

Путь для переходных участков при высоких осевых нагрузках

Результаты исследований путевой структуры на подходах к мостам, путепроводам и другим искусственным сооружениям позволяют определить направления возможной минимизации жесткости пути и расходов на его текущее содержание.

Одна из наиболее важных проблем поддержания на должном уровне состояния инфраструктуры магистральных железнодорожных линий — обеспечение надежной работы пути на подходах к мостам, путепроводам и другим особым местам, где его конструкция и характеристики, а зачастую и характер испытываемых нагрузок существенно изменяются на очень малой длине, в результате чего могут увеличиться как динамическое взаимодействие с подвижным составом, так и расходы на текущее содержание пути.

Проблемы, относящиеся к пути на переходных участках, могут быть разделены на три категории (рис. 1):

- неравномерность осадки. Темпы осадки двух смежных отрезков пути могут различаться. Примером могут служить мосты и подходы к ним. Железнодорожные мосты сооружают на фундаментах глубокого заложения, поэтому они относительно нечувствительны к осадке грунта. Напротив, путь на подходах укладывают на насыпях, и он обычно подвержен существенной осадке;

- жесткость пути. На переходных участках может иметь место резкое изменение жесткости. Например, верхнее строение пути с железобетонными шпалами и щебеночным балластным слоем, уложенного на железобетонном пролетном строении моста, характеризуется значительно бóльшим модулем упругости, чем на примыкающем к мосту участке;

- демпфирование. Характер рассеяния энергии высоких динамических нагрузок зависит от конструкции пути переходного участка. Важно оценить природу преобладающей нагрузки и заложить в конструкцию путевой структуры соответствующий механизм демпфирования. На переходных участках с дефектной поверхностью катания

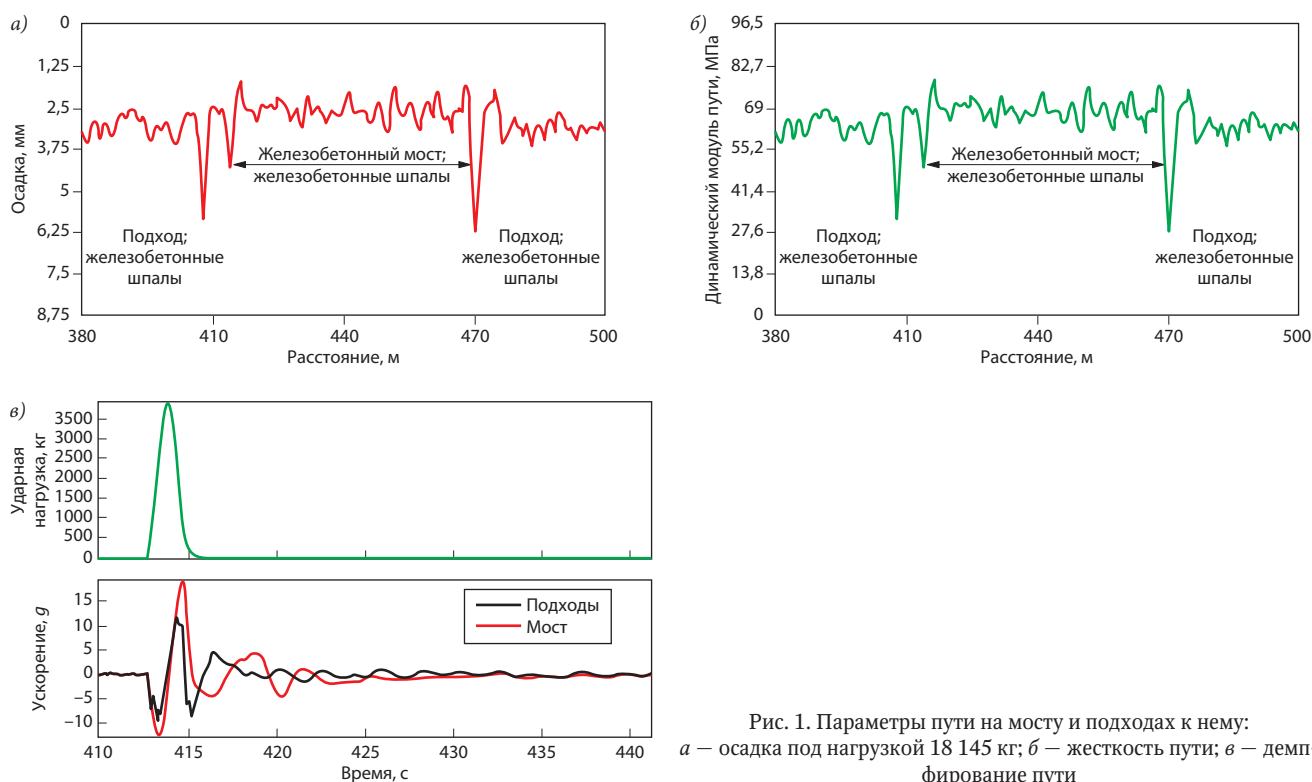


Рис. 1. Параметры пути на мосту и подходах к нему: а — осадка под нагрузкой 18 145 кг; б — жесткость пути; в — демпфирование пути

головки рельса обычно возникают динамические воздействия двух видов: от удара колеса (высокая частота) и от подпрыгивания колеса (низкая частота).

Видно, что на подходах демпфирование более эффективно, чем на мосту (ускорение гасится быстрее).

В Центре транспортных технологий (ТТС, США, рис. 2) проводили исследования железнодорожного пути на подходах к мостам и пути на специальном основании. Исследования выполнялись как в условиях регулярной эксплуатации, так и на полигоне для ускоренных эксплуатационных испытаний с целью оценки эффективности различных конструкций переходных участков пути.

Эксплуатационные испытания

На нескольких опытных участках железной дороги Union Pacific были организованы наблюдения, за время которых пропущено 245 млн. т брутто поездной нагрузки с целью определения влияния шпал из разных материалов на жесткость участков пути на переходных участках и длительности срока службы элементов путевой структуры.

На рис. 3 приведены данные, полученные с помощью путеиспытательного вагона ТТС (рис. 4) на типовом мосту с железобетонным балочным пролетным строением (путь с железобетонными шпалами на балласте) и иллюстрирующие резкие изменения модуля упругости пути на отрезке небольшой длины. На типовом железобетонном пролетном строении с железобетонными шпалами на балласте модуль упругости пути приблизительно в 1,5 раза больше, чем на подходе к мосту. Для точной фиксации этого изменения и получения достоверных характеристик пути очень важно выполнить большое количество измерений на коротком отрезке. Разброс



Рис. 2. Испытательные пути ТТС



Рис. 3. Динамические характеристики пути, полученные с помощью путеиспытательного вагона

значений жесткости способствует расстройству пути и возникновению трещин в шпалах.

На выбранных для проведения исследования нескольких железнодорожных мостах в районе



Рис. 4. Путеиспытательный вагон ТТС

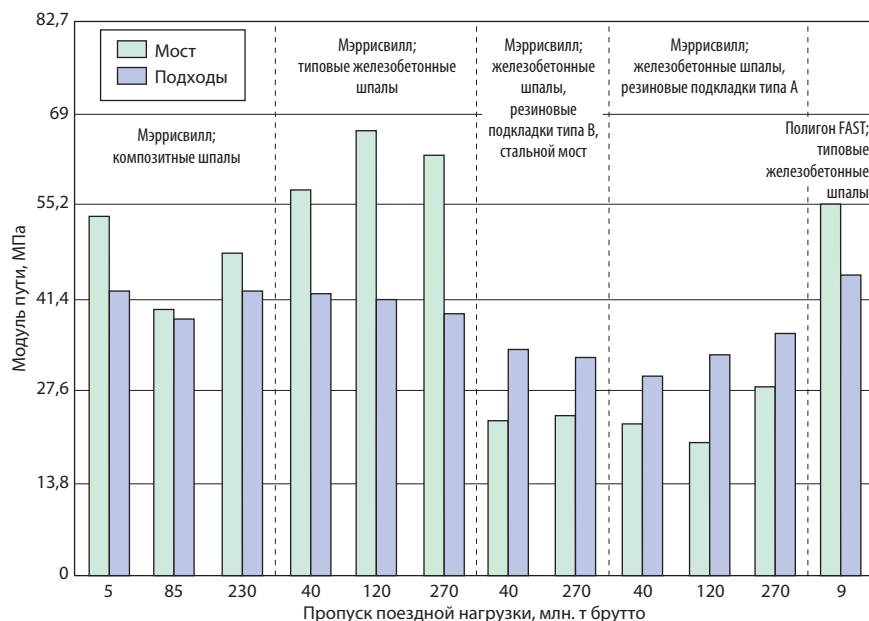


Рис. 5. Результаты испытаний шпал из разных материалов

Мэррисвилла (штат Канзас) были уложены шпалы из разных материалов. Цель состояла в подборе материала шпал для минимизации разброса значений жесткости пути. В процессе испытаний были использованы железобетонные шпалы двух типов с резиновыми подкладками и без них, а также композитные шпалы. Результаты испытаний после пропуска 245 млн. т брутто поездной нагрузки обобщены на рис. 5. Видно, что композитные шпалы, уложенные на железобетонном пролетном строении с балластным слоем, уменьшают различия в жесткости пути на мосту и на подходах к нему: средние значения модуля упругости пути на мосту и на подходах к нему отличаются незначительно.

Железобетонные шпалы укладывали на железобетонном и металлическом пролетных строениях с резиновыми подкладками. Резиновые подкладки двух типов эффективно обеспечили снижение модуля упругости пути на мосту до уровня меньшего, чем пути на подходе. Этот метод достижения требуемой жесткости пути представ-

ляется многообещающим, поскольку желаемые свойства могут быть предусмотрены при проектировании подкладок. Еще одно преимущество резиновых подкладок состоит в том, что они обеспечивают гашение колебаний мостовых конструкций.

Как полагают, и железобетонные шпалы с резиновыми подкладками двух типов, и композитные шпалы достаточно долговечны. Резиновые подкладки эффективно проявили себя в сложных условиях эксплуатации. Хорошо зарекомендовали себя и композитные шпалы. На всех мостах не было отмечено появление трещин в шпалах и расстройств пути.

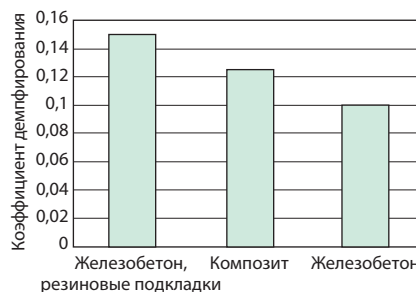


Рис. 6. Коэффициент демпфирования испытываемых шпал

Демпфирование

Железнодорожный путь работает как конструкция, рассеивающая энергию. Рассеяние энергии — это функция демпфирования пути, которая требует тщательного изучения в случае поиска способов ограничения вредных разрушающих вибраций. В качестве одного из путей увеличения демпфирования для снижения влияния ударных нагрузок использовали железобетонные шпалы с резиновыми подкладками. Эффективность этого метода еще надлежит оценить точнее. Однако лабораторные испытания показали, что степень демпфирования возрастает на 50%, когда на мостах применяют железобетонные шпалы с резиновыми подкладками. Демпфирующие свойства пути определяются многими факторами, такими, как качество балласта, тип шпал и температура рельсов. Имеются несколько механизмов рассеяния энергии в путевой структуре. Структурное демпфирование — главный механизм рассеяния энергии в балластном слое за счет взаимного перемещения частиц балласта. Качество балласта служит основным фактором, определяющим демпфирующие свойства пути. Чистый балласт обеспечивает более высокие показатели демпфирования благодаря преобладанию крупных частиц. По мере загрязнения балласт становится более похожим на грунт, чем на совокупность дискретных твердых частиц, уменьшая, таким образом, демпфирование. Минимизация неравномерности осадки и оптимальный выбор числа циклов уплотнения балласта представляют эффективный способ продления срока его службы и сохранения хороших демпфирующих свойств, присущих доброкачественному незагрязненному балласту.

