

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАСЫПИ С МОСТОВЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ

С. Г. ЦЕРЕХ

Саратовский государственный технический университет, Российская Федерация

В местах сопряжений различных конструкций, включая насыпь и искусственные сооружения, происходят деформации грунта, в том числе просадки. Для поддержания бесперебойной работы железнодорожной инфраструктуры необходимо обеспечить надлежащее функционирование как земляного полотна, так и смежных объектов, таких как мосты и водопропускные системы. Это является частью долгосрочной стратегии модернизации железных дорог. Эти явления изменяют динамические нагрузки на мостовые сооружения, что в свою очередь, может вызвать ускоренный износ и повреждение мостовых конструкций. Представленная тема актуальна в контексте программ, направленных на оптимизацию функционирования железнодорожной инфраструктуры и обеспечение надежной работы искусственных сооружений. При проектировании таких объектов используется множество решений, направленных на обеспечение прочного взаимодействия земляного полотна и искусственных сооружений. Однако реализация этих решений зачастую оказывается неэффективной без научного обоснования и действенных методов, направленных на поддержание жесткости конструкции на подходах к искусственным сооружениям. Таким образом, разработка новых конструктивных решений для интеграции этих систем представляет собой важную задачу.

Анализ публикаций, доступных автору, показал отсутствие исследований, посвященных поведению зон сопряжения насыпи и искусственных сооружений с учетом влияния температуры. В этих работах практически не разрабатывались математические модели таких зон, основанные на современных программных инструментах. Кроме того, работы зарубежных авторов подтвердили, что большинство из них носят экспериментальный характер; данные о просадках участков с переменной жесткостью преимущественно основаны на полевых наблюдениях и узкоспециализированных моделях для оценки жесткости конструкций.

Цель данной статьи заключается в демонстрации функциональных возможностей разработанной математической модели для учета температурного режима в процессе усиления подходной насыпи с помощью установки буронабивных свай, а также в выборе оптимального расположения свайного поля с учетом эксплуатационных условий сопряжения.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1 На основе проведенных теоретических исследований получены рекомендации по эффективному укреплению зон с переменной жесткостью, принимая во внимание климатические особенности строительной площадки.

2 Разработана модель организации участка с переменной жесткостью, в которой учтено взаимодействие переходной плиты и свайного поля.

3 Выделены ключевые параметры, необходимые для оценки эффективности предложенной схемы укрепления насыпи земляного полотна.

Для минимизации искажений результатов и повышения точности напряжений и деформаций выбранные размеры конечных элементов: для слоев глины, суглинка, супеси и песка от 3 до 1 м; для насыпи, балласта, РШР и водопропускной трубы – от 1 до 0,25 м. При определении эффективности использования буронабивных свай в расчете жесткости насыпи была задействована математическая модель, основанная на программном обеспечении Midas GTX NX. На насыпи была смоделирована временная нагрузка С-14. Физическая модель как грунтового массива, так и свай разработана с использованием метода конечных элементов, где определяются временные и постоянные нагрузки, а также модель материалов и внешних температурных воздействий. Грунтовый массив представлен объемными тетраэдрическими конечными элементами. Сваи моделируются с помощью стержневых конечных элементов, размеры которых соответствуют толщине прокладываемых ими слоев. Моделирование взаимодействия свай с грунтом осуществляется с помощью встроенных функций midas GTS, позволяющих установить упругие связи между тетраэдрическими и стержневыми конечными элементами.

Предварительная проверка модели обсуждается в источнике [1], где установлено, что целесообразно проводить исследование зоны с переменной жесткостью при более высоких температурах.

В связи с этим последующие расчеты будут осуществляться при условной температуре +30 °С. Возможности модели иллюстрированы на рисунках 2–8 [1]. В ходе расчетного анализа была определена осадка железнодорожной насыпи, с проведением расчетов для температурного диапазона от 0 до +30 градусов Цельсия (расчеты представлены при температуре +30 °С). Для нахождения оптимального расположения усиливающих свай в конструкции насыпи необходимо разработать несколько схем их размещения, провести расчет напряженно-деформированного состояния, а затем, при сопоставлении полученных результатов, определить наиболее эффективное расположение свай.

На рисунке 1 представлена схема расположения свайного поля, в ходе расчетного анализа были определены следующие параметры:

- вертикальные смещения плиты ростверка;
- максимальные напряжения в ростверке свай, измеряемые в кН/мм² до момента ИССО;
- максимальные напряжения в ростверке свай, измеряемые в кН/мм²;
- пиковые усилия, действующие на сваи при проезде поезда;
- относительное ускорение в мм/с²;
- смещение вдоль оси z;
- нормальные напряжения в области контакта свайного интерфейса.

Полученные результаты анализа жесткости соединительной области свидетельствуют о потенциальной целесообразности применения модели для изучения зоны соединения с искусственными структурами и оптимального размещения свайного поля. Создание математической модели взаимодействия имеет целью выявление особенностей системы. Анализ полученных данных взаимодействия в рамках модели.

Для выбора оптимального размера сетки конечных элементов было проведено 4 расчета с различными размерами конечных элементов: 0,5, 1,5, 3 и 5 м. Вертикальные перемещения, зафиксированные в ходе расчетов, составили:

- при размере конечного элемента 5 м – 3,3 мм;
- при размере конечного элемента 3 м – 1,9 мм;
- при размере конечного элемента 1,5 м – 1,6 мм;
- при размере конечного элемента 0,5 м – 1,5 мм.

После каждой итерации точность результата увеличивается, причем с уменьшением величины конечных элементов (КЭ) разница в точности результатов стремится к нулю.

Модель предоставляет возможность фиксировать множество параметров состояния как самого искусственного сооружения, так и смежного участка земляного полотна, включая перемещения и деформации верхнего строения пути. Оператор может адаптировать перечень и параметры наблюдений в зависимости от сложности конструкции и особенностей эксплуатации. Применение данной математической модели повысит эффективность использования свайного поля для усиления участков переменной жесткости в инфраструктуре железнодорожного транспорта. Впервые применен метод расчета с учетом температурных режимов местности.

Список литературы

1 Церех, С. Г. Методика расчета железнодорожной подходной насыпи к искусственным сооружениям с учетом температурного воздействия и взаимодействия усиливающих свай с грунтом / С. Г. Церех, И. Г. Овчинников // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры : сб. науч. трудов. – Ростов н/Д : РГУПС, 2023. – 230 с. – DOI: 10.46973/9785907295803.

UDC 625.7

THE ROLE OF GREENING IN IMPROVING TRAFFIC SAFETY ON CITY STREETS

M. Z. ERGASHOVA, Sh. R. KHALIMOVA
Tashkent State Transport University, Uzbekistan

D. A. KYPREYEVA
Belarusian State University of Transport, Gomel

Road safety refers to the state of traffic that indicates the degree of protection afforded to road users (drivers, pedestrians, cyclists, etc.) against traffic accidents and their repercussions [1].