

ную трубу транспортной функцией. В результате исключаются застои и заиливание, повышается пропускная способность при тех же геометрических параметрах, увеличивается рабочая протяженность дренажа, повышается «живучесть» системы, так как дренажные участки работают не последовательно, а независимо, периодически разгружаясь в нижнюю трубу.

Для случаев небольшой крутизны склонов, отсутствия больших перепадов и коротких секций (до 30 м) используется также однотрубная система. Для сбора воды с большой поверхности устраиваются дренажные сети типа «елочка», транзитные трубопроводы соединяются через колодцы в узлах. Используются корпусные, пластиковые или железобетонные колодцы либо представляющие собой цилиндрическую выемку в грунте, высланную изнутри бетонитовыми матами или толстой пленкой. После укладки труб и разделительной мембраны выемка полностью заполняется камнем. Дренажи подобного типа в виде поперечных прорезей с сечением 1×1 м устраиваются также под земляным полотном поперек в основании с шагом от 6 до 10 м и служат для сбора воды из тела насыпи и транзитного сброса верхней воды из нагорного продольного дренажа или лотка. Такая конструкция позволяет резко сократить потребности в скальном дренажном основании земляного полотна, больше использовать местные грунты.

Преимущество таких водопропускных сооружений перед трубными системами в условиях слабых грунтов, нестойких к размыву, заключается в устранении кумулятивного эффекта, т. е. водный поток дробится на множество ручейков, которые имеют малую скорость и энергию, не достаточную для размыва, к тому же распределены на большой площади. Устраивается постель из каменной наброски в зоне истечения (выхода) дренажных канав и транзитных трубопроводов.

Конструкция дренажа двухтрубной системы используется в случаях, когда протяженность дренажей превышает 40–50 м, а параллельное расположение невозможно по склоновым условиям.

В остальных случаях применяются однотрубные системы как более экономичные. В узлах соединения дренажей с целью коммутации, согласования уровней и ревизии локальных ветвей устраиваются колодцы из железобетонных колец или, в случае сильной затрудненности с доставкой и монтажом инвентарных железобетонных изделий, в виде грунтовой ямы с гидроизолирующей оболочкой.

В составе дренажной сети предусмотрены открытые канавы на бермах и склонах, дождеприемники (поглотительные дренажные траншеи) и сбросные линии. Возможен самотечный отвод воды по дренажной сети к внешним водоотводящим устройствам и далее к установленным местам сброса вод.

Прием воды в сбросную линию из открытых канав дождевой сети и закрытых дренажей осуществляется через приемные колодцы.

УДК 625.11

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ПОЕЗДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ, О. И. СЕРКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При проектировании железных дорог и последующей их реконструкции решается ряд проектных задач, необходимых для нахождения наилучшего положения трассы и очертания продольного профиля, выбора типа локомотива и веса грузового поезда, расхода топлива и электроэнергии, для установления длины путей с целью увеличения провозной способности железной дороги и другие практические задачи, которые решаются на основе тяговых расчетов.

Тяговые расчеты основаны на изучении сил, действующих на поезд, условий движения поезда под действием приложенных сил и методах решения ряда практических задач (определение веса грузового поезда при известном продольном профиле и заданном локомотиве, проверка его на трогание с места, определение скоростей движения и времени хода поезда, решение тормозных задач, определение расхода электроэнергии электровозами и топлива тепловозами, определение механической работы силы тяги локомотива и работы сил сопротивления и др.).

Кривые участки пути оказывают большое влияние на скорость движения поездов. В зависимости от скорости рассчитываются длины переходных кривых, масса состава грузового поезда, расход топлива и электроэнергии, которые учитываются при определении эксплуатационных расходов железной дороги. По кривой времени можно определить время хода грузового поезда от станции до любой точки на перегоне.

По массе состава грузового поезда подбирается тип локомотива, который будет обращаться на дороге. Для определения эксплуатационных расходов подсчитываются измерители тяговых расчетов: время хода поезда, механическая работа локомотива и работа сил сопротивления, расход топлива или электроэнергии. Эксплуатационные расходы необходимо определять для правильного принятия решений по выбору варианта железной дороги.

Особенность тяговых расчетов при проектировании железных дорог состоит в том, что в них основное внимание уделяется выбору проектного решения, в отличие от курса тяги поездов, где рассматриваются вопросы устройства, конструкции и испытания подвижного состава.

Тяговые расчеты широко используют компьютерную технику, где исходными данными служат параметры подвижного состава, продольный профиль и план линии. Результатом являются данные о скорости движения, времени хода, расходе электроэнергии или дизельного топлива, которые используются в дальнейшем при проектировании железной дороги.

Результаты тяговых расчетов широко применяются при реконструкции железных дорог, их электрификации и проектировании вторых путей, повышении скоростей движения, а также при проектировании специализированных высокоскоростных пассажирских магистралей.

Использование на железных дорогах современного подвижного состава, укладка бесстыкового пути на железобетонных шпалах, развитие передовых методов эксплуатационной работы, а также проведение теоретических исследований и опытных испытаний локомотивов и вагонов приводят к необходимости периодического обновления расчетных норм. «Тяговые расчеты при проектировании железных дорог» изложены в соответствии с Международной системой физических единиц СИ и строительными нормами проектирования железных дорог колеи 1520 мм СТН.

Если в тяговых расчетах принять модель поезда как систему твердых тел (вагоны), соединенных упругими связями (автосцепка), то вычисления получаются достаточно сложными и громоздкими. Однако для разработки норм проектирования продольного профиля по условиям плавности и безопасности движения поездов принята именно такая модель поезда. При проектировании железных дорог для упрощения расчетов рекомендована следующая модель: поезд рассматривается как материальная точка, расположенная в его середине, масса которой равна массе поезда. Такая модель гарантирует достаточную точность расчетов и позволяет упростить вычислительную процедуру. Однако развитие информационных технологий на транспорте требует не расширения информационной среды, а повышения её интеллектуального уровня. Проектирование переустройства железнодорожных станций должно осуществляться на основе их цифровой модели. При необходимости может выполняться дополнительная топографо-геодезическая съёмка территории, сведения о которой отсутствуют в базе данных, вследствие её неполноты. После завершения проектирования возможна обратная загрузка цифровой модели станции проектом переустройства. К перспективам цифровой модели путевого развития относится создание базы данных электронных паспортов подъездных путей необщего пользования.

Цифровая модель описывает поезд не как материальную точку, к которой прилагаются силы, а как тело, обладающее фиксированной массой. Пространственная интерпретация поезда – динамический сплайн фиксированной длины. Под сплайном обычно понимается кусочно-заданная функция, совпадающая с функциями более простой природы на каждом элементе разбиения своей области определения. Динамичность сплайна означает, что в любой момент времени для сплайна существует система уравнений, описывающая размещение в пространстве поезда. Графически сплайн – кривая фиксированной длины. Динамический сплайн – «извивающийся червяк».

Бионический подход достаточно широко используется в современной науке, в том числе и при отыскании аналогов в природе. Достаточно привести в качестве примеров летательные аппараты и принципы их конструкций. Сходство поезда с кольцевым червем достаточно велико – он меняет свою длину в процессе движения.

Движение кольцевого червя в толще почвы иной природы, значительно более сложной. Каждое из его колец постоянно меняет свою геометрию, в то время как изменение длины вагона по осям автосцепок обеспечивается наличием полостей в конструкции поглощающих аппаратов. Более того, при прохождении червем плотных участков он регулирует плотность своих колец посредством перемещения физиологической жидкости между ними. Очевидно, что в чистом виде нет необходимо-

сти использования модели движения кольцевого червя для описания движения поезда. Достаточно существенно упрощённого аналога.

В качестве другого аналога можно использовать движение цепи по направляющей. Отличие таких моделей в том, что направляющая (железнодорожный путь) постоянно меняет свою конфигурацию, т. е. модели, описывающие цепную передачу, не пригодны. Более того, наличие собственной системы управления у поезда ставит его значительно ближе к «живым» объектам. В качестве ещё одного ограничения выступает путь. Если червь в любой момент времени может двигаться в произвольном направлении, при этом лишь незначительная часть пространства, занятая его телом, исключает достаточно малый сегмент направлений (нельзя двигаться внутрь себя), то поезд всегда движется по направляющей, размещение которой в пространстве жёстко регламентировано.

Предлагается при описании поезда представлять его как цепь переменной длины, обладающую системой управления режимами движения, следующую по направляющей, на которую наложены внешние ограничения переменного характера. Под последними понимаются воздействия систем тягового электроснабжения и диспетчерского управления, погодные условия, перемещения динамических объектов в пространстве габарита подвижного состава на пути следования поезда и др. Звенья цепи – вагоны.

Подбор сплайна не зависит от поведения поезда. Положения головной и хвостовых меток транспондера определяют привязку поезда к цифровой модели пути. С неё снимается, на каких элементах в плане и профиле находится состав поезда. Например, одна часть поезда проходит круговую кривую известного радиуса на спуске, другая находится на переходной кривой, расположенной на площадке, а третья часть находится на прямой и на подъёме. В таком случае сплайн будет содержать три функции – по одной для каждого из участков. Число сплайнов в модели определяет точность цифровой модели пути.

В цифровой модели путь описывается как линия, что соответствует пространственному размещению оси пути на уровне головок рельсов. Если следовать логике описания движения цепи по направляющей, то движение поезда должно описываться не одним сплайном, а целым семейством. В пространственной интерпретации это напоминает пучок нитей.

Поле исследования расчетной модели поезда достаточно широко. Его можно выполнять в рамках учебно-исследовательской работы (УИРС) или в научно-исследовательском кружке при кафедре с последующим докладом на студенческой научной конференции и использованием разработанных материалов в дипломном проектировании.

УДК 693.542.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Ю. ДОРОШЕНКО

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

Основными направлениями технического прогресса в технологии бетонных работ является ускорение твердения бетона, повышения оборачиваемости форм и опалубки, уменьшение энергозатрат, повышение долговечности конструкций, уменьшения расхода цемента.

При использовании цементного бетона при строительстве дорог решается ряд вопросов, связанных с технологией бетонирования и эксплуатацией затвердевшего бетона. Среди них обеспечение заданной подвижности бетонной смеси, достаточной прочности бетона в ранние сроки твердения, марочной прочности на сжатие и изгиб и необходимых эксплуатационных показателей.

Повышения и улучшения основных физико-механических показателей цементного бетона можно достичь путем модификации цементного бетона за счет применения химических добавок при приготовлении цементно-бетонной смеси [1]. Использование химических добавок может быть не совсем целесообразным вследствие повышения стоимости цементного бетона. Поэтому становится