

Абдукамилов Шавкат Шухратович,
кандидат технических наук, исполнительный директор,
Филиала Национального исследовательского ядерного университета
«МИФИ» в г. Ташкенте, Ташкент, Узбекистан

Хабибуллаева Фазилат Тохирхужа кизи,
магистрант Ташкентского государственного
транспортного университета, Ташкент, Узбекистан

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ГРУНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАСЫПИ И ВЛИЯНИЕ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОЧНОСТЬ НИЖНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

Аннотация. В данной работе рассмотрены распространение амплитуд колебаний грунтов железнодорожного земляного полотна. Приведены описание и особенности разработанных методов учеными в различный период развития науки

Ключевые слова: вибродинамическая нагрузка, земляное полотно, амплитуда, колебания, затухание колебаний, несущая способность.

Введение

В настоящее время в соответствии с принятыми решениями Руководства и Правительства страны увеличиваются торгово-экономические отношения Узбекистана с зарубежными странами, прежде всего со странами Центральноазиатского региона. Также с развитием инфраструктуры увеличивается туристический потенциал страны, особенно по маршруту Великого Шелкового пути. Все эти меры обуславливают развитие транспортной сети республики, в том числе железнодорожного транспорта [1-4].



В настоящее время грузонапряженность железных дорог Узбекистана составляет 73000 млрд.тонн.км в год. Настоящий показатель и его перспективное увеличение приведет к значительному росту износа железнодорожного пути [5]. При этом, возрастают риски повреждения нижнего строения пути, возникающие деформации в котором могут привести к серьезным повреждениям элементов верхнего строения пути, а это безусловно будет отрицательно влиять на надежность железнодорожного пути в целом и безопасность движения поездов.

Вместе с тем, с ведением высокоскоростного поезда Афросиаб в общую сеть железных дорог Узбекистана увеличились вибродинамические нагрузки на элементы железнодорожного пути. Результаты многолетних исследований ученых показали прямую зависимость значений амплитуды колебаний на снижение прочностных характеристик грунтов земляного полотна, а также увеличение амплитуды колебаний при увеличении скоростей движения и веса поездов.

Надежность и безопасность железнодорожного пути в значительной степени зависит от несущей способности основной площадки и устойчивости откосов земляного полотна. На основную площадку земляного полотна приходятся наибольшие величины вибродинамического воздействия проходящих поездов. Недостаточная несущая способность грунтов земляного полотна приводит к возникновению дефектов и деформаций основной площадки, что вызывает повышенные затраты на содержание пути.

С целью обеспечения несущей способности земляного полотна железных дорог по сегодняшний день остается актуальным вопрос снижения значений характеристик колебательного процесса, которые снижают прочностные свойства грунтов, из которых сложено данное земляное полотно.

Земляное полотно железных дорог, является основанием верхнего строения пути, обеспечивает его стабильность, прочность, долговечность и безопасность движения поездов. Исследования показывают, что



вибродинамическое воздействие поездов является одной из причин снижения несущей способности грунтов земляного полотна и образования остаточных деформаций. Исследование поведения грунтов земляного полотна под воздействием динамических нагрузок осуществлялась по двум направлениям. К первому направлению относятся работы, посвященные изучению амплитудно - частотных характеристик и характера распространения колебаний в грунтах земляного полотна и основания, ко второму - исследования изменения прочностных свойств грунтов под влиянием вибродинамических нагрузок. Вибрации вызывают уменьшение трения между частицами грунтов и общее уменьшение их сопротивления сдвигу, импульсные воздействия средней величины вызывают осадки и просадки, а импульсы значительной величины - разрушение структуры грунтов и потерю их прочности.

Вопросам изучения распространения колебаний в грунтах земляного полотна и его основании посвящены работы И.В. Прокудина, Г.Н. Жинкина, Г.М. Стояновича, А.И. Кистанова и др.

Ярко выраженное вибрационное и динамическое воздействие проходящих поездов на все элементы железнодорожного пути вызывает в грунтах земляного полотна сложный колебательный процесс. Он имеет ярко выраженный стохастический характер, его параметры зависят от большого числа факторов, важнейшими из которых являются:

- вид и состояние грунтов;
- скорость движения поездов и осевые нагрузки;
- конструкция и состояние верхнего строения пути;
- вид подвижного состава, состояние его ходовых частей и их

конструктивные решения.

