

тонных балочных пролетных строений автодорожных мостов». Линии влияния по ТКП приняты для балок серии 3.503-14, № 710/1, Союздорнии, 1969, аналогичных обследуемым балкам.

В первом случае грузоподъемность крайних балок № 1 и 5 составила 49 тс, класс нагрузки Н49, средних балок № 2 и 4 составила 75 тс, класс нагрузки Н75. Во втором случае грузоподъемность крайних балок составила 55 тс, класс нагрузки Н55, средних балок – 61 тс, класс нагрузки Н61. Очевидно, что грузоподъемность балок пролетного строения недостаточна для проезда одиночных автомобилей с нагрузкой Н80.

Было принято решение определить грузоподъемность балок пролетного строения при движении автомобилей по одной полосе по середине моста.

В результате расчета было получено: при расчете КПУ по линиям влияния обобщенного метода внецентренного сжатия грузоподъемность крайних балок составила 91 тс, класс нагрузки Н91, грузоподъемность средних балок 183 тс, класс нагрузки Н183; при расчете КПУ по линиям влияния ТКП 479-2019 грузоподъемность крайних балок составила 133 тс, класс нагрузки Н133, грузоподъемность средних балок 80 тс, класс нагрузки Н80.

Следует отметить, что значения КПУ рассчитанные по разным методам, показывают разную грузоподъемность пролетных строений, что понятно, но минимальное значение грузоподъемности не определено однозначно.

Вывод. Расчетом грузоподъемности железобетонных пролетных строений моста через р. Батывля на автомобильной дороге установлено соответствие требуемой одиночной нагрузки Н80 при однополосном движении по середине моста.

УДК 625.11

СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА, ПОВЫШАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ И СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

З. Ю. ТОЛОЧКО

Институт «Желдорпроект» Белорусской железной дороги, г. Минск

Н. В. ДОВГЕЛЮК, К. С. МАЛАЩЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Государственной программе «Транспортный комплекс», подпрограмме 1 – «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы предусматривается комплексное развитие инфраструктуры для надежного, безопасного выполнения графика движения поездов, расширение использования электрической тяги для движения поездов [1].

Электрическая тяга способствует повышению скорости движения поездов, введению в обращение длинно-составных тяжеловесных грузовых поездов, развитию грузовых перевозок в направлении Китай – Западная Европа в рамках инициативы «Один пояс – один путь», в том числе за счет пропуска ускоренных контейнерных поездов. Пропуск ускоренных тяжеловесных поездов для безопасности движения требует устойчивого земляного полотна железнодорожного пути.

Для защиты дороги от осыпей и обвалов каменного и грунтового материала, в результате разуплотнения грунтов, с бровок выемок предусматривается строительство верховой бетонной монолитной подпорной стенки. Высота сооружения принимается равной 9,0 м, так как высота подпираемого откоса по разбивочной оси подпорной стенки достигает 7,2 м. Для отвода дождевых и талых вод предусматривается застенный дренаж.

Местоположение подпорной стенки обосновывается тем, что она находится на близком расстоянии от крутого склона. На склоне, при инженерно-геологических изысканиях, было выявлено, что грунт основания – суглинок полутвердый древесный, а значит, данный грунт при большой влажности легко подвижен.

Сооружение рассчитывается на устойчивость под воздействием сейсмических нагрузок 9 баллов и воздействию нагрузки Н-8,3 по ГОСТ Р 52748-2007.

Для сооружения стены принимается бетон класса В20 F200 W6. Сама конструкция стены принимается по типовому альбому (тип VII, при $R = 0,4$ МПа и $U = 35^\circ$).

Конструктивные решения проектирования подпорной стены основываются на том, что в течение всего срока службы обеспечивается безопасность и бесперебойность нормального движения поездов, а также простота и наименьшая трудоемкость ее содержания в процессе эксплуатации.

Верховая подпорная стена согласно ВСН располагается за водоотводным кюветом. Расположение контактных опор выполняется с противоположной стороны пути. Расстояние от оси железнодорожного пути до разбивочной оси подпорной стены в зависимости от категории дороги и вида грунта земляного полотна принимается 3 м. Так как стена находится в кривой, то расстояние в зависимости от радиуса кривой увеличивается на $\Delta = 0,5$ м.

При проектировании стены в профиле учитывается уклон местности. Так как на данном участке уклон круче 0,02, устраивается стена со ступенчатой подошвой. Глубина заложения подошвы фундамента – 0,25 м.

Основные расчеты по проектированию подпорных стен производятся по трем предельным состояниям. По первому предельному состоянию выполняются расчеты: устойчивости стены против опрокидывания и скольжения; прочности стены; прочности основания под подошвой фундамента стены. По второму предельному состоянию проверяется положение равнодействующей внутренних сил в сечении по подошве фундамента. По третьему предельному состоянию проверяется положение равнодействующей внутренних сил в поперечных сечениях каменных и бетонных стен и рассчитываются на трещиностойкость секций железобетонные стены.

При расчете рассматриваются участки стены длиной 1 м. Нагрузки, действующие на стену и на поверхность грунта за стеной, приводятся к рассматриваемому участку стены.

Расчет устойчивости стены против опрокидывания производится путем определения коэффициента устойчивости (деление момента опрокидывающих сил относительно оси, проходящей через переднее нижнее ребро подошвы фундамента стены на предельный момент, равный моменту удерживающих сил относительно той же оси) и сравнения его с коэффициентом условий работы.

Подпорные сооружения (стенки) из бетона, бутобетона и свай применяются в случаях глубоких выемок, однако их применение помимо конструктивных преимуществ ограничено сложностями доставки больших объемов бетона к месту заливки.

Для стабилизации оползневых склонов помимо обеспечения подпора оползневых масс важнейшим требованием является эффективный сбор и отвод поверхностных талых и дождевых вод. Это обеспечивается устройством открытых канав, перехватывающих потоки, приходящие с верхних склонов или собирающиеся на пологих участках и сети закрытых дренажей, которые распределены непосредственно по телу оползня [2].

Для защиты трассы от обвальных явлений используются также:

– сетчатые ограждения барьерного типа с натяжением сетки между опорами с растяжками, закрепленными на склоне. Протяженность требуемая, высота от 1,5 до 3 м;

– покровные сетки плоские металлические, укрывающие склон на большой площади с целью закрепления и стабилизации свободно лежащих камней и обломков на склоне. Сама сетка фиксируется на склоне забивными грунтовыми гвоздями или грунтовыми анкерами в зависимости от крутизны склона, крупности обломков и нагрузки. Покровные сетки устанавливаются в сочетании с биоматами для надежной фиксации последних и обеспечения условий для прорастания закрепляющего растительного покрова.

Важной особенностью является то, что все базовые мероприятия по закреплению и защите склонов от оползней и обвальных явлений выполняются при первичном воздействии на склоны при подведении временных дорог, организации площадок и других мероприятий.

Армирование грунтовых сооружений в виде дамб, насыпей, выемок откосов современными синтетическими материалами позволяет резко улучшить физико-механические характеристики сооружения, крутизну откосов, устойчивость к внешним воздействиям, включая сейсмическую. Дополнительными преимуществами являются общая эластичность, низкая удельная нагрузка на основание, возможность формирования сооружения из местных грунтов даже плохого качества и простой интеграции в тело сооружения дренажных и водопропускных устройств. Для армирования грунтов применяют геотекстиль и геосетки (георешетки). Использование армированных грунтов позволяет возводить дамбы. Немаловажным фактором является возможность засеивания поверхности растениями и природный внешний вид.

Армированные грунты хорошо подходят для сейсмической зоны, так как конструкции из них очень эластичны и имеют очень хорошую устойчивость.

При формировании слоев передняя плоскость откоса формируется специальной оснасткой в виде временной опалубки, которая снимается после укладки, и уплотнения грунта на высоту слоя и армируется георешеткой типа TENAX TT. При использовании геоткани по передней плоскости устанавливаются оцинкованные армокаркасы с заданным углом откоса, которые остаются в теле и удерживают в виде сетчатого бандажа геоткань по плоскости откоса.

Состав материалов и плотность армирования рассчитывается в зависимости от прилагаемой нагрузки и геометрии сооружения. Применяются синтетические материалы повышенной химической стойкости и долговечности, различного назначения и различных производителей, например: Геосетка Tenax TT160 SAMP. Материал экструдированный пластик, полиэтилен или полипропилен, температура возгорания более 300 °С, твердость при 2 % предела текучести при напряжении – 45 кН/м, при 5 % предела текучести при напряжении – 90 кН/м; разрушающая нагрузка 160 кН/м при удлинении 13 %, долговременная твердость 75,4 кН/м; сетка с ячейкой 200×20 мм.

Список литературы

1 Государственная программа «Транспортный комплекс», подпрограмма «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы : постановление Сов. Мин. № 165 от 23.03.2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pravo.by/upload/docs/op/C22100165_1616792400.pdf. – Дата доступа : 20.09.2021.

2 Довгелюк, Н. В. Реконструкция железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, В. А. Вербило. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 339 с.

УДК 625.17

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И РАСЧЕТ ЕГО СТОИМОСТИ

П. С. ТРУХАНОВ

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

Обеспечение безопасности движения поездов было и остается одной из важнейших задач ОАО «РЖД», которой уделяется приоритетное внимание. Правлением компании ОАО «РЖД» поставлена задача последовательного перехода к оценке текущей деятельности на основе показателей надежности, рисков, управления ресурсами. Это обусловлено, в частности, требованиями системы обеспечения безопасности RAMS, рядом европейских и российских стандартов. Существующие требования по безопасности влияют на стоимость жизненного цикла (СЖЦ), так как они определяют нормы и допуски параметров при проектировании и техническом обслуживании (ТО).

Жизненный цикл объекта – это деятельность, возникающая в течение периода времени, который начинается с этапа создания концепции объекта и заканчивается утилизацией объекта. Расчет стоимости жизненного цикла (СЖЦ) – это процесс экономического анализа для оценки стоимости объекта, охватывающий весь жизненный цикл, его отдельные этапы или комбинации различных этапов. Чтобы оценить полную СЖЦ, необходимо разбить ее на составляющие элементы затрат.

При формировании программ по объектам инфраструктуры, относящихся к железнодорожному пути, применяют следующую стоимостную модель [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{\text{СЖЦ}} = \frac{S_{\text{рек}} + \sum_{i=1}^n (S_{\text{тс}}(i) + S_{\text{р}}(i) + S_{\text{отк}}(i)) - S_{\text{ут}}(n)}{n} \rightarrow \min; \\ \eta(n) \leq C, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\overline{\text{СЖЦ}}$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла 1 км железнодорожного пути; $S_{\text{рек}}$ – стоимость реконструкции; $S_{\text{тс}}(i)$, $S_{\text{р}}(i)$, $S_{\text{отк}}(i)$ – стоимость соответственно текущего содержания, промежуточных ремонтов и отказов в год; $S_{\text{ут}}(n)$ – стоимость утилизации объекта (в конце срока службы); n – продолжительность жизненного цикла в годах; η – функция отказов (показатель надежности); C – требуемый уровень надежности.