



➤ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В последнее время в условиях пандемии всё чаще звучит мнение, что в кризисные моменты необходимо осуществлять глобальные проекты по строительству. В частности, этой концепции придерживается вице-премьер Марат Хуснуллин, который заявляет о необходимости ускорить реализацию крупных инфраструктурных проектов, выражая уверенность, что это обеспечит развитие других отраслей экономики. Премьер-министр Михаил Мишустин поддерживает идею продолжения строительства масштабных объектов: автомобильных и железных дорог, портовых и аэродромных комплексов. Основной посыл – сокращение сроков строительства.

Из транспортных объектов приоритетными являются:

- автодорога Европа – Западный Китай;
- обходы, кольцевые дороги и выезды из крупных городов (Москва, Барнаул, Уфа, Тюмень и др.);
- Северный железнодорожный широтный ход (Надым – Салехард – Лабитнанги);
- высокоскоростные магистрали по разным направлениям;
- строительство и развитие метрополитена крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Волгоград, Самара и др.);

- крупные мостовые переходы (о. Сахалин, р. Лена, Обь и др.);
- морские порты, аэродромы и многое другое.

В условиях замедления экономики строительство таких крупных объектов инфраструктуры окажет благотворное влияние на развитие многих регионов России. Помимо глобальных, немало проблем накопилось и в каждом регионе. Небольшие населенные пункты также нуждаются в инфраструктурном развитии на своем уровне. Пандемия изменила требования к компоновке спальных районов: специалисты по урбанистике говорят о необходимости расположения в зоне шаговой доступности не только школ и магазинов, но и центров бытовых услуг, развлекательных и торговых центров и других объектов, а главное офисов, куда человек, работающий удаленно, мог бы прийти со своим ноутбуком, чтобы не мешали домашние.

Таким образом, перед проектно-изыскательскими организациями стоит сложная задача реализации новых проектов в кратчайшие сроки, особенно в свете распоряжения министерства строительства использовать информационные технологии (BIM, цифровые двойники). Как известно, последовательность следующая: результаты инженерных изысканий должны быть переданы в проектные отделы, где на основе геотехниче-

ских расчетов проектировщик сможет подобрать основные параметры своих конструкций, а затем и оценить стоимость строительства сооружений.

Однако в области геотехники существует ряд сложностей, связанных и консервативными представлениями в расчетах и закоснелой работой изыскательских организаций. Конечно, действующая система вполне работает и позволяет выполнить расчет нужного объекта, но говорить об оптимизации затрат и ускорении сроков строительства в таких условиях не приходится.

Появление в нашей стране в начале 2000-х годов программы численного моделирования PLAXIS внесло существенные изменения в устоявшийся процесс проектирования. Эти изменения происходят до сих пор и сегодня проявляются не только в разговорах пользователей о применении той или иной модели грунта, но и в актуализации основных проектных нормативных документов (СП) практически во всех отраслях строительства. Вслед за изменениями в нормах для проектировщиков, где кроме аналитических расчетов регламентируется использовать еще и численные, происходят изменения в нормативном обеспечении инженерно-геологических изысканий. Численное моделирование методом конечных элементов было признано перспективным еще в 80-е годы



Рис. 1. План строительной площадки подхода к путепроводу транспортной магистрали

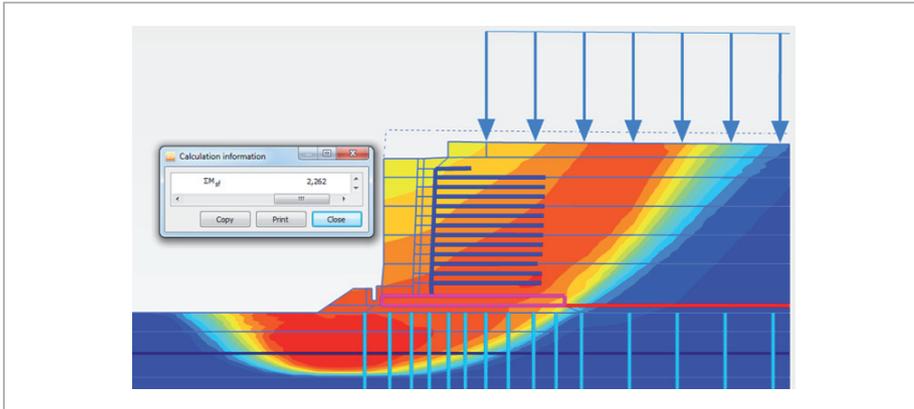


Рис. 2. Результат моделирования (расчет устойчивости)

прошлого века, и сегодня этот метод является наиболее востребованным. Геотехнический программный комплекс PLAXIS является универсальным инструментом, который может быть использован для решения задач как в самой простой постановке (например, выступая полным аналогом ручному счету по методу послойного суммирования), так и в высокопрофессиональных вопросах, позволяя, например, оценивать разжижение грунтов при сейсмическом (волновом) воздействии или выполнять

оценку влияния нового строительства на окружающую застройку с точностью до 1 мм (при необходимости и менее). В числе разработчиков программы – ведущие мировые научные институты в области геотехники: Технический университет в Граце (Австрия), Оксфордский университет (Великобритания), Технический университет Чалмерса (Швеция), Массачусетский технологический университет (США), Норвежский геотехнический институт (Норвегия), Дрезденский технический университет (Гер-

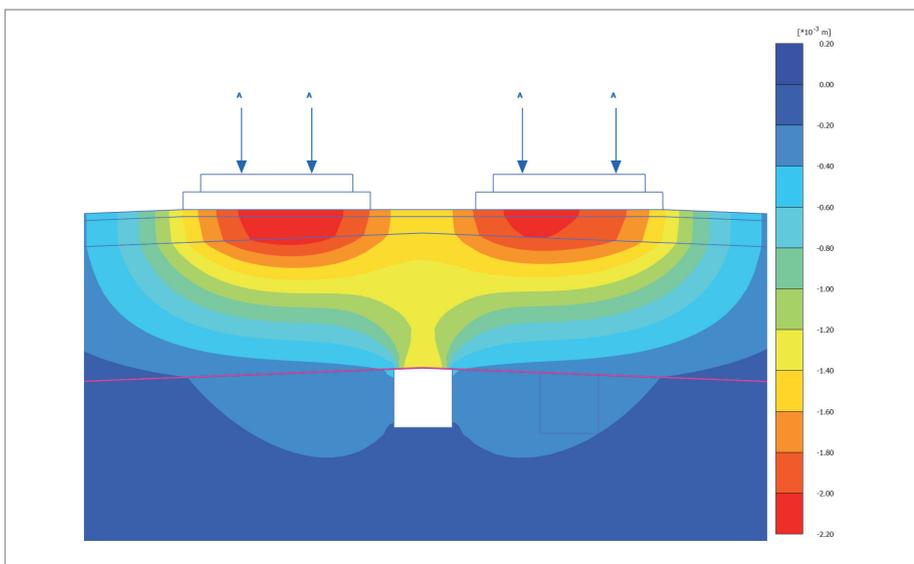


Рис. 3. Модель расчетного карстового провала

мания), Университет Британской Колумбии (Канада), Болонский университет (Италия) и другие.

Универсальность программы PLAXIS позволяет решать самые разнообразные геотехнические задачи в любой отрасли строительства.

Возьмем для примера проектирование транспортных магистралей. Для нашей страны весьма актуальна проблема слабых грунтов, которая чаще всего возникает при пересечении крупных рек: подходные участки дорожных насыпей к мостам располагаются на слабых водонасыщенных основаниях. Проектировщику предстоит обеспечить устойчивость (надежность) насыпи и оценить скорость ее осадки, а в случае длительных сроков (для таких проектов типично 3-5 лет) – выбрать решение по стабилизации и ускорению сроков ввода в эксплуатацию.

На рис. 1 показан план строительной площадки подхода к путепроводу транспортной магистрали. Проектное решение предполагало исключение дорогостоящих бетонных свай на большом расстоянии от путепровода и замену их на конструкцию осадочной насыпи на ленточных дренах, предназначенных для ускорения консолидации слабого основания и упрочнения грунтов естественным образом.

Решение сложной задачи было выполнено в PLAXIS с проверкой устойчивости на каждой стадии и оценкой прогнозируемых деформаций (рис. 2).

В отличие от традиционной конструкции, полностью расположенной на сваях, за счет выполнения расчетов консолидации с выбранными мероприятиями (вертикальное дренирование) конструкция насыпи была построена в отведенные сроки. Использование численного моделирования в программе PLAXIS позволило вести конструктивный диалог с иностранным заказчиком на высоком геотехническом уровне, существенно снизить консервативное решение, тиражируемое в схожих условиях, и впервые в России внедрить новую двухстадийную технологию строительства подобных сооружений.

Высокоскоростное движение поездов – одна из приоритетных программ строительства. При проектировании высокоскоростной магистрали (ВСМ) Москва – Казань одной из проблем, с которой столкнулись проектные институты, стало развитие карстовых процессов (рис. 3). При выполнении геотехнического обоснования конструктивных ре-

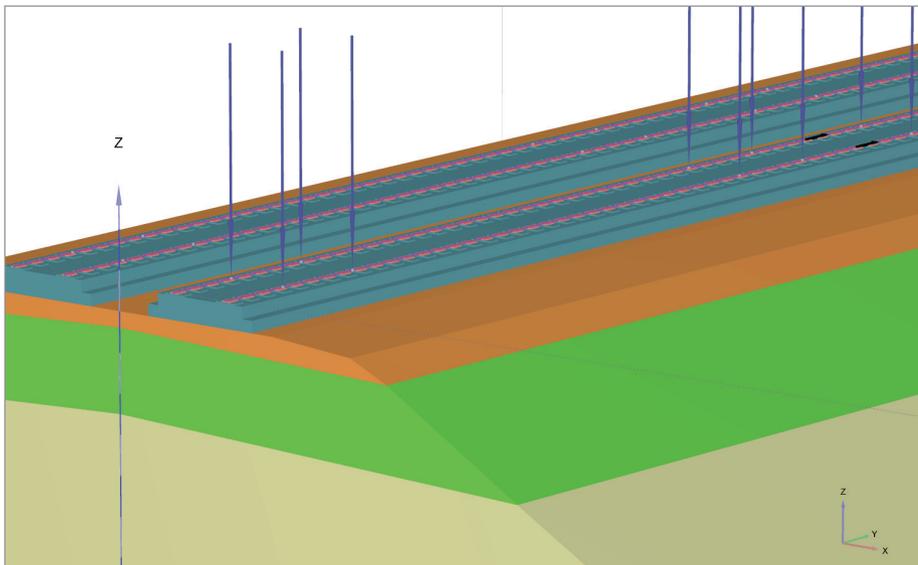


Рис. 4. Фрагмент расчетной схемы для ВСМ

шений одним из вариантов было использование высокопрочных тканых геополотен для предотвращения катастрофических разрушений. Применение PLAXIS для оценки надежности выбранного решения позволило назначить параметры армирующих элементов и определить стоимость затрат на подобные превентивные мероприятия. После переключения фокуса высокоскоростного строительства на направление Москва – Санкт-Петербург проблема карста отпала, однако ведущие проектные институты стали более внимательно изучать проблемы динамических расчетов, позволяющих моделировать проходы поездов с высокими скоростями (рис. 4). Выполнение динамических

расчетов – наиболее актуальная и сложная проблема на сегодняшнем уровне развития геотехники. Аналитические методы, заложенные в нормативные документы, весьма упрощенные и предлагают оценивать динамическое воздействие путем увеличения статической нагрузки. Численное моделирование при использовании специальных моделей позволяет прогнозировать изменение свойств грунта, оценивать такие процессы, как разжижение и накопление деформаций, а также тиксотропное упрочнение между проходом поездов. Транспортное развитие городов требует прокладки новых линий метрополитена. В условиях плотной городской застройки такие конструкции весьма опасны

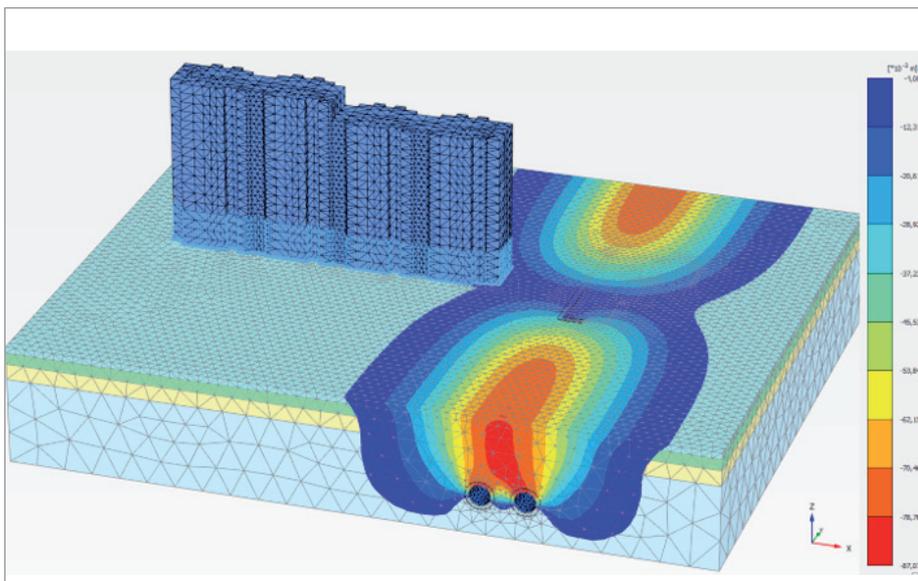


Рис. 5. Пример оценки влияния проходки тоннеля на жилой массив

и требуют от проектировщика выполнить оценку влияния на окружающую застройку. Решать такую сложную проблему аналитическими способами (вручную) можно, но это приведет к консервативной оценке, что в большинстве случаев означает надежное, но излишне дорогое решение. На рис. 5 приведен пример оценки влияния проходки метро на жилую застройку, выполненный в трехмерной постановке.

Проблема оценки влияния актуальна не только для транспортного воздействия, но и для строительства новых зданий и торговых центров. При прохождении экспертизы достаточно жесткие требования предъявляются к выполнению геотехнического прогноза – расчета зоны влияния котлована на окружающую плотную городскую застройку. Уровень развития лабораторного оборудования и программного обеспечения для такого прогноза позволяет получать необходимые исходные данные для выполнения детальной высокоточной оценки влияния. На рис. 6 приведен пример геотехнической оценки в трехмерной постановке в программе PLAXIS 3D. Конфигурация котлована и зданий зачастую не позволяет решать задачу корректно в плоской (двумерной) постановке, а требует трехмерного представления.

Выполнить оценку влияния с установлением границы области, в которой деформации будут менее 1 мм, – достаточно сложная задача. Прежде всего ее результаты существенно зависят от исходных данных. Традиционные итоги инженерно-геологических изысканий предоставляют информацию о деформативности грунтов в виде одного модуля деформации. Такие данные позволяют выполнить только предварительную оценку, которая с учетом коэффициентов надежности, как правило, будет весьма консервативной, то есть потребует мощного дорогостоящего ограждения. Затраты на конструкцию усиления существенно возрастают пропорционально экономии на инженерных изысканиях. Если в ходе таких изысканий получают необходимые для точного прогноза данные (в соответствии с действующими ГОСТ), выполнить оценку влияния не составляет труда. В программе PLAXIS для этого заложен специальный вариант вывода результатов. На рис. 7 показаны изополя специального расчетного показателя, на основании которых можно, во-первых, судить о достаточности размеров расчетной схемы (в примере размеры можно уменьшить до области, обозначенной

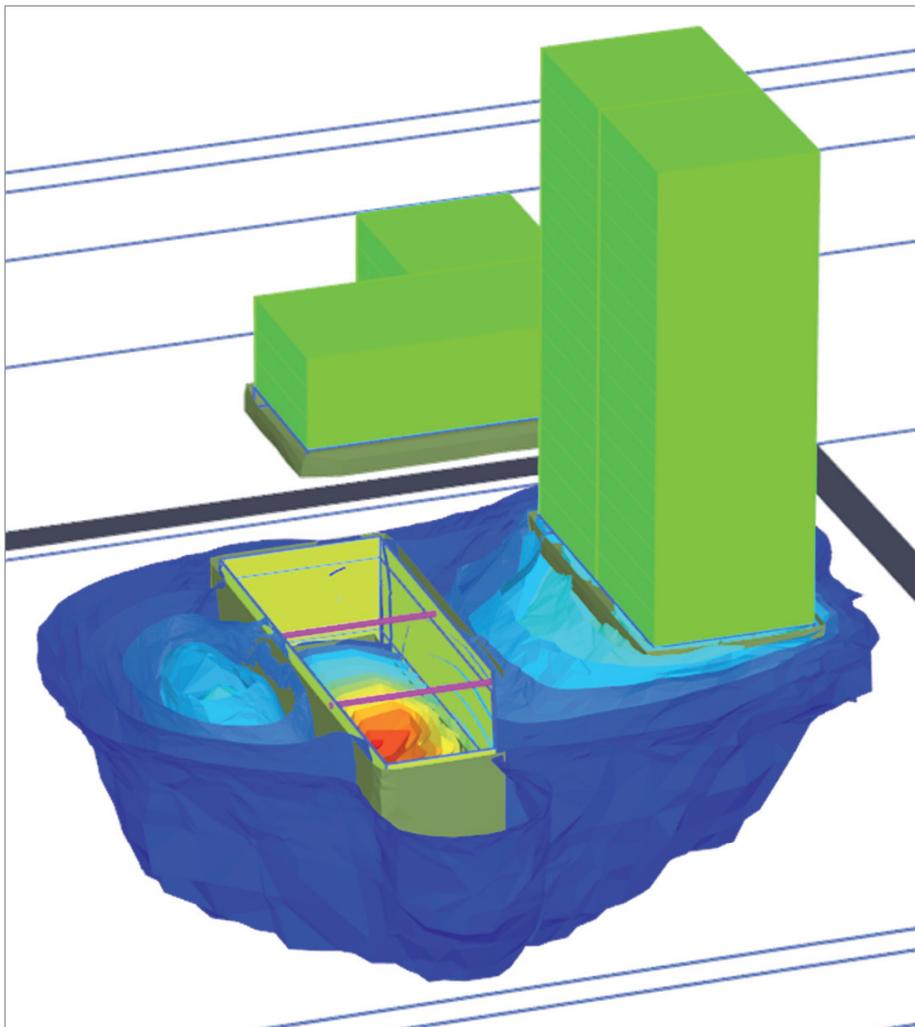


Рис. 6. Трехмерное решение задачи геотехнического прогноза

пунктирной линией); во-вторых, оптимально определить зону влияния и деформации, в том числе такие небольшие, как 1 мм.

Заключение

Современные представления в области геотехники, реализованные в профессиональном программном обеспечении PLAXIS, являются неотъемлемой частью процесса проектирования объектов инфраструктуры. Геотехник как специалист обеспечивает взаимодействие между изыскателями, которые получают исходные данные, и проектировщиком, осуществляющим разработку конструкции сооружений. Такое взаимодействие обеспечивается путем анализа исходных данных (результатов инженерно-геологических изысканий), их интерпретации с учетом особенностей выполнения расчетов конструкций (что является проблемой для изыскателей и обеспечивается только геотехником) и выполнением геотехнических расчетов, по результатам которых получают конструкцию сооружения, ее параметры и объемы материалов, что в конечном счете позволяет оценить стоимость проекта.

То, насколько квалифицирован геотехник, определяет степень оптимизации проектного решения. Это означает, что в организациях, не имеющих геотехнического отдела, проектные решения, как правило, оказываются дорогостоящими и низкоэффективными. Специалист-геотехник обеспечивает запрос на полные и необходимые данные в техническом задании на инженерные изыскания (без лишних бросовых затрат), на основе которых, с использованием современных инструментов анализа (например, программы PLAXIS), разрабатываются проектные решения поставленных задач: сокращение сроков и снижение расходов на строительство инфраструктурных объектов любого уровня сложности. ПО для геотехнических расчетов и материалы от экспертов по геотехнике вы сможете найти на сайтах компании "НИП-Информатика":

- www.nipinfor.ru;
- www.plaxis.ru.

*Евгений Федоренко,
к.г.-м.н., инженер-геотехник,
научный консультант*

*Рушан Гизатуллин,
инженер-геотехник*

ООО "НИП-Информатика"
E-mail: plaxis@nipinfor.ru

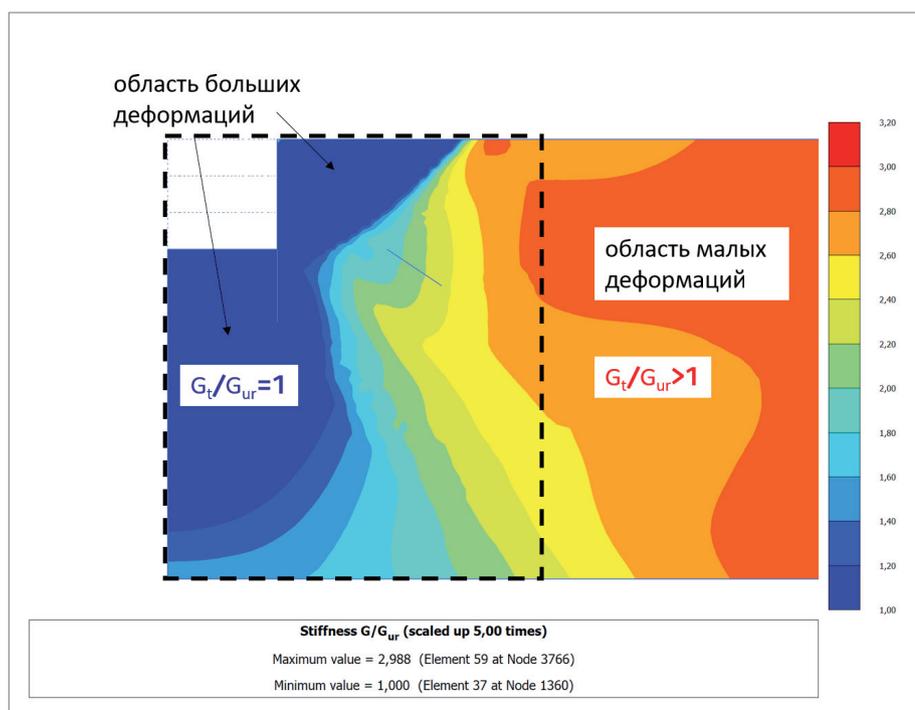


Рис. 7. Результаты для оценки влияния