

Успешное строительство высокоскоростных магистралей: геотехническая составляющая



В. М. Улицкий,
д-р техн. наук, профессор,
председатель ТК-207
«Взаимодействие оснований
и сооружений» ISSMGE,
член президиума
(РОМГТиФ), заведующий
кафедрой «Основания
и фундаменты»
Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I



А. Г. Шашкин,
д-р геол.-минерал. наук,
член ISSMGE,
член Президиума РОМГТиФ,
генеральный
директор ООО
«ПИ Геореконструкция»

В статье рассматриваются проблемы современного транспортного строительства: недостаточно продуманные законодательные положения, необходимость исследования грунтов для достоверных расчетов, обязательных при возведении каждого объекта, ответственность за результаты принятых проектов.

Сегодня проектировщики и строители высокоскоростных магистралей (ВСМ) сталкиваются с рядом острых технических и социальных проблем. При переходе на скоростное движение, железнодорожное или автомобильное, приходится учитывать сложные инженерно-геологические условия нашей необъятной страны (карст, слабые заторфованные, набухающие и просадочные грунты, сейсмику, многолетнемерзлые и сезонно промерзающие толщи, трещиноватые и неустойчивые скальные породы и пр.), которые мы должны осмысливать заново, с учетом новых жестких требований. А требования эти для высокоскоростных дорог в десять раз строже, чем для гражданского строительства: при движении со скоростью 300–400 км/ч осадка железнодорожного полотна не должна превышать полутора сантиметров!

До сих пор не сделана «работа над ошибками». Нет полного анализа аварийных последствий строительства железных дорог в северных регионах России, когда не была учтена специфика фактических грунтовых условий. Не разработаны нормативные требования по специфике инженерных изысканий и испытаниям грунтов для скоростных магистралей. Наконец, в последние годы в навязываемых вузам программах образования бездумно сокращается время на изучение дисциплин геотехнического и инженерно-геологического цикла.

Сегодня в гражданском строительстве актуализируются и совершенствуются строительные правила и стандарты, расширяются требования к лабораторным и полевым исследованиям грунтов. Такой подход предписывается введен-

ным в 2010 г. Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений (384-ФЗ). Закон содержит требования по обеспечению механической безопасности всех строительных систем без исключения. Кроме того, закон даже не рекомендует, а требует выполнять «математическое» численное моделирование принятых к реализации строительных систем.

В силу этого готовящийся свод правил (СП) «Земляное полотно высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства» актуален и необходим. По нашему мнению, т. е. по мнению геотехников, сегодня такой СП должен быть основополагающим документом для успешного проектирования объектов в любых грунтовых условиях. Он должен включать в себя комплекс расчетов, численного моделирования всех возможных случаев взаимодействия грунтовых напластований и принимаемых строительных конструкций. Считаем, что в новом СП должен быть учтен как положительный, так и отрицательный опыт предшествующего строительства. В силу этого нам представляется, что во вновь создаваемом документе по-новому должны рассматриваться объем, состав и содержание инженерных изысканий с использованием современных методов исследования грунтов основания и последующего проектирования. Достоверно определенные характеристики грунтов должны стать основой для совместных расчетов системы сооружение – основание. Без этого подхода нормы и правила могут оказаться уязвимыми по многим параметрам. Так, в проекте СП «Земляное полотно высокоскоростных железнодорожных линий» в разделе «Основные положения проектирова-



Рис. 1. Участки «мертвой» дороги Салехард – Игарка

ния» (см. п. 10.1 СП) предлагается деление на «индивидуальные» и « типовые» решения по земляному полотну. «Типовые» решения не требуют дополнительного обоснования расчетами даже при декларируемых сверхстрогих требованиях по допустимым осадкам. Одно это обстоятельство включает неопределенность в проектирование пути для скоростного движения и представляет угрозу безопасности.

В тексте приводятся градации, по которым, например, насыпь высотой менее 12 м на косогоре любой высоты с уклоном менее 1:3 на любых не скальных грунтах не нуждается ни в каком расчетном обосновании (см. п. 10.2 СП). В результате проектировщик не отвечает за результаты принятых проектных решений, поскольку в нормах прописано, что в целом ряде случаев нужно взять « типовое» решение, а проектировать и проверять расчетами ничего не нужно. Фактически ответственность за возможные аварии ложится на авторов норм, которые по законодательству не являются участниками проектирования. Такой подход разрушает принятую в нашей стране систему ответственности, что совершенно недопустимо для такого ответственного объекта, как ВСМ. Подход к проектированию нуждается в коренной переработке с учетом новых законодательных требований по безопасности. Все проектирование должно выполняться индивидуально, типизацию решений должен выполнять проектировщик под собственную ответственность. Нам представляется, что в современных нормативах по строительству скоростных магистралей должен

быть четко определен принципиальный ответ на вопрос «что делать?», а вопрос «как делать?» должны решать проектировщики. В этом случае профессионально не подготовленные участники создания путей для сверхскоростных линий будут автоматически отсеиваться или им придется повышать проектную квалификацию.

Любые нормативные документы, которые готовятся и планируются для проектирования высокоскоростных железнодорожных линий, тем более разрабатываемых инновационных сверхскоростных (системы маглев), должны базироваться на надежном основании. Только тогда деформации (максимальные осадки) новых систем не будут превышать 15 мм, удовлетворяя требованиям разработчиков подвижного сверхскоростного состава. В ряде случаев — для насыпей, для просадочных и пучинистых грунтов, не говоря о многолетнемерзлых толщах — невозможно добиться таких сверхмалых осадков без применения специальных мер по ста-

билизации грунтов. И это относится к любым известным нам грунтам, кроме скальных либо многолетнемерзлых при надежном сохранении прочностных свойств последних с учетом прогнозируемого потепления климата, что должно достоверно прогнозироваться моделированием температурно-влажностного режима.

Старые подходы, взятые из ранее применяемых норм, становятся опасными для скоростного и сверхскоростного движения. Требование расчетов по двум группам предельных состояний — а это основной принцип современных мировых норм — остается в силе и для железнодорожного строительства. Недопустимо путать понятия прочности и деформативности пути, как это наблюдается в проекте новых норм. В результате непрогнозируемые неравномерные осадки приведут к ограничению планируемой высокой скорости и скомпрометируют идею вследствие слабой изученности свойств грунтов оснований. Высказываемое в ряде пу-



Рис. 2. Железнодорожный путь на участке 1373–1374 км ВСЖД в районе станции Казанкан с охлаждающей системой из каменной наброски и двух рядов вертикальных металлических труб с керосином (фото Е. А. Козыревой, сентябрь 2003 г.)

бликаций мнение, что лишь малая толща грунтов земляного полотна включается в зону напряжений, статических и динамических, можно оценить как глубокое заблуждение. Опыт и наблюдения свидетельствуют, что это далеко не так. Известны примеры неудачных решений, когда мерзлые грунты считались прочными. Чтобы реализовать их прочностной резерв, необходимо выполнить надежную теплоизоляцию вечномерзлого грунта либо использовать систему искусственного и естественного охлаждения [1–5].

На рис. 1 видны последствия таких неудачных решений на дороге Салехард – Игарка, где строительство велось в предвоенные и военные годы. Фактически был потерян участок дороги более 1500 км, важный для освоения Севера.

К сожалению, неудачные решения принимаются и в последние годы. На рис. 2 показан реальный участок дороги, где система искусственного промораживания привела к поднятию грунта силами морозного пучения, а соседний участок получил естественную осадку вследствие оттаивания грунта.

В последние годы геотехники ПГУПС совместно с сотрудниками специализированных фирм, связанных с университетом, участвовали в ряде международных конференций по темам «Геотехника на транспортном строительстве» и «Совместные расчеты строительных систем» (Санкт-Петербург, 2013 г.; Пекин, 2015 г.; Дели, 2010; Пуна, 2015 г.; Харбин, 2010, 2016 гг.). Было проведено несколько международных семинаров на кафедре «Основания и фундаменты» ПГУПС, где приглашенные специалисты читали лекции по исследованию грунтов совре-

менными полевыми методами для достоверных расчетов любых строительных систем, включая транспортные. Это были профессора В. Ван Импе (Бельгия), К. Бранль (Австрия), Ж.-Л. Брию (США), Мао Цай (Китай), К. Хэберфильд (Австралия), С. Маркетти (Италия), Р. Катценбах (Германия) и другие.

Учитывая накопленный отечественный и мировой опыт грунтовых исследований, можно ответить на указанные в начале этой статьи вопросы. Авторы не вправе ставить исконно русский вопрос «кто виноват?». Мы постараемся ответить на вопрос «что делать?» в силу своего понимания его важности для успешного скоростного движения.

1. Необходимо резко повысить уровень подготовки транспортных строителей, используя, в частности, успешный дореволюционный опыт создания специальных групп с повышенной подготовкой по инженерной геологии, грунтоведению, включая мерзлотоведение, гидрогеологию, минералогии. Эти дисциплины читали приглашенные профессора из Горного института и Санкт-Петербургского государственного университета. Да и ПГУПС длительное время имел кафедру инженерных изысканий, руководимую известным в мире путейцем профессором Б. М. Гуменским.

2. Дать полный анализ аварийных ситуаций, имевших место при строительстве транспортных магистралей, и на этой основе внести коррективы в нормативы для проектирования и устройства железных дорог, в частности, на Крайнем Севере – одном из наиболее сложных регионов в мировой строительной практике.

3. Предложить для железнодорожного строительства в сложных грунтовых условиях обязательное научное сопровождение. Шире использовать разработанные и верифицированные на отдельных объектах Севера (дороги Сибири, северные порты) отечественные программные комплексы, например расчетный модуль «Termoground» программы «FEM models», возможности которой сегодня превышают возможности западных аналогов. Этот комплекс разработан профессорами ПГУПС и Хабаровского технического государственного университета, а также группой специалистов компании «Геореконструкция», работающих совместно с ПГУПС по транспортной тематике.

4. Переход на высокую скорость на транспорте должен подкрепляться новыми строительными правилами. Их основой должен стать закон о безопасности зданий и сооружений (384-ФЗ), требующий расчетного численного моделирования каждой конкретной ситуации. В скоростном транспортном строительстве, как и в строительстве любых линейных сооружений, нет единых типовых решений, как нет единых типовых грунтов, свободных от расчетов по предельным состояниям.

5. В последние годы активно создаются новые СП по транспортному высокоскоростному движению. По мнению авторов статьи, в них не в полной мере учитывается специфика обеспечения безопасности по грунтовым условиям. В качестве свежего примера можно привести доклады на международной конференции по формированию новых магнитолевитационных транспортных систем и технологий (ПГУПС, 2016 г.). Мы убеждены, что в указанные документы (помимо названных) должны войти новые требования к проектированию земляного полотна. Вследствие гибкости таких систем они полностью будут зависеть от деформаций грунтового основания.

Надо констатировать, что успех дорожного строительства сегодня находится полностью во власти геотехники, т. е. поведения грунтов основания. И подготовка новых СП, тем более для сверхскоростной системы маглев, без специалистов в области механики грунтов и совместных расчетов не станет катализатором строительства ВСМ. Наш долг предупредить об этом коллег на стадии становления новых прорывных идей. Для решения проблем безопас-



Рис. 3. Самый длинный мост (эстакада) «Масао», выполненный фирмой «Бауэр»

ности необходимы совместные расчеты основания и линейного сооружения.

Особое значение для строительства ВСМ приобретают эстакады, а также популярные в гражданском строительстве плитно-свайные фундаменты, для которых геотехнические расчеты особенно актуальны. Плитно-свайные фундаменты представляют собой железобетонную плиту на сваях, своего рода «низкие эстакады» без мостовых пролетов. Использование эстакад может решить проблему стабилизации грунтов, рационального и экономически целесообразного использования свай. Например, при строительстве моста-эстакады «Масао» (рис. 3) были использованы результаты комплексных изысканий и исследований свойств грунта, применены сваи рекордной длины (до 120 м при диаметре 2,3 м).

При использовании эстакад достигаются известные в мире положительные эффекты:

1) решаются экологические проблемы на вечномёрзлых грунтах, когда дорога не становится «нарушителем» природы;

2) прокладка дорог на эстакаде обеспечивает сохранность водных регионов, питающих реки, для которых многочисленные болота служат природным источником чистых вод, что очень важно для многих регионов России;

3) эстакады можно соорудить индустриально, используя предварительно напряженные железобетонные конструкции и современные композиционные материалы; применение больших пролетов успешно зарекомендовало себя на транспортном переходе в Крым.

Современные расчетные методы позволяют достоверно оценивать эффективность проектных решений, находить варианты, обеспечивающие минимальные, близкие к нулю осадки. Численное моделирование линейного сооружения совместно с грунтами способно дать достоверный ответ о величине осадок на любых, в частности на структурно-неустойчивых и многолетнемерзлых, грунтах, в климатических и гидрогеологических условиях любого региона мира. Несомненно, необходимо использовать современные, отработанные и проверенные тестовыми примерами

расчетные программы и накопленный мировой практикой опыт. ■

Литература

1. Улицкий В. М., Сахаров И. И., Паранов В. Н. и др. Расчет системы «Основание – сооружение» при промерзании и оттаивании грунтов с помощью программы «TERMOGROUND» // ОФМГ. 2015. № 5. С. 3–7.
2. Кудрявцев С. А., Сахаров И. И., Паранов В. Н. Промерзание и оттаивание грунтов: практические примеры и конечноэлементные расчеты / ГК «Геореконструкция». СПб., 2014. 248 с.
3. Роман Л. Т. Механика мерзлых грунтов. М.: Наука Интерпериодика, 2002. 426 с.
4. Бондарев П. Д. Осадка при оттаивании льдистых грунтов поймы р. Оби в районе Салехарда // Тр. Ин-та мерзлотоведения. Т. 19. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 70–82.
5. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

ЭкспоСитиТранс 2016

ВАШ БИЛЕТ В МУЛЬТИМОДАЛЬНОЕ БУДУЩЕЕ www.expcitytrans.com

29 НОЯБРЯ
1 ДЕКАБРЯ 2016 ГОДА
Москва, ВДНХ, 75 павильон

IV | **Международная конференция и выставка**

Организаторы:

При поддержке:

Оператор: