



# Новые разработки

Рональд Бринкгреве, Plaxis bv

PLAXIS 2D имеет возможность оперировать отдельными коэффициентами для нагрузок и параметров модели. Эта опция, названная “*Design Approaches*” (Проектные методы), позволяет использовать PLAXIS для расчётов проектов в рамках Еврокода или других норм проектирования, основанных на частных коэффициентах. Приведённый в этом бюллетене пример (М. Пост. Использование методов проектирования с PLAXIS) может быть использован для ознакомления с работой этой опции, тогда как настоящая статья посвящена общим вопросам.

➤ Основная идея состоит в том, что проект рассчитывается сначала для состояния предельной эксплуатационной пригодности (SLS) без использования подходов проектирования. Задаваемые нагрузки и параметры моделей рассматриваются как реальные значения.

Если для состояния эксплуатационной пригодности получены удовлетворительные результаты, можно использовать методы проектирования по состоянию предельной прочности, т. е. могут быть заданы наборы отдельных коэффициентов для нагрузок и параметров моделей, соответствующих применяемым методикам проектирования (например, Еврокод 7 - DA 3). После задания пользователем такого набора коэффициентов он может быть экспортирован (сохранён) под соответствующим именем в глобальную базу данных и затем импортирован (использован повторно) в другие проекты.

В проектных методах различаются коэффициенты для нагрузок (воздействий) и коэффициенты для модельных параметров (сопротивлений). Коэффициенты для нагрузок могут различаться для разных случаев, например, постоянные неблагоприятные, постоянные благоприятные, переменные неблагоприятные, переменные благоприятные и т. д.

Поскольку разные модели имеют разные наборы параметров, основное отличие между моделями состоит в учёте отдельных коэффициентов для модельных параметров. Если проект содержит модель Кулона-Мора, а также модель

упрочняющегося грунта, необходимы отдельные наборы коэффициентов для этих моделей, даже если параметры одинаковы (например,  $\varphi'$  и  $c'$ ). Ещё одно отличие может быть связано с тем, как используются параметры или модели. Например, при использовании модели Мора-Кулона прочность грунта может быть задана в параметрах эффективной прочности (используя  $\varphi'$  и  $c'$ , т. е. тип Drained или тип Undrained A) или в параметрах недренированной прочности (используя  $s_u$ , т. е. тип Undrained B или тип Undrained C), для которых могут применяться разные коэффициенты. Таким образом, отдельные наборы коэффициентов могут быть заданы для случая, названного “Эффективная прочность”, и для случая, названного “Недренированная прочность”. Дополнительно к коэффициентам параметров модели грунта могут быть также заданы отдельные коэффициенты для параметров материалов сооружения.

После определения коэффициентов для параметров модели они могут быть присвоены наборам данных в проекте. Впоследствии наборы данных могут быть открыты из базы данных для просмотра (или изменения при необходимости) фактических значений параметров модели, которые будут использоваться при выполнении проектных расчётов.

Для выполнения проектных расчётов должны быть заданы новые фазы в дополнение к расчётам эксплуатационной пригодности. Имеются две основные схемы для выполнения проектных расчётов по отношению к расчётам эксплуатационной пригодности (Bauduin et al., 2000).

Схема 1:

- 0. Начальная фаза
- 1. Фаза 1 (SLS) → 4. Фаза 4 (ULS)
- 2. Фаза 2 (SLS) → 5. Фаза 5 (ULS)
- 3. Фаза 3 (SLS) → 6. Фаза 6 (ULS)

В этой схеме проектные расчёты (ULS) выполняются отдельно для каждого состояния эксплуатационной пригодности. Это означает, что фаза 4 начинается с фазы 1, фаза 5 начинается с фазы 2 и т. д. Обратите внимание, что в этом случае частный коэффициент параметра жёсткости используется только при вычислении дополнительных перемещений в результате перераспределения напряжений из-за повышения нагрузок и снижения параметров прочности.

Схема 2:

- 0. Начальная фаза → 4. Фаза 4 (ULS)
- 1. Фаза 1 (SLS) 5. Фаза 5 (ULS)
- 2. Фаза 2 (SLS) 6. Фаза 6 (ULS)
- 3. Фаза 3 (SLS)

В этой схеме проектные расчёты (ULS) начинаются с начального состояния и выполняются позже. То есть фаза 4 начинается с начальной фазы, фаза 5 начинается с фазы 4 и т. д.

Для выполнения проектного расчёта необходимо перейти в окно Staged Construction (Поэтапное строительство). По умолчанию окно Staged Construction показывает, что будут использованы эталонные значения для нагрузок и параметров модели, и все частные коэффициенты установлены равными 1. Пользователь должен выбрать соответствующий проектный метод из



предварительно заданного списка. При этом программа будет автоматически использовать соответствующие коэффициенты для параметров модели и нагрузок с возможностью проверки (и изменения) фактических значений.

Когда заданы все фазы проектных расчётов, может быть запущен процесс вычислений. Если все расчёты завершены правильно без обнаружения механизма глобального разрушения (нет сообщения "soil body collapses" - "грунт разрушен"), можно считать, что результаты соответствуют принятому проектному методу. Для гарантии того, что результаты расчётов не случайны, можно выполнить дополнительный расчёт безопасности с использованием того же набора коэффициентов и получить значение  $\Sigma Msf$  больше 1,0.

Обратите внимание, что деформации, полученные в проектном расчёте с использованием частных коэффициентов, как правило (много) больше тех, которые получены в расчёте эксплуатационной пригодности. Последние считаются более реалистичными для действительной ситуации, но первые могут быть рассмотрены как "сценарий наихудшего случая".

С опцией Design Approaches (Проектные методы) в PLAXIS сделан новый шаг для включения конечноэлементных расчётов в геотехническое проектирование. Мы были бы признательны за ваши комментарии и пожелания по поводу этой новой опции.

#### Ссылки:

- Bauduin C., De Vos M., Simpson B (2000 International Workshop on Limit State Design in Geotechnical Engineering. Melbourne, Australia).
- Schweiger H.F. (2010). Numerical analysis of deep excavations and tunnels in accordance with EC7 design approaches. In: Proceedings GeoMos.