



Проектирование высокоскоростных совмещённых автомобильных и железных дорог



Пётр ДЫДЫШКО
Petr I. DYDYSHKO

Эмма КУЗАХМЕТОВА
Emma K. KUZAKHMETOVA



Дыдышко Пётр Иванович — доктор технических наук, главный научный сотрудник АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия.

Кузахметова Эмма Константиновна — доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Design of High-Speed Combined Motor Roads and Railways

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 157)

В статье рассматриваются проблемы строительства в стране высокоскоростных совмещённых автомобильных и железных дорог. Проектирование таких объектов требует особого внимания, поскольку сам объект представляет собой сложнейшую транспортную систему, каждый элемент которой предполагает повышенную эксплуатационную надёжность. Поэтому при проектировании совмещённых дорог нужен полный учёт природных и техногенных воздействий на инженерные сооружения. На основе проведённых исследований даются рекомендации по методологии проектирования и инженерно-геологических изысканий, ставится вопрос о необходимости обновления сопутствующей нормативной базы.

Ключевые слова: высокоскоростные совмещённые дороги, инженерно-геологические изыскания, проектирование, строительство, автотрасса, железная дорога, транспортная система.

К числу прогрессивных направлений в области транспортного строительства относятся высокоскоростные и скоростные железные и автомобильные дороги. Скорость движения подвижного состава на высокоскоростных железных дорогах должна составлять 200–400 км/ч, на автомобильных — более 150 км/ч.

В последние годы появился опыт строительства совмещённых автомобильных и железных дорог. С целью улучшения инфраструктуры в ряде случаев экономически и технически это целесообразнее их раздельного существования. К примеру, скоростная совмещённая автомобильная и железная дорога Адлер—«Альпика-Сервис» (пос. Красная Поляна), которая была основной транспортной артерией Олимпиады-2014. Проектировщики учли особенности природного ландшафта и проложили железную и автомобильную дороги параллельно. Пропускная способность рельсовой линии — 6 пар поездов в час со скоростью движения до 160 км/ч. Пропускная способность автомобильной трассы — 11000 авт./сут. со скоростью движения до 100 км/ч.

Намечается совмещение высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва—Казань с платной автотрассой М7. Федеральная М7 — это автомобильная дорога Москва—Владимир—Нижний Новгород—Казань—Уфа. Её протяжённость 1351 км. Руководство ОАО «Скоростные магистрали» считает целесообразным совмещение этих дорог.

* * *

Совмещённая автомобильная и железная дорога (скоростная или высокоскоростная) — сложнейшая транспортная система. Недоучёт условий одной её составляющей при проектировании конструкции может привести к нарушению работоспособности всей системы. Поэтому важно комплексное изучение степени влияния природного и техногенного воздействия на поведение сооружений [3, 4, 7]. С этой целью необходимо, как минимум, следующее:

- оценить зону опасных геологических процессов для автомобильной и железной дорог;
- установить уязвимые места влияния техногенного воздействия;
- определить участки типового и индивидуального проектирования автомобильной дороги;
- определить участки групповых решений и индивидуального проектирования железной дороги;
- наметить места размещения системы мониторинга за динамикой развития как природных, так и техногенных процессов.

Состав и объём инженерных изысканий должен назначаться с учётом действующих нормативных документов для автомобильных и железных дорог. Вместе с тем научные исследования в этом направлении и практический опыт строительства совмещённых дорог (скоростных и высокоскоростных) могут вносить соответствующие корректировки.

Проведённые АО «ВНИИЖТ» исследования позволяют дать определённые рекомендации. При выполнении инженерно-геологических изысканий железных дорог в несложных условиях и средней сложности глубину выработок (скважин) следует назначать не менее чем на

4 м ниже расчётной глубины промерзания земляного полотна. Грунтовое основание под насыпью должно быть пройдено выработками на глубину не менее 6 м. На каждом поперечнике скважины следует назначать на оси путей и в средней части откосов.

Для повышения точности и информативности изысканий необходимо использовать георадиолокационное зондирование (к примеру, георадар «Лоза») и электроконтактное динамическое зондирование.

Вид и конструкцию земляного полотна высокоскоростных железнодорожных и автомобильных дорог назначают при технико-экономическом обосновании их трассы на основе анализа состояния объектов в аналогичных условиях, изучения геоморфологических и климатических условий, ландшафтной характеристики местности, природных процессов и явлений и других параметров. Эти показатели уточняют в процессе проектирования после проведения инженерных изысканий. При проектировании следует обеспечивать несущую способность грунтов и устойчивость земляного полотна железных дорог с учётом вибродинамического воздействия поездов, автомобильных дорог — с учётом динамического воздействия от автотранспорта [5].

Земляное полотно должно сохранять стабильность верхнего строения железнодорожного пути и работоспособность дорожной одежды автомобильной дороги с целью реализации заданного объёма перевозок с расчётной скоростью движения при минимальных дисконтируемых суммах строительных и эксплуатационных затрат, максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе природной среде. При этом надо учитывать сложные условия эксплуатации железной дороги и индивидуальные особенности пользователей автомобильной дороги.

Основные технические характеристики автомагистрали при совмещении дорог должны быть приняты примерно следующие: количество полос — не менее 4-х; ширина полосы движения — 3,75 м; разделительная полоса — 6 м; пересечения в разных уровнях; проектная ско-



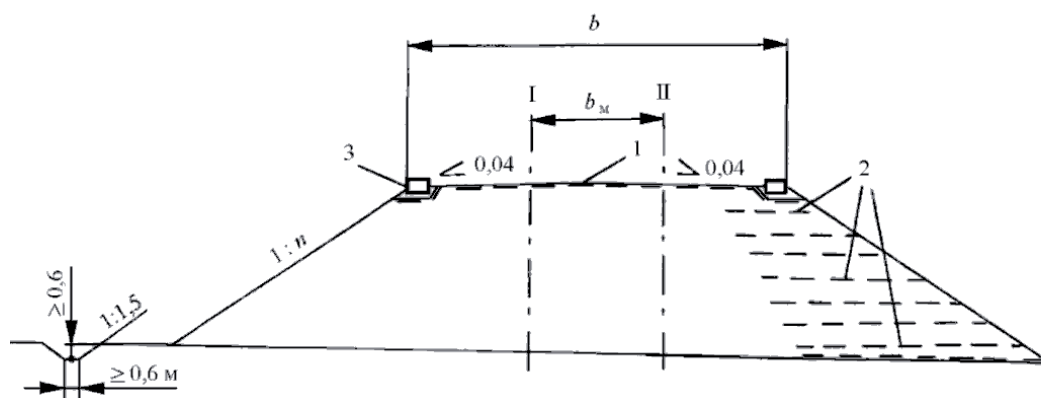


Рис. 1. Поперечный профиль насыпи из дренирующих грунтов на прочном основании:
 1 – нетканый материал и геосетка из базальтоволокна на основной площадке;
 2 – геосетка из базальтоволокна в насыпи; 3 – лоток для кабелей.

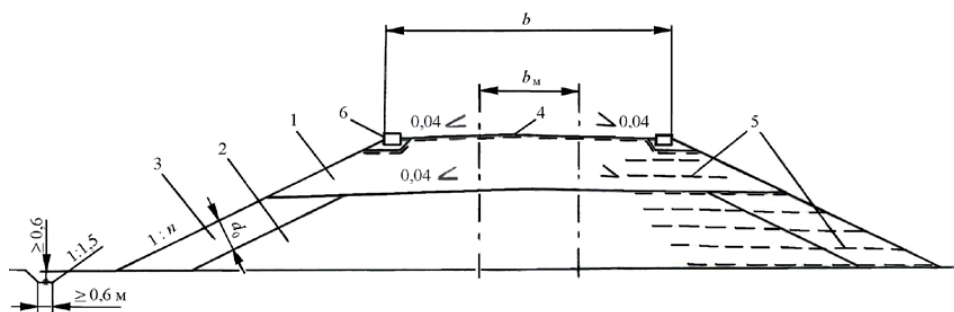


Рис. 2. Поперечный профиль насыпи из глинистых грунтов на прочном основании: 1 – защитный слой;
 2 – глинистые грунты; 3 – дренирующие грунты в откосной части; 4 – нетканый материал и геосетка из базальтоволокна на основной площадке; 5 – геосетка из базальтоволокна в насыпи; 6 – лоток для кабелей.

рость — не менее 150 км/ч; нагрузка на наиболее нагруженную ось — 11,5 тс; интенсивность движения более — 7000 авт./сут.

Требования к составу и состоянию грунтов принимаются те же, что даны в СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [7]. Коэффициент уплотнения грунта в рабочем слое земляного полотна должен быть принят 1–0,98. Те же требования, что и в СП 34.13330.2012, остаются для водоотводных сооружений. Водопропускные сооружения для отвода грунтовых вод, возможно, будет целесообразно предусматривать общие для автомобильной и железной дорог по специально разработанной методике.

Случаи типового и индивидуального проектирования автомобильных дорог должны быть взяты из СП 34.13330.2012. Методики проектирования могут использоваться, кроме того, из ГОСТ 33149–2014 «Дороги автомобильные общего

пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях» [1]. В дополнение к ним стоит учесть последние научные разработки по оценке активной зоны сжатия, введению оценочных критериев начала сжатия грунтов в основании и фильтрации поровой воды.

Случаи использования групповых решений при проектировании железных дорог в сложных условиях и методики проектирования могут быть приняты из СП 119.13330.2012 «Железные дороги колеи 1520 мм» [8]. В дополнение к ним должны быть учтены заключения специалистов АО «ВНИИЖТ» по назначению конструкции земляного полотна железной дороги, требованиям к грунтам и материалам, по устройству защитного слоя, эффективность применения которых подтверждена отечественным и зарубежным опытом. Основные из них заключаются в следующем.

При проектировании земляного полотна высокоскоростных железнодорож-

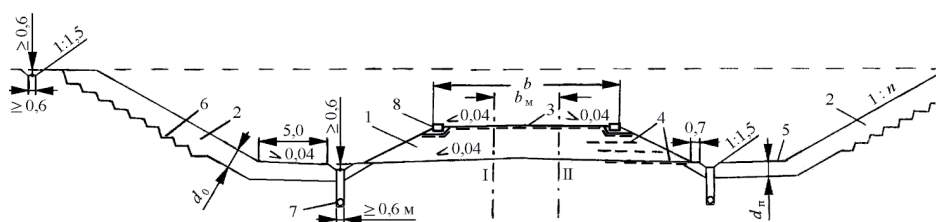


Рис. 3. Поперечный профиль выемки глубиной более 4 м в глинистых грунтах на прочном основании:
 1 – защитный слой; 2 – дренирующие грунты; 3 – нетканый материал и геосетка из базальтоволокна на основной площадке; 4 – геосетка из базальтоволокна в защитном слое; 5 – заковетная полка; 6 – уступы в глинистом грунте откоса; 7 – подковветный дренаж; 8 – лоток для кабелей.

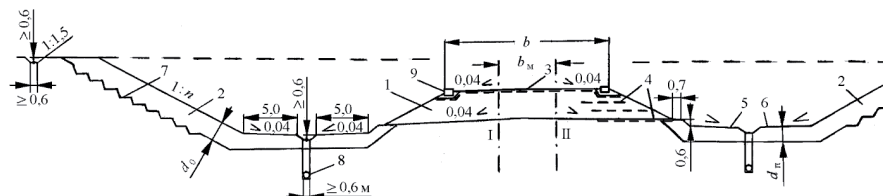


Рис. 4. Поперечный профиль выемки глубиной до 4 м в глинистых грунтах при её разработке под насыпь:
 1 – защитный слой; 2 – дренирующие грунты; 3 – нетканый материал и геосетка из базальтоволокна на основной площадке; 4 – геосетка из базальтоволокна в защитном слое; 5 – предковветная полка; 6 – заковетная полка; 7 – уступы в глинистом грунте откоса; 8 – подковветный дренаж; 9 – лоток для кабелей.

ных линий в расчётах следует принимать нагрузку от подвижного состава равной 294 кН (30 тс) на ось четырёхосного грузового вагона.

При высоте насыпей более 9 м и насыпей на болотах глубиной более 7 м следует предусматривать взамен насыпи эстакаду, а взамен выемок глубиной более 9 м – устройство тоннелей.

Отсыпку насыпи на болотах глубиной до 7 м, а также на сыром и мокром основании, устанавливаемом по степени увлажнения, следует проектировать из дренирующих грунтов с заменой грунтов в основании на эти грунты.

К дренирующим по условиям работы земляного полотна следует относить несвязные грунты, имеющие при максимальной плотности по стандартному уплотнению коэффициент фильтрации не менее 3,0 м/сут и содержание в гранулометрическом составе не более 10 % частиц размером менее 0,1 мм.

Насыпи высотой до 9 м включительно и выемки глубиной до 9 м и менее следует проектировать по групповым решениям.

Ширина земляного полотна поверху (основной площадки) должна быть $b = 15,5$ м, ширина междупутья – $b_m =$

5,5 м. Поверхности основной площадки необходимо придавать двусторонний уклон 0,04 от середины междупутья в сторону бровок земляного полотна.

Крутизну откосов насыпей следует принимать от 1:1,5 до 1:2 в зависимости от вида и состояния грунтов.

В верхней части земляного полотна из всех видов глинистых грунтов, а также на нулевых местах и в выемках, сложенных мелкими и пылеватыми песками, легковыветривающимися и выветривающимися скальными грунтами, необходимо предусматривать устройство защитного слоя. Этот слой устраивают на 0,5 м ниже максимальной прогнозируемой глубины промерзания-оттаивания толщиной не менее 2,5 м.

В защитном слое следует применять дренирующие грунты. При использовании песков в верхней части защитного слоя (на основной площадке) и на его откосах за исключением их нижней части высотой 0,8 м назначают укрепление этих песков. Крутизну откосов принимают равной 1:2. Стоит обратить внимание на то, что глинистые грунты под защитным слоем в выемках, на нулевых местах и насыпях также подлежат укреплению. Для



этого разработан и экспериментально испытан состав смеси [2]. Укрепляемые слои должны содержать смесь из 70 % песка среднего и 30 % суглинка, характеризованного влажностью на границе текучести $w_L = 0,28$. Эту смесь в слое толщиной 0,4 м укрепляют жидкими и порошковыми добавками полифилизаторов соответственно в количестве 1,4 л/м³ и 60 кг/м³. Поверхности укрепленного грунта под каждым путем необходимо придавать уклон 0,04 в полевую сторону.

На основной площадке следует укладывать покрытие из нетканого материала массой не менее 500 г/м² поверх геосетки из базальтоволокна массой не менее 1000 г/м².

В защитном слое насыпи на всю ширину укладывают геосетку из базальтоволокна указанной массой через 1 м их высоты (рис. 1, 2).

Выемки глубиной более 4 м в глинистых грунтах, лессах, крупнообломочных грунтах с глинистым заполнителем, мелких и пылеватых песках рекомендуется проектировать с закуветными полками шириной 6 м (рис. 3).

Нулевые места и выемки глубиной до 4 м в глинистых грунтах следует разрабатывать под насыпь (рис. 4).

В откосных частях насыпи из глинистых грунтов нужно предусматривать устройство слоя из дренирующих грунтов (рис. 4). Толщина слоя этих грунтов должна составлять $d_o = 0,6 Z_{np-om}^{pd}$, где Z_{np-om}^{pd} — расчётная глубина промерзания-оттаивания земляного полотна, сложенного дренирующими грунтами (по оси пути).

В откосных частях выемок, сложенных глинистыми грунтами и песками, предусматривается устройство слоя из дренирующих грунтов толщиной $d_o = 0,6 Z_{np-om}^{pd}$ (см. рис. 3, 4).

Для обеспечения работоспособности земляного полотна необходимо грунты послойно уплотнять до коэффициента уплотнения 1,03.

Все перечисленные предложения, касающиеся особенностей проектирования

совмещённых автомобильных и железных дорог (скоростных и высокоскоростных), несомненно, должны быть учтены при создании соответствующих нормативных документов. В многочисленных выступлениях ученых, специалистов, ведущих проектировщиков, руководителей федеральных территориальных управлений автомобильных дорог говорится об отсутствии таких документов.

В создании нормативной базы по проектированию и строительству высокоскоростных дорог Россия отстаёт от всего мира. Именно поэтому нужен качественный рывок в этом направлении. Требуется найти оптимальный путь включения предлагаемых рекомендаций в разрабатываемые сегодня как ОАО «Скоростные магистрали», так и Национальным объединением проектировщиков специальные технические условия и своды правил. При этом надо, не откладывая, организовать профессиональное обсуждение затронутых вопросов, в том числе с привлечением независимых экспертов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 33149–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях».
2. Дыдышко П. И., Воронина Н. Е., Суханов К. Н. и др. Укрепление основания безбалластного пути // Путь и путевое хозяйство. — 2015. — № 3. — С. 23–27.
3. Кузахметова Э. К. Усовершенствование методологии прогноза осадки системы «сооружение-слабое основание» // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2011. — № 6. — С. 16–21.
4. Кузахметова Э. К. Инновационный подход к индивидуальному проектированию инженерных сооружений в сложных природных условиях // Путь и путевое хозяйство. — 2010. — № 11. — С. 26–30.
5. Кузахметова Э. К. Современные способы оценки состояния грунтов земляного полотна высокоскоростных дорог неразрушающими методами // Безопасность движения поездов: Сб. материалов XVI научно-практ. конференции. — М.: МИИТ, 2015. — С. 56–58.
6. Кузахметова Э. К., Григоренко Н. И. Поднятие научного уровня технического сопровождения проектирования, строительства и реконструкции инженерных сооружений // Евразийский союз ученых. — 2016. — № 2–4 (23). — С. 64–65.
7. СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*.
8. СП 119.13330.2012. «Железные дороги колеи 1520 мм». Актуализированная редакция СНиП 32–01–95. ●

Координаты авторов: **Дыдышко П. И.** — otdputi@mail.ru, **Кузахметова Э. К.** — mkonst39@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.10.2016, принята к публикации 17.01.2017.