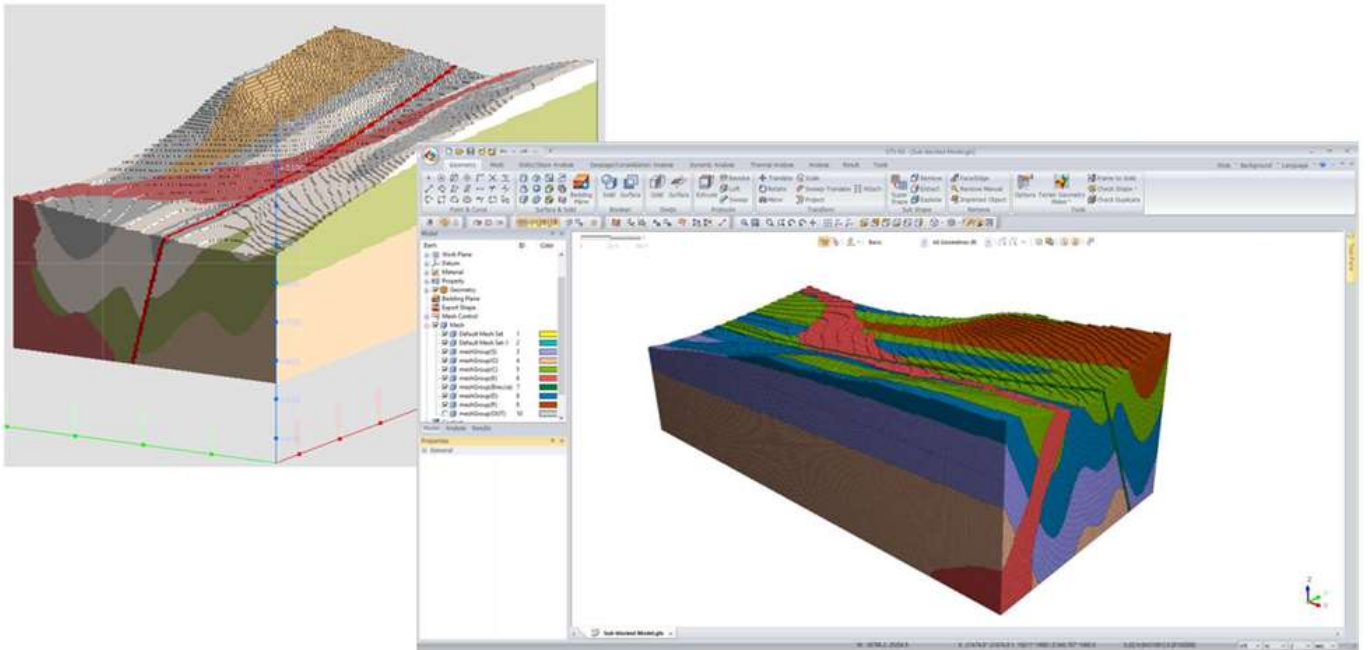


Факультатив по MIDAS GTS NX. Для тех, кто хочет разобраться



На сегодняшний день среди российских геотехников широко распространены два основных программных комплекса – PLAXIS и MIDAS GTS NX. Именно в этих программах выполняются, в том числе, основные геотехнические расчеты, лежащие в основу проектных решений по фундаментам сооружений. С апреля 2019 года для слушателей курсов повышения квалификации для инженер-геологов и геотехников, проходящих в геотехнической лаборатории АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ», читается факультативный однодневный курс по MIDAS GTS NX. Лектор объясняет азы работы в программном комплексе, показывает его возможности и преимущества.

Аналитическая служба

С апреля 2019 года в рамках курсов повышения квалификации «Теоретические основы и практическая методика лабораторных определений входных параметров расчетных моделей программных комплексов, основанных на методе конечных элементов. Программный комплекс PLAXIS», проходящих в геотехнической лаборатории АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ» под руководством Олега Озмидова, читается однодневный факультативный курс по еще одному актуальному геотехническому программному средству – MIDAS GTS NX. Данную лекцию, совмещенную с практическими занятиями по трехмерному моделированию грунтового основания высотного здания с контролем влияния нового строительства на существующую застройку, ведет руководитель технического отдела MIDAS Россия и СНГ Константин Скоробагатко. В этой публикации мы расскажем о некоторых положениях, которые лектор изложил в вводной части одного

из своих выступлений и которые справедливы для большинства расчетных программных комплексов.

Метод конечных элементов

Задачи, стоящие перед проектировщиками, год от года становятся все сложнее. Освоению подвергаются новые территории, которые нередко характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями. А возводить на них планируется сложные, в том числе высотные и особо опасные сооружения. И тут обойтись расчетами «на бумаге» нередко просто невозможно. Именно здесь на помощь проектировщикам приходят программные комплексы типа PLAXIS и MIDAS GTS NX.

Как отметил Константин Скоробагатко, если разделить на этапы работу с любым программным комплексом, позволяющим реализовывать такие расчеты, можно выделить три основных этапа: (1) моделирование, (2) расчет и (3) обработка результатов. При этом наибольшие трудозатраты приходятся на моделирование, которое включает в себя подготовку исходных данных, их верификацию, построение расчетной модели с учетом особенностей грунтов, материалов конструкций и пр. Только после выполнения всех этих задач, необходимых для создания полноценной модели, можно приступить к выполнению расчетов и анализу результатов (рис. 1).

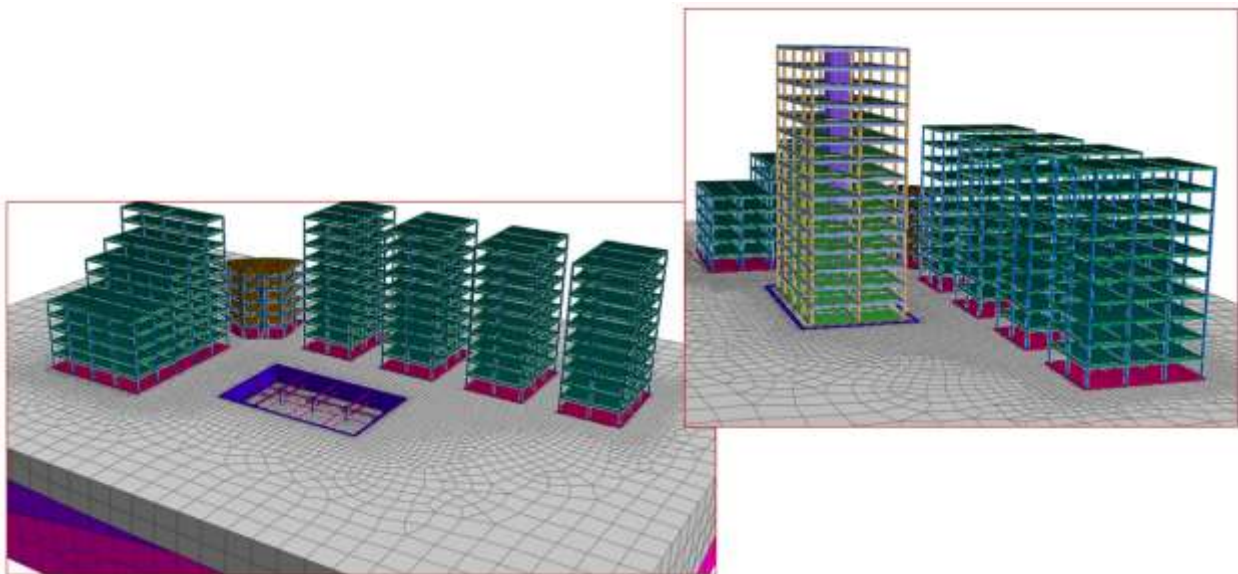


Рис. 1. Пример модели

Условно можно выделить три подхода к оценке поведения сооружения: аналитический подход, численные решения и эмпирические методы. Последние, как правило, могут быть использованы только постфактум, когда ведется наблюдение за конкретным построенным (строящимся) сооружением или массивом грунта. Аналитические методы могут быть использованы только для решения очень простых задач, которых остается все меньше. Поэтому наибольшее распространение на сегодняшний день получили численные методы, среди которых наибольшее признание

получил метод конечных элементов. Данный метод позволяет моделировать задачи любой сложности, учитывая физическую и геометрическую нелинейности, различные воздействия и пр. Иными словами, используя МКЭ, проектировщик способен описать любой процесс, который может происходить с сооружением и взаимодействующим с ним грунтовым основанием. В целом, можно выделить несколько основных классов расчетных сооружений. Это, например, фундаменты, подпорные сооружения, котлованы, гидротехнические сооружения, тоннели и пр. Да и сам массив основания необходимо просчитывать на определенные воздействия. Для каждого из этих классов сооружений можно выделить отдельные типы задач: расчет устойчивости, фильтрации, консолидации, сейсмической устойчивости т.д. В зависимости от каждого типа сооружения и каждого типа расчета варьируются подходы к созданию самой модели, требования к исходным данным, которые необходимы для расчетов. Результат моделирования всецело будет зависеть от корректности задания исходных данных.

В тоже время не стоит забывать, что использование специализированных расчетных комплексов требует определенной квалификации и знаний от инженеров, которые с ними работают. Это относится ко всем этапам работы:

- на этