

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ШАХТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

У статті розглядаються питання розробки методів і методик розрахунку рейкової колії з найбільшим приближенням до реальних умов її експлуатації.

PROSPECTS OF PLANNING OF FACILITIES OF MINE RAIL TRANSPORT

The questions of elaboration of methods and methods of calculation of rail way with most approaching to the real its external environments are examined in the article.

В настоящее время для горной промышленности наибольшее значение имеет создание средств рельсового транспорта и совершенствование транспортных систем шахт и карьеров [1].

Особо актуален рельсовый транспорт шахт и карьеров, который должен постоянно совершенствоваться применительно к потребностям производства, экономики, техники безопасности и экологии. Дальнейшее улучшение средств рельсового транспорта должно базироваться на новых научных и технических решениях, формирующихся на основе процессов взаимодействия элементов транспортных средств: взаимодействие рельсового пути и подвижного состава, нагруженность, устойчивость, напряженно-деформированное состояние и надежность составных элементов конструкции применительно к сложным условиям горного производства.

Как один из основных видов транспорта перевозки грузов в шахтах, карьерах и железных дорогах рельсовый транспорт нуждается в постоянном совершенствовании и модернизации. Решение этой комплексной задачи включает разработку эффективных методов исследования нагруженности, устойчивости движения, напряженно-деформированного состояния, надежности элементов конструкции в процессе взаимодействия рельсового пути с подвижным составом в условиях шахт и карьеров, а также практическое применение этих методов для создания и совершенствования как перспективных, так и современных рельсовых транспортных средств и систем. В связи с этим особенно важны теоретические исследования взаимодействия элементов рельсовых транспортных систем "подвижной экипаж – груз – рельсовый путь – смежные устройства", испытывающих пространственные колебания в условиях движения по горизонтальным и наклонным участкам рельсового пути шахт и карьеров. Результаты этих исследований позволят оценить нагруженность и устойчивость движения, а также определить рациональные конструктивные схемы и параметры подвижных составов различных типов. Для решения комплексной задачи совершенствования и модернизации рельсового транспорта необходимы также экспериментальные исследования характери-

стик и показателей нагруженности, прочности и надежности элементов рельсовых путей шахт и карьеров; разработка методов и способов определения рациональных параметров элементов рельсовых путей с учетом свойств и характеристик конструкции верхнего строения и основания применительно к эксплуатационным условиям шахт и карьеров; разработка рекомендаций для создания и модернизации различных средств рельсового транспорта шахт, карьеров и магистральных железных дорог.

В связи с этим необходимо ускорить совершенствование существующих и создание новых элементов средств горного рельсового транспорта, которые позволили бы выбрать рациональные параметры и сформулировать обоснование требования к элементам рельсовых путей, подвижным единицам, а также системам горизонтального и наклонного рельсового транспорта шахт и карьеров.

По данным обследования 102 угольных шахт Донецкого, Кузнецкого, Карагандинского, Печорского, Львовско-Волынского и Подмосквовного бассейнов [2] на основные производственные процессы, связанные с содержанием, ремонтом и эксплуатацией откаточных путей подземного транспорта, расходуется 10 % от общих эксплуатационных затрат горных предприятий. Установлено, что главная причина такого состояния подземного рельсового транспорта заключается в несоответствии конструкции рельсового пути и уровня его нагруженности от действия подвижного состава. Поэтому решению задач создания или эксплуатации элементов средств шахтного рельсового транспорта должны предшествовать корректные исследования взаимодействия подвижных рельсовых экипажей и рельсового пути применительно к реальным условиям эксплуатации с учетом основных факторов, оказывающих влияние на колебания, нагруженность, устойчивость и безопасность движения.

В 1950–1970 гг. были заложены научные основы физики процесса взаимодействия колеса и рельса в рудничном транспорте, а также обоснованы геометрические параметры элементов путевой структуры и рельсовых экипажей.

В первых работах по исследованию движения железнодорожных транспортных средств нормальной колеи в криволинейных участках ограничивались геометрическим и квазистатическим вписыванием. При этом учитывались условия свободного прохождения ходовой части подвижных единиц в кривых без учета заклинивания, а при квазистатическом – условия равновесия ходовых частей и рельсового пути при их взаимодействии в криволинейных участках [2].

С появлением вычислительных машин представилась возможность принимать для исследований исходные предпосылки и расчетные схемы с учетом конструктивных особенностей транспортных систем не только при квазистатическом вписывании в кривые, а и выполнять исследования собственных и вынужденных колебаний системы "рельсовый путь – подвижная единица". Такие работы были выполнены Ю.С. Роменом, В. А. Лазаряном и его многочисленными учениками, М.Ф. Вериго и А.Я. Коганом.

В.Ф. Ушкаловым и другими учеными проведен комплекс исследований колебаний рельсовых экипажей как многомассовых механических систем с различным демпфированием, ими разработаны методы определения статистических характеристик реакций систем при стационарных и нестационарных случайных воздействиях, способы оптимизации расчетных параметров и математического моделирования колебаний подвижного состава при детерминированных и случайных воздействиях со стороны пути.

Анализ исследований в области механики железнодорожного транспорта показывает, что для создания и совершенствования современных железнодорожных транспортных систем первостепенное значение имеет установление оптимальных и рациональных параметров конструкций и узлов связи, обеспечивающих высокие динамические качества подвижного состава в условиях прямолинейного и криволинейного движения. Упрощенные расчетные схемы не могут обеспечить надежную оценку влияния параметров рессорного подвешивания и структуры конструктивных схем рельсовых экипажей вследствие приближенных исходных предпосылок.

В научных исследованиях механики подземного рельсового транспорта шахт и рудников взаимодействие элементов шахтного рельсового пути и подвижных транспортных средств рассматривалось без учета влияния таких параметров рельсового пути, как масса, показатели жесткости и рассеяния энергии каждым элементом пути; неровности пути и рельсовых нитей в плане и профиле и т. д. Решение таких сложных задач с учетом пространственных колебаний элементов транспортной системы возможно благодаря развитию современных компьютерных технологий. При этом первостепенное значение имеет создание математических моделей, полно и достоверно описывающих реальные условия эксплуатации.

В настоящее время разработаны модели и методики расчета рельсового пути, исходящие из того, что напряженно-деформированное состояние основных составных частей конструкции рельсового пути определяется характером и величиной действующей нагрузки от ходовой части подвижного состава, а также конструктивными и эксплуатационными особенностями элементов путевой структуры. Учитывается взаимное влияние всех работающих элементов конструкции с учетом того, что значение сил, передаваемых от рельсов крестовин, остряков на опоры (шпалы, брусья), зависит от технической характеристики конструкции, распределительной способности элементов верхнего строения пути, расстояний между опорами, величины упругости промежуточных скреплений, подшпального основания и состояния неравноупругости этого основания под отдельными опорами.

Разработанные математические модели позволяют выполнять исследования собственных и вынужденных колебаний стационарных и переходных режимов и устойчивости движения шахтных двух – и четырехосных вагонов, секционных поездов и локомотивов узкой колеи (750 и 900 мм) с ходовой частью, имеющей свободную или жесткую насадку колес по прямолинейным и криволинейным участкам пути с вертикальными и горизонтальными неров-

ностями, а также оценить различные расчетные схемы и конструктивные решения для исследуемого шахтного подвижного состава и путевой структуры.

На основании сравнения данных исследований для различных расчетных схем подвижных единиц и путевой структуры показано, что для получения достоверных результатов можно принимать расчетные схемы, в которых учитываются основные, наиболее важные конструктивные особенности подвижного средства и его ходовых частей (включая, в первую очередь, свободную или жесткую насадку колес на осях), а также инерционные и упруго-диссипативные свойства экипажа и пути. При этом путевую структуру предпочтительно представлять в виде приведенных к каждому колесу одиночных сосредоточенных масс, прикрепленных с помощью упруго-диссипативных элементов, вместо цепочной разветвленной системы приведенных к каждому колесу сосредоточенных масс. Для этих случаев расхождение результатов исследований по показателям нагруженности составляет 4,6–5,3 %, а по показателям безопасности движения 10,6 %. В исследованиях расчетных схем со свободной и жесткой насадкой колес расхождение показателей нагруженности достигает 35–66 %, а показателей безопасности движения 35–61 %. Полученные результаты позволяют выполнить оценку точности полноценных и упрощенных методов исследований.

Исследование характерных частот собственных колебаний рассмотренных механических систем позволило установить, что на прямолинейных участках шахтного пути движение двухосных вагонеток при определенных эксплуатационных условиях может быть неустойчивым в случае жесткой насадки колес на оси колесных пар, а на криволинейных участках пути могут иметь место интенсивные колебания виляния. Движение секционных поездов и четырехосных вагонов со свободной насадкой колес и локомотивов устойчиво в эксплуатационном диапазоне скоростей.

На основании исследования вынужденных колебаний, обусловленных вертикальными и горизонтальными неровностями пути, установлено, что значительное снижение динамических показателей нагруженности и безопасности движения этих подвижных единиц имеет место при движении по неровностям небольшой протяженности длиной (1,0–3,0 м). При этом могут возникать значительные нагрузки на ходовые части подвижных единиц и элементы рельсового пути, следствием которых может быть обезгруживание колес, сход колес с рельсов, разрушение или сдвиг элементов путевой структуры.

При определенных сочетаниях значений скорости движения двух – и четырехосных вагонов, секционных поездов, локомотивов и длины горизонтальных неровностей пути может иметь место явление резонанса, обусловленное близостью частот вынужденных колебаний и частот собственных колебаний экипажей. В этом случае наблюдается критическое повышение значений вертикальных и поперечных сил нагружения исследуемых транспортных систем, которое приводит к нарушению безопасности движения, превышению допустимых значений уровня нагрузок, сопровождаемому разрушением деталей и узлов, износом и накоплением остаточных деформаций относи-

тельно ширины колеи, плана и профиля рельсовых нитей.

Увеличение ширины до 0,015–0,025 м для колеи 750 мм и до 0,020–0,035 м для колеи 900 мм приводит к существенному улучшению динамических показателей двухосных вагонеток, а для секционных поездов, в отличие от вагонеток, возможно определенное ухудшения этих показателей.

Показатели, характеризующие нагруженность и безопасность движения, существенно ниже на криволинейных, чем на прямолинейных участках пути. На динамические показатели криволинейного движения оказывают влияние, в основном, параметры неровностей пути, величина непогашенного ускорения необрессоренных частей, скорость движения, а также неустановившиеся процессы в переходных кривых.

Выводы.

Разработаны метод расчета элементов рельсового пути с наибольшим приближением к реальным условиям их эксплуатации и метод определения устойчивости подшпального основания с учетом воздействия активных и реактивных удельных нагрузок на отдельные частицы балласта или земляного полотна. При этом учитывается угол наклона рельсового пути и собственный вес действующих массивов основания.

Этот метод исследований напряженно-деформированного состояния и устойчивости элементов конструкции рельсового пути и стрелочных переводов, а также подшпального основания позволяет при создании и совершенствовании новых конструкций определить рациональные параметры элементов путевой структуры с учетом реальных условий эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Говоруха В.В. Физико-технические основы создания элементов рельсового транспорта шахт и карьеров. [Текст] - Киев: Наук. думка, 1992.- 200 с.
- 2 Говоруха В.В. Механика взаимодействия рельсового пути, подвижных транспортных средств и смежных устройств: Монография [Текст] – Дн-вск: Лира, 2006. – 448 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н М.С. Четвериком 19.08.09