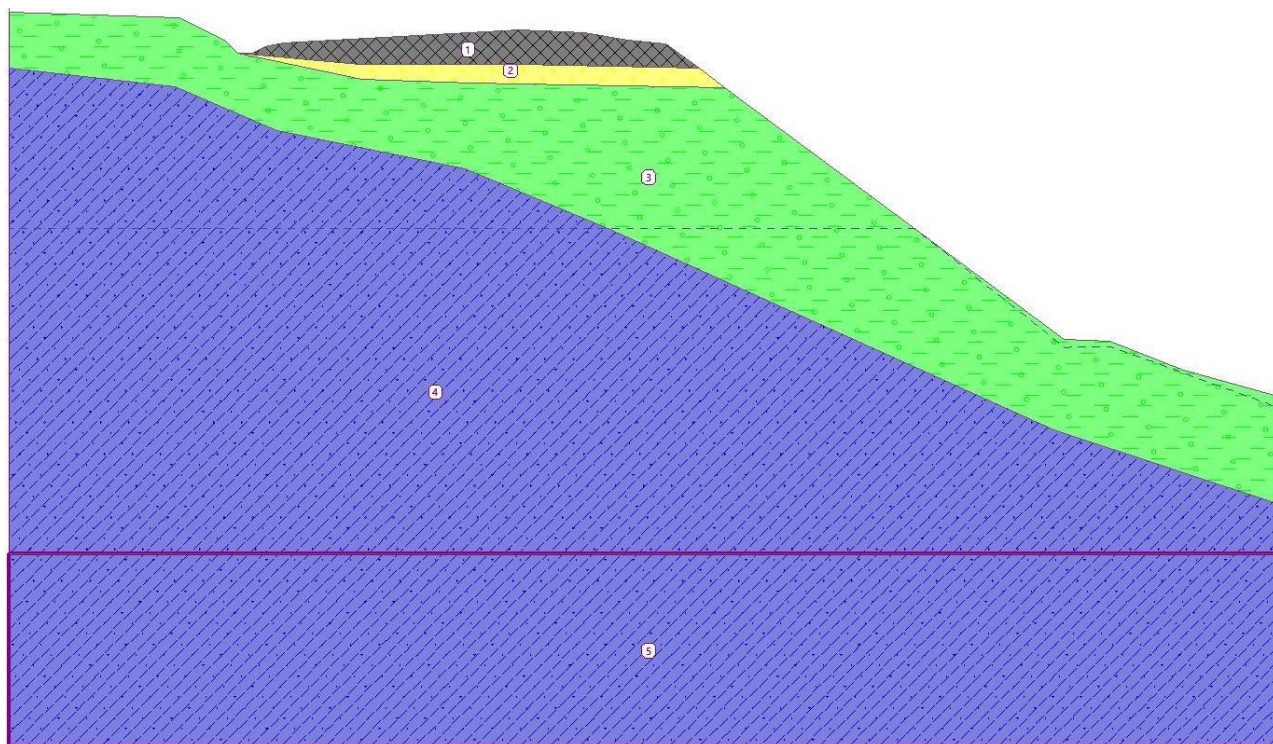


Рис. 1. Схема слоев грунта под железнодорожным путем

Первый слой представлен балластом: удельный вес $\gamma = 17 \text{ кН/м}^3$; угол внутреннего трения $\varphi_{ef} = 45^\circ$; удельное сцепление грунта $c_{ef} = 0$; удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat} = 17 \text{ кН/м}^3$.

Второй слой представлен гравийным грунтом: удельный вес $\gamma = 17,95 \text{ кН/м}^3$; угол внутреннего трения $\varphi_{ef} = 36^\circ 24'$; удельное сцепление грунта $c_{ef} = 2 \text{ кПа}$; удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat} = 17 \text{ кН/м}^3$.

Третий слой представлен щебенистым грунтом: удельный вес $\gamma = 19,30 \text{ кН/м}^3$; угол внутреннего трения $\varphi_{ef} = 34^\circ 27'$; удельное сцепление грунта $c_{ef} = 9,47 \text{ кПа}$; удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat} = 20,12 \text{ кН/м}^3$.

Четвертый и пятые слои – скала: удельный вес $\gamma = 19,32 \text{ кН/м}^3$; угол внутреннего трения $\varphi_{ef} = 50^\circ$; удельное сцепление грунта $c_{ef} = 50 \text{ кПа}$; удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat} = 19,32 \text{ кН/м}^3$.

По данным общего сейсмического районирования территорий Российской Федерации ОСР-97, населенный пункт Атамановка находится в сейсмическом районе, с расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности в течении 50 лет:

- А – 6 баллов (10 %);
- В – 7 баллов (5 %);
- С – 8 баллов (1 %).

Все данные были взяты на основе результатов инженерно-геологических изысканий участка Атамановка–Кручинина.

Расчет коэффициента устойчивости существующего откоса пойменной насыпи

Первым этапом расчета устойчивости откоса является, проверка существующего откоса на устойчивость без какой-либо нагрузки при максимальном уровне высоких вод. Расчет коэффициента устойчивости ведется на основании [1].

Полученные расчетом значения коэффициента устойчивости при соответствующем сочетании нагрузок не должны превышать величины $\frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c}$ более чем на 10 % и его численное значение должно быть не менее чем 1,05.

Так как участок трассы относится к особогрузонапряженной железнодорожной линии, то $\gamma_n = 1,25$; $\gamma_c = 1$; $\gamma_{fc} = 1$.

Следовательно, коэффициент надежности будет равен:

$$K_s = \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = \frac{1,25 \cdot 1}{1} = 1,25.$$

Занеся все исходные данные физико-механических свойств грунтов и коэффициенты надежности в программу «ГЕО 5 – устойчивость откоса», получим расчет коэффициента устойчивости откоса без нагрузки $K_y = 1,48$, из чего можно сделать вывод, что при уровне горизонта высоких вод обеспеченностью равным 1 % откос насыпи устойчив.

Расчет коэффициента устойчивости с нагрузкой несколькими методами

Задача второго этапа расчета коэффициента устойчивости откоса, проверить, будет ли устойчив откос под нагрузкой одновременно от двух подвижных составов, которые идут по четному и нечетному пути (рис. 2).

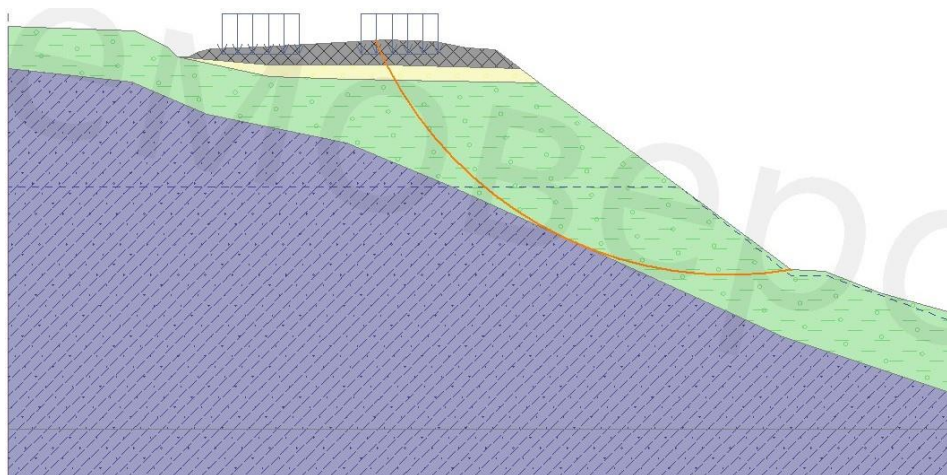


Рис. 2. Расчет коэффициента устойчивости при одновременном проходе двух составов по четному и нечетному пути

Мы моделируем максимально неблагоприятную ситуацию, когда земляное полотно подвергается воздействию вымывания частиц откоса и нагрузки от составов [5]. Каждый из составов действует на шпалы с силой равной 294 кН (30 т. с.), а шпалы распределяют эту нагрузку на всю свою поверхность, таким образом распределенная нагрузка составляет от каждого состава 109 кН/м^2 (рис. 3).

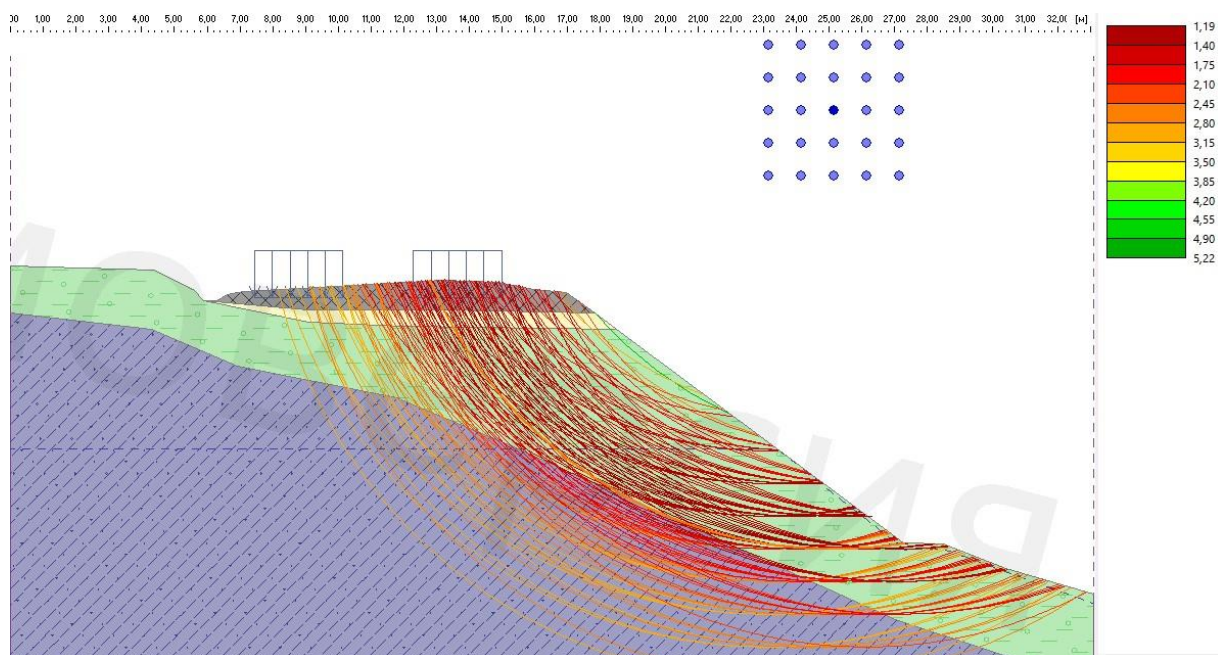


Рис. 3. Расчет коэффициента устойчивости по всем поверхностям скольжения

Введя данные условия в программу «ГЕО 5 – устойчивость откоса» проведем расчет на устойчивость всеми методами, которые присутствуют в ней, чтобы убедиться в точном значении коэффициента устойчивости, итоги расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Методы расчета коэффициента устойчивости

Метод расчета	Коэффициент устойчивости
Bishop	$1,34 \geq 1,25$
Fellenius	$1,19 < 1,25$
Spencer	$1,33 \geq 1,25$
Janbu	$1,40 \geq 1,25$
Morgenstern	$1,34 \geq 1,25$
Шахунянц	$1,19 < 1,25$

Из табл. 1 видно, что по двум методам расчета коэффициента устойчивости (Fellenius и Шахунянца) откос насыпи не устойчив. Невыполнение условия устойчивости говорит нам о том, что нужно запроектировать защитное сооружение, чтобы предотвратить разрушение и потерю устойчивости [5]. Поэтому запроектируем контрбанкет, который исключит разрушение откоса земляного полотна и повысит его устойчивость.

Расчет коэффициента устойчивости с учетом контрбанкета.

Расчет выполнен в соответствии с [1]. На прижимных участках трассы, где размещение земляного полотна ограничено с одной стороны крутыми (как правило, скальными) косогорами, а с другой – водотоками, в большинстве случаев не имеющими прибрежных террас по технико-экономическим соображениям, предпочтительно проектирование земляного полотна с прислоненными насыпями (рис. 4).

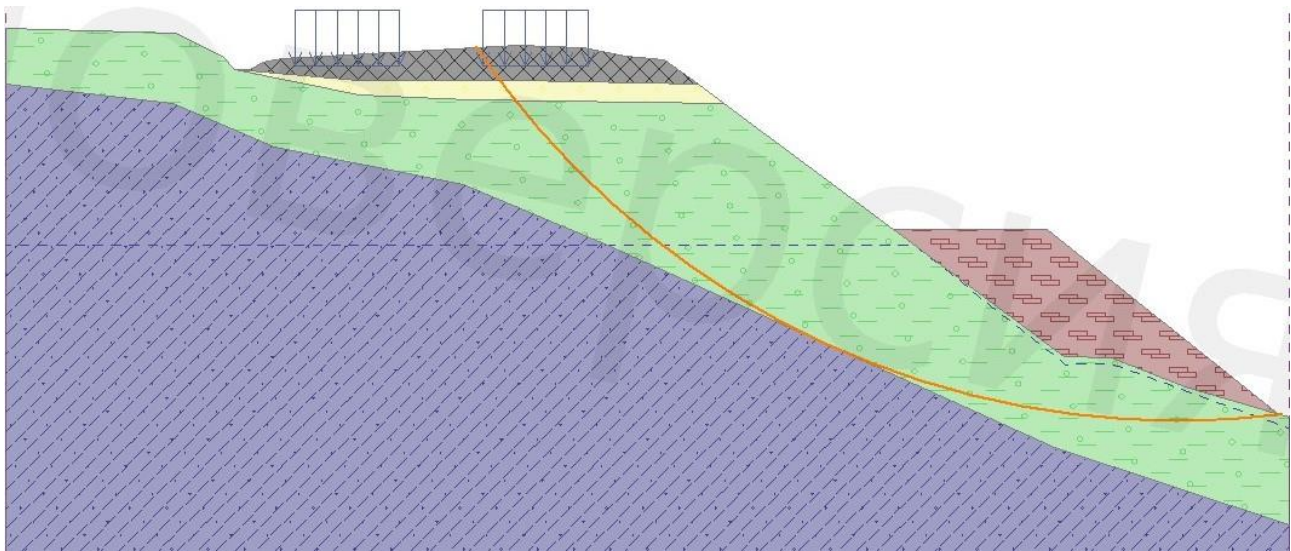


Рис. 4. Расчет коэффициента устойчивости с учетом защитного сооружения

Бровка земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям через водотоки в пределах их разлива, при расположении железнодорожных линий вдоль водотоков, озер, морей, водохранилищ, а также бровка оградительных и водораздельных дамб должны возвышаться над наивысшим уровнем воды при пропуске наибольшего паводка с учетом подпора, наката волны на откос, ветрового нагона, приливных и ледовых явлений не менее чем на 0,5 м. Бровка незатопляемых регулиционных сооружений и берм – не менее чем на 0,25 м. В нашем случае, принимается, что верхняя площадка контрбанкета должна быть на 0,25 м выше, чем уровень горизонта высоких вод с обеспеченностью 1 % [6, 7].

Откосы и подошвы насыпей и берм на подходах к мостам и трубам, откосы регулиционных сооружений и конусов мостов в пределах подтопления должны быть укреплены от воздействия льда, волны и течения воды [8].

Откосы и подошвы насыпей и берм на подходах к мостам и трубам, откосы регулиционных сооружений и конусов мостов в пределах подтопления должны быть укреплены от воздействия льда, волны и течения воды [9].

Физико-механические свойства грунта контрбанкета представлены в виде скального грунта: удельный вес $\gamma = 19 \text{ кН/м}^3$; угол внутреннего трения $\varphi_{ef} = 50^\circ$; удельное сцепление грунта $c_{ef} = 1 \text{ кПа}$; удельный вес водонасыщенного грунта $\gamma_{sat} = 19 \text{ кН/м}^3$.

Расчет коэффициента устойчивости с помощью программы «ГЕО 5 – устойчивость откоса» сделаем также по всем методам расчета коэффициента устойчивости и сравним их со значениями без контрбанкета (табл. 2).

Таблица 2. Расчет коэффициента устойчивости с контрбанкетом

Метод расчета	Коэффициент устойчивости без контрбанкета	Коэффициент устойчивости с контрбанкетом
Bishop	$1,34 \geq 1,25$	$1,57 \geq 1,25$
Fellenius	$1,19 < 1,25$	$1,44 \geq 1,25$
Spencer	$1,33 \geq 1,25$	$1,57 \geq 1,25$
Janbu	$1,40 \geq 1,25$	$1,57 \geq 1,25$
Morgenstern	$1,34 \geq 1,25$	$1,57 \geq 1,25$
Шахунянц	$1,19 < 1,25$	$1,45 \geq 1,25$

Проанализировав табл. 2 можно сделать вывод, что при отсыпке контрбанкета повышается устойчивость откоса по всем известным методам расчета коэффициента устойчивости. Контрбанкет запроектирован на 0,25 м выше уровня горизонта высоких вод с заложением откосов 1:1,5 и шириной основной площадки равной 4 м для удобства его отсыпки с помощью техники.

Защита насыпи в условиях подтопления

Участок Атамановка – Кручинина км 6225 ПК0 находится в пойме реки Ингоды, правый откос насыпи которого не имеет защитной бермы и при поднятии уровня высоких вод испытывает разрушающее воздействие реки. Если не запроектировать защитные сооружения, со временем вместе с увеличением грузонапряженности на участке увеличивается вероятность разрушения откоса, что угрожает безопасности и бесперебойному движению поездов.

Для защиты откосов от размывающего воздействия при расчетной скорости течения водотока до 4-5 м/с наиболее целесообразно использовать разрыхленные слабовыветривающиеся скальные грунты, особенно в горных районах [10–12]. При отсутствии такого материала, а также при скорости течения свыше 4–5 м/с следует проектировать в качестве защиты инженерные конструкции (сборные и монолитные железобетонные плитные покрытия, жесткие и гибкие покрытия, защитные и подпорно-оседающие стены, сборные железобетонные ряжи, береговые ограждения и др.).

Основным типом укрепления является конструкция в виде защитной призмы (бермы), которая отсыпается из несортированной горной массы, содержащей не менее 50% камней расчетного диаметра. Толщину защитного слоя следует принимать не менее трех расчетных диаметров, при ширине призмы поверху не менее 1 м. При невозможности по местным условиям одновременной отсыпки ядра насыпи и защитной призмы ширину ее поверху следует назначать не менее 3 м [13–15].

Определение расчетного диаметра камня как шара d_k , требуемого для укрепления откоса от размыва текущим водотоком, рекомендуется производить по формуле:

$$d_k = \frac{V_p^2}{A^2 \cdot 2g \left(\frac{P_k - P_w}{P_w} \right) \cdot \cos \alpha},$$

где A – коэффициент, учитывающий устойчивость камня на откосе, принимается равным 1 на участках крутых поворотов русла реки (300 м) и 1,15 – на остальных участках; g – ускорение свободного падения; P_k , P_w – плотность камня и воды; α – угол наклона поверхности откоса бермы к горизонту; V_p – расчетная скорость течения водотока [1].

При проектировании защитных конструкций в качестве расчетной скорости следует принимать среднюю скорость потока на вертикали у подошвы откоса в рассматриваемом створе. В данном расчет средняя скорость Ингоды на данном участке равна 2 м/с:

$$d_k = \frac{2^2}{1,15^2 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{1,9 - 1}{1} \right) \cdot \cos 34^\circ} = 0,24 \text{ (м)}.$$

Заключение

На участке Атамановка – Кручинина на км 6225 ПК0 был выявлен недостаток коэффициента устойчивости $K_y = 1,19 < 1,25$. Для обеспечения требуемого коэффициента устойчивости был выполнен расчет с учетом проектирования защитного сооружения – контрбанкета – с шириной площадки, равной 4 м, при этом устойчивость откоса повысилась до $K_y = 1,45 > 1,25$. Для защиты откоса насыпи от размыва защитного сооружения был выполнен расчет диаметра камня, в котором минимальный диаметр равен $d_k = 0,24$ м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 32-104-98 «Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм» (Утвержден: зам. директора ОАО «ЦНИИС» 27.12.96 г.; введен в действие: 01.01.1999 г.). М.: Госстрой России, 1999. 140 с.
2. СП 119.13330.2017 «Железные дороги колеи 1520 мм» (ред. 24.12.2019 г.) (Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации N 1648/пр от 12.12. 2017 г.; введен в действие: 13.06.2018 г.). М.: Минстрой России, 2017. 41 с.

3. СП 238.1326000.2015 «Железнодорожный путь» (Утвержден приказом Минтранса России N 209 от 6.07.2015 г.; введен в действие: 01.07.2015 г.). М.: Стандартиформ, 2015. 71 с.
4. Непомнящих Е.В., Кирпичников К.А. Диагностика состояния железнодорожного пути. Чита: ЗаБИЖТ, 2012. 109 с.
5. Непомнящих Е.В., Кирпичников К.А., Афанасенко С.Н. Путьевой инструмент. Чита: ЗаБИЖТ, 2011. 86 с.
6. Анализ элементов бесстыкового пути в сложных условиях Забайкальской железной дороги / Е.В. Непомнящих, Я.В. Клочков, С.Н. Афанасенко и др. // Межвузовский сборник научно-методических трудов «Организация безопасности на транспорте». Чита: ЗаБИЖТ, 2015. С. 229–235.
7. Дашинамаев З.Б., Баклаженко А.Г., Кирпичников К.А. Способ стабилизации земляного полотна в районах распространения вечной мерзлоты с применением инновационных материалов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО». Чита: ЗаБИЖТ, 2018. С. 92–96.
8. Дашинамаев З.Б., Сигачев Н.П., Кирпичников К.А. Устройство дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО». Чита: ЗаБИЖТ, 2018. С. 96–101.
9. Пуртова А.Н., Кирпичников К.А. Проектные решения по реконструкции земляного полотна на участке ПК60656+00 – ПК60661+00 Забайкальской железной дороги // Молодая наука Сибири. 2020. № 3 (9). С. 91–94.
10. Ковенькин Д.А., Валиев Н.А. Защита от деградации многолетнемерзлых грунтов на снегозаносимых участках // Путь и путьевое хозяйство. 2021. № 11. С. 23–26.
11. Ковенькин Д.А., Гераськина Е.О. Оценка фактического состояния построенного земляного полотна железнодорожного пути на перегоне Чудничный – Звездная ВСЖД // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 1. С. 612–616.
12. Чернецкая И.С., Плескач С.Т. Анализ ключевых аспектов организации ремонтно-путевых работ // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2017. Т. 1. С. 634–638.
13. Подвербный В.А., Ковенькин Д.А., Филатов Е.В. Проектные решения по ликвидации большого места земляного полотна в проекте модернизации железнодорожного пути // Наука и образование транспорту. 2016. № 2. С. 181–185.
14. Филатов Е.В., Вьонг К.Ч., Подвербный В.А. Деформации земляного полотна железных дорог Вьетнама // Безопасность регионов – основа устойчивого развития. 2014. Т. 1–2. С. 270–279.
15. Подвербный В.А., Перельгина А.А., Гагарин Л.Ю. Принятие решения при проектировании противообвальных сооружений для защиты железнодорожного пути // Наука и образование транспорту. 2019. № 2. С. 159–163.

REFERENCES

1. SP 32-104-98 «Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznykh dorog kolei 1520 mm» [Set of rules 32-104-98 «Design of earthwork for railways with 1520 mm track»]. Moscow: Gosstroj Rossii Publ., 1999. 140 p.
2. SP 119.13330.2017 «Zheleznye dorogi kolei 1520 mm» (red. 24.12.2019) [Set of rules 119.13330.2017 «Railway with 1520 mm track» (ed. December 24, 2019)]. Moscow: Minstroy Rossii Publ., 2017. 41 p.
3. SP 238.1326000.2015 «Zheleznodorozhnyi put'» [Set of rules 238.1326000.2015 «Railway track»]. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 71 p.
4. Nepomnyashchikh E.V., Kirpichnikov K.A. Diagnostika sostoyaniya zheleznodorozhnogo puti [Diagnostics of the condition of the railway track]. Chita: ZabIZhT Publ., 2012. 109 p.
5. Nepomnyashchikh E.V., Kirpichnikov K.A., Afanasenko S.N. Putevoi instrument [Track tool]. Chita: ZabIZhT Publ., 2011. 86 p.
6. Nepomnyashchikh E.V., Klochkov Ya.V., Afanasenko S.N., Kirpichnikov K.A., Evseeva Yu.V. Analiz elementov besstykovogo puti v slozhnykh usloviyakh Zabaikal'skoi

zheleznoi dorogi [Analysis of the elements of the joint-less track in the difficult conditions of the Trans-Baikal railway]. *Mezhvuzovskii sbornik nauchno-metodicheskikh trudov «Organizatsiya bezopasnosti na transporte»* [Interuniversity proceedings of scientific and methodological works «Organization of transport security»]. Chita, 2015, pp. 229–235.

7. Dashinimaev Z.B., Baklazhenko A.G., Kirpichnikov K.A. Sposob stabilizatsii zemel'nogo polotna v raionakh rasprostraneniya vechnoi merzloty s primeneniem innovatsionnykh materialov [A method for stabilizing the land web in permafrost areas with the use of innovative materials]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «OBRAZOVANIE – NAUKA – PROIZVODSTVO»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and practical conference «EDUCATION – SCIENCE – PRODUCTION»]. Chita, 2018, pp. 92–96.

8. Dashinimaev Z.B., Sigachev N.P., Kirpichnikov K.A. Ustroistvo drenazhnykh sooruzhenii v raionakh vechnoi merzloty [Arrangement of drainage structures in permafrost areas]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «OBRAZOVANIE – NAUKA – PROIZVODSTVO»* [Proceedings of the All-Russian Scientific and practical conference «EDUCATION – SCIENCE – PRODUCTION»]. Chita, 2018, pp. 96-101.

9. Purtova A.N., Kirpichnikov K.A. Proektnye resheniya po rekonstruktsii zemlyanogo polotna na uchastke PK60656+00 – PK60661+00 Zabaikal'skoi zheleznoi dorogi [Design solutions for the reconstruction of the roadbed on the section PC60656+00 – PC60661+00 of the Trans-Baikal railway]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young science of Siberia]. 2020, No 3 (9). pp. 91–94.

10. Nepomnyashchikh E.V., Kirpichnikov K.A. Diagnostika sostoyaniya zheleznodorozhnogo puti [Diagnostics of the condition of the railway track]. Chita: ZabIZhT Publ., 2012. 109 p.

11. Koven'kin D.A., Geras'kina E.O. Otsenka fakticheskogo sostoyaniya postroennogo zemlyanogo polotna zheleznodorozhnogo puti na peregone Chudnichnyi – Zvezdnaya VSZhD [Assessment of the actual condition of the constructed earthwork of the railway track on the Chudnichnyi – Zvezdnaya of East-Siberian railway]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region]. 2017. Vol. 1, pp. 612–616.

12. Chernetskaya I.S., Pleskach S.T. Analiz klyuchevykh aspektov organizatsii remontno-putevykh rabot [Analysis of key aspects of the organization of repair and track work]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region]. 2017. Vol. 1, pp. 634–638.

13. Podverbnyi V.A., Kovenkin D.A., Filatov E.V. Proektnye resheniya po likvidatsii bol'nogo mesta zemlyanogo polotna v proekte modernizatsii zheleznodorozhnogo puti [Design solutions for the elimination of the sore spot of the roadbed in the railway modernization project paths]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education to transport]. 2016, No 2, pp. 181–185.

14. Filatov E.V., Vyong Q.T., Podverbnyi V.A. Deformatsii zemlyanogo polotna zheleznykh dorog V'etnama [Deformations of the earthwork of Vietnam railways]. *Bezopasnost' regionov – osnova ustoychivogo razvitiya* [Safety of regions – the basis of sustainable development]. 2014, Vol. 1–2, pp. 270–279.

15. Podverbnyi V.A., Perelygina A.A., Gagarin L.Yu. Prinyatie resheniya pri proektirovanii protivooval'nykh sooruzhenii dlya zashchity zheleznodorozhnogo puti [Decision-making in the design of anti-fall structures for protection railway track]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education for transport]. 2019, No 2, pp. 159–163.

Информация об авторе

Пустынников Александр Андреевич – студент пятого курса кафедры строительства железных дорог, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: sashka19011@gmail.com

Information about the author

Alexander Andreevich Pustynnikov – fifth-year student of the Department of the Construction of railways, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: sashka19011@gmail.com