Исследования поведения грунта при прохождении подвижного состава были направлены на изучение основных характеристик колебательного процесса и распространения колебаний в теле земляного полотна и за его пределами. Известно, что колебания гармонического типа определяется



следующими основными характеристиками: амплитудой (A), частотой (f), скоростью (V), ускорением (J), мощностью (W), энергией (E), резкостью (v) и интенсивностью (I). При этом амплитуда и частота является исходными характеристиками, а все остальное - производные от них и определяются по выражениями:

$$\begin{cases} V = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A; & J = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A; & W = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2; \\ E = 2 \cdot \rho \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2; & v = 8 \cdot \pi^2 \cdot f^3 \cdot A; & I = f^3 \cdot A^2; \end{cases}$$

где ρ - плотность среды, кН/м³.

Значительный объем исследований колебательного процесса грунтов земляного полотна выполнил И.В. Прокудин [6, 7]. При проходе подвижного состава он в общем характере колебаний выделяет три гармоники:

1. Низкочастотная. Характеризуется частотами от 1,5 до 3,0 Гц и амплитудами 20 - 80 мкм [8, 9].

Среднечастотная составляющая с частотой колебаний для пассажирских поездов от 4 до 20 Гц, а для грузовых от 7 до 16 Гц. Амплитуда среднечастотной составляющей зависит от скорости движения поездов, от осевой нагрузки, от конструктивных особенностей ходовых частей подвижного состава, вида и состояния пути, и составляет порядка 35 - 215 мкм [10-12].

Высокочастотная. Это составляющая проявляется с частотой от 40 до 200 Гц, при этом обладая незначительными амплитудами 3 - 7 мкм. Имеет свойства интенсивно затухать в теле земляного полотна и за его пределами.

Земляное полотно представлено насыпью высотой 1 м и шириной основной площадки 7 м. Участок проведения экспериментов расположен на горизонтальной площадке.

Интенсивность движения поездов в период наблюдений составляла для грузовых - 10 поездов в сутки, для пассажирских - 5 поездов в сутки. Установленная максимальная скорость движения по перегону для грузовых поездов составляла 80 км/ч, а для пассажирских - 100 км/ч. Для тяги грузовых и пассажирских поездов использовался тепловоз 2ТЭ10, т.к. линия пока не



электрифицирована. Амплитудно-частотные характеристики колебаний барханных песков регистрировались сейсмоприемниками СМ-3, схема размещения которых представлена на рис.1.

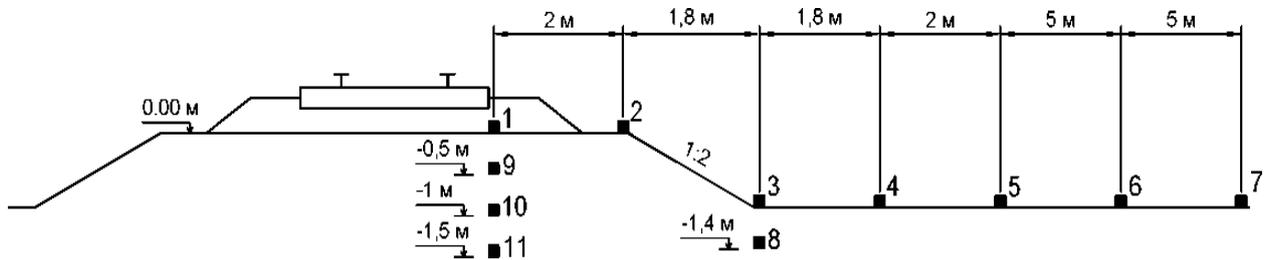


Рис. 1. Схема расположения датчиков

в теле земляного полотна и за его пределами

Типичный пример записи колебаний барханных песков основной площадки земляного полотна, при проходе пассажирского поезда со скоростью 70 км/ч, представлен на рис. 2. На рисунке отображены три составляющие колебательного процесса:

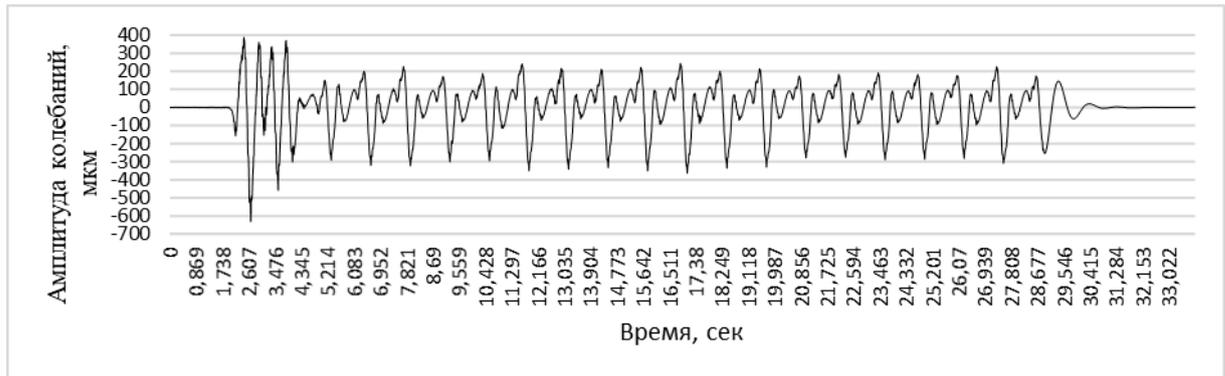
- амплитуда колебаний по вертикали;
- амплитуда колебаний по горизонтали вдоль пути;
- амплитуда колебаний по горизонтали поперек пути.

Как видно из рисунка, максимальные амплитуды колебаний регистрируются на вертикальной составляющей колебательного процесса с четкой регистрацией момента прохода осей подвижного состава.

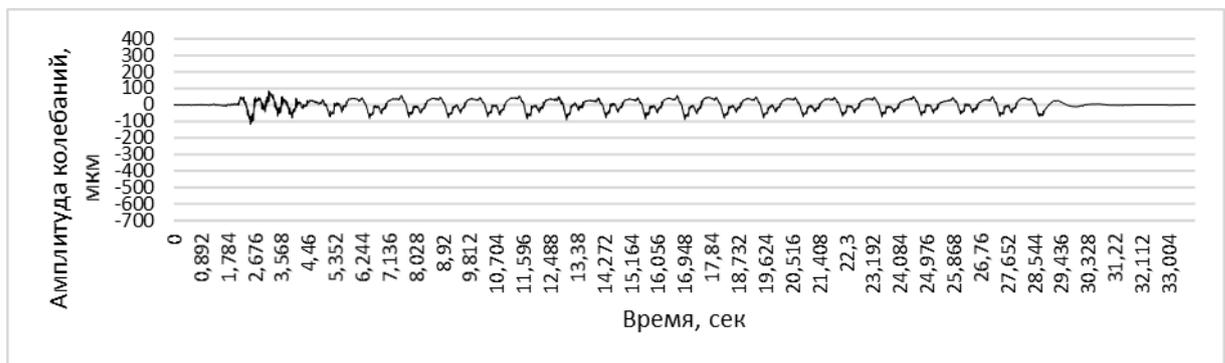
Анализ колебательного процесса барханных песков земляного полотна при движении пассажирских поездов позволяет характеризовать каждую составляющую колебаний. Все три составляющие колебаний разлагаются на две условные гармоники: несущую и наложенную. Однако, каждая составляющая имеет свой характер распространения. Так, вертикальная составляющая колебаний барханных песков основной площадки земляного полотна имеет очень сложный характер с резкими всплесками записи и большими различиями при проходе локомотива и вагонов. Амплитуда и частота колебаний в вертикальном направлении зависят от большого числа факторов и меняются в широком диапазоне.



а) вертикальная составляющая колебаний



б) горизонтальная составляющая колебаний вдоль пути



в) горизонтальная составляющая колебаний поперек пути

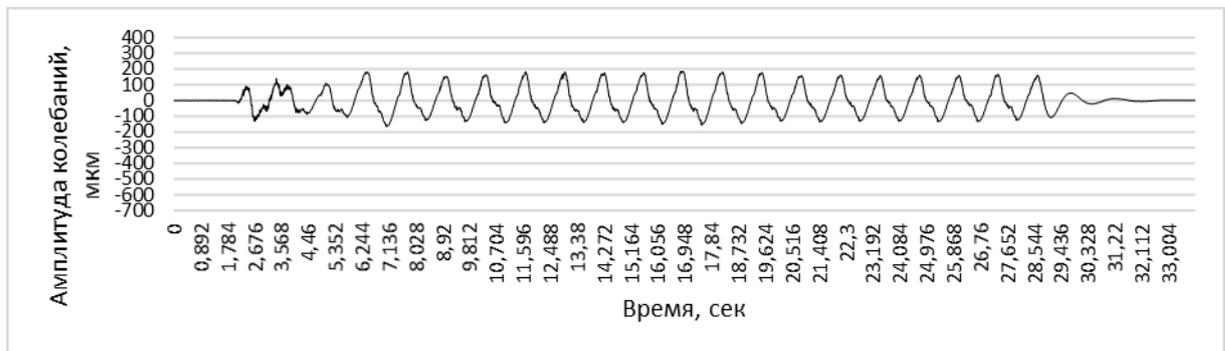


Рис. 2. Записи амплитуды колебаний барханных песков на уровне основной площадки при скорости пассажирского поезда 70 км/ч

На рис. 2 видно, что несущая гармоника вертикальной составляющей обусловлена проходом осей подвижного состава по участку измерений. Следовательно, возникающие среднечастотные колебания (смещения) барханных песков основной площадки земляного полотна являются функцией прямого силового воздействия подвижного состава на несущие конструкции

пути. Амплитуда колебаний этой гармонике определяется существенными величинами и прямо зависит от скорости движения поездов, нагрузки на ось, места расположения рассматриваемой точки, типа и состояния пути и ходовых частей подвижного состава. Колебания этой гармонике можно считать периодическим со значительным нарушением закономерности проявления. На всех записях колебаний можно зарегистрировать резкие пики и впадины, сглаженных участки практически отсутствуют.

На основе анализа работ других авторов, результаты лабораторных и теоретических исследований, позволяет сделать следующие выводы:

С увеличением скорости движения поездов значительно возрастают напряжения по подошве шпал, но одновременно повышается интенсивность затухания напряжений в балластной призме.

Колебательный процесс грунтов земляного полотна возникает при движении подвижного состава и может привести к разрушению нижнего строения пути.

Для стабилизации железнодорожного земляного полотна используются различные методы, включая противодинамическую стабилизацию, которая позволяет снизить амплитуды колебаний грунтов земляного полотна.

Несущая способность земляного полотна зависит от многих факторов, таких как тип грунта, его плотность и влажность, а также от качества укладки и уплотнения грунта

Список литературы:

1. Lesov K.S., Kenjaliyev M.K., Mavlanov A.Kh. and Tadjibaev Sh.A. Stability of the embankment of fine sand reinforced with geosynthetic materials. //E3S Web of Conferences; CONMECHYDRO – 2021, Les Ulis, - Vol. 264. DOI:10.1051/e3sconf/202126402011.

2. Лесов К.С., Таджибаев Ш.А., Кенжалиев М.К. Технология укрепление откосов земляного полотна железных дорог из песчаных грунтов с



применением геосинтетических материалов. Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). № 4, 2019. Самарканд, СамГАСИ (2019): с. 15-18.

3. Лесов К.С., Элмуратов И.Я. Календарное планирование организации строительства железнодорожной линии Бухара - Мискен // Инновационные подходы в современной науке : Сборник статей по материалам XXIII международной научно-практической конференции. Том 11 (23). Часть 1: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2018. – с. 12-16.

4. Lesov K.S. & Kenjaliyev M.K. Organizational and Technological Parameters During the Construction of the Bukhara-Misken Railway Line. AIP Conference Proceedings, 2022, no. 2432, pp. 030026. DOI: 10.1063/5.0089621.

5. Лесов К.С., Кузнецов И.И. Самандаров Х.О., Кенжалиев М.К. Проблемы состояния поверхности качения головки на скоростных и высокоскоростных железных участках АО "Узбекистан темир йоллари" //Журнал Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта. – Т. 15. – С. 3-9.

6. Прочность и деформативность железнодорожного земляного полотна из глинистых грунтов, воспринимающих вибродинамическую нагрузку : дис. ... док. техн. наук : 05.22.06 / Иван Васильевич Прокудин. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1982. – 455 с.

7. Кистанов А.И. Исследования вибродинамического воздействия поездов на глинистые грунты земляного полотна.// канд. дисс. - ЛИИЖТ. - 1969. -170 с.

8. Козлов И.С. Влияние конструкции промежуточных рельсовых скреплений на несущую способность земляного полотна скоростных железнодорожных линий. // канд. дисс., - ПГУПС. - СПб., 2009. - 166 с.

9. Разжижение и уплотнение несвязных грунтов при динамических воздействиях / Иванов П.Л. // Материалы III Всесоюзной конференции по динамике оснований, фундаментов и подземных сооружений. – Ташкент: Изд-во «Фан», 1973. – С. 6-7.



10. Противодинамическая стабилизация железнодорожного земляного полотна путем цементации грунтов основной площадки : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / Колос Алексей Федорович. – СПб.: Петерб. гос. ун-т путей сообщ., 2000. – 163 с.

11. Несущая способность земляного полотна из барханных песков при действии вибродинамической нагрузки / Абдукамилов Ш.Ш. // Проблемы механики. Вып.2. Из-во: «Фан» АН РУз. – Ташкент, 2013. – С. 57-61.

12. Железные дороги в песчаных пустынях. Проектирование, сооружение земляного полотна и эксплуатация пути / Р.С. Закиров. – М.: Транспорт, 1980. – 221 с.