Внутреннее демпфирование представляет собой механизм рассеяния энергии в рельсошпальной решетке и зависит от свойств мате-

риала шпал. Изменение типа шпалы может стать наиболее эффективным направлением увеличения демпфирования для уже существующих конструкций.

Очень важно измерять демпфирование в разных слоях путевой структуры для более точной характеристики системы в целом. Каждый слой верхнего строения пути поглощает вибрации разной частоты. Высокочастотные вибрации с малой энергией, возникающие при ударных нагрузках, рассеиваются быстрее. Рельсы, скрепления и плиты подрельсового основания могут получать повреждения от подобных ударов. Низкочастотные вибрации с большой энергией имеют тенденцию проникать глубже в конструкцию до того, как энергия рассеется. Этот тип вибрации приводит к деградации шпал, балласта и земляного полотна.

Для определения демпфирующих свойств путевой структуры применяют метод испытаний с помощью специального молота, снабженного измерительной аппаратурой. Молот используют для возбуждения колебаний в пути, а установленные в различных местах акселерометры служат для измерения динамической реакции. Характеристики демпфирования могут быть определены по величине ускорения, степени затухания и частотам динамической реакции. Коэффициент демпфирования вычисляют по степени затухания. Это важный показатель, поскольку учитывает магнитуду удара и время, необходимое для рассеяния энергии. Коэффициенты демпфирования различных конструкций пути могут быть сопоставлены для определения, имеет ли

место улучшение демпфирующих характеристик.

Испытуемые мосты были охарактеризованы по степени демпфирования пути. Результаты испытаний с помощью молота на мостах, имеющих верхнее строение пути с железобетонными и композитными шпалами, а также с железобетонными шпалами с резиновыми подкладками, и измерений реактивных ускорений в шпалах позволили сделать выводы, какой материал эффективнее способствует увеличению демпфирования конструкции.

Железобетонные шпалы с резиновыми подкладками и композитные имеют сходные демпфирующие характеристики. На участке пути, имеющем некоторое расстройство, ускорения в композитных и железобетонных шпалах с резиновыми подкладками затухали лучше, чем в железобетонных шпалах без подкладок. Сравнительные величины коэффициентов демпфирования показаны на рис. 6. Железобетонные шпалы с резиновыми подкладками имеют коэффициент демпфирования 0,15, тогда как без них — всего 0,10. Увеличение демпфирования на 50% за счет резиновых подкладок представляется значимым усовершенствованием. Рассеяние энергии от ударных нагрузок в пути на железобетонных шпалах с резиновыми подкладками происходит вдвое быстрее, чем на обычных железобетонных. Хорошие вибропоглощающие свойства особенно важны для шпал, уложенных на мостах. Минимизация вредных вибраций на уровне шпал способствует продлению срока службы балласта и мостовых конструкций.

Закключение

Применение композитных и железобетонных шпал с резиновыми подкладками представляет собой эффективный путь минимизации разности величин жесткости пути. Они хорошо работают в условиях интенсивной эксплуатации. Эти шпалы продемонстрировали полное отсутствие трещинообразования после пропуска 245 млн. т брутто поездной нагрузки, и в целом путевая структура с ними требовала меньшего объема работ по текущему содержанию. Кроме того, подтверждена их эффективность с точки зрения увеличения демпфирования в уже существующих конструкциях пути.

Проведенные исследования были сосредоточены, главным образом, на вопросах поведения путевой структуры на подходах к мостам и на мостах с ездой поверху и путем на балласте. Наблюдения и измерения имели целью документально зафиксировать характеристики и достичь правильного понимания видов расстройства пути. Результаты этой работы должны быть использованы при создании конструкции пути, эффективной в плане минимизации ее деградации на переходных участках.

Проведены также исследования (в том числе с применением компьютерного моделирования) разных конструкций стрелочных переводов и глухих пересечений с целью выработки предложений по улучшению гашения энергии удара и минимизации различий в величинах осадки в переходных зонах и под самими конструкциями.

По материалам ТТС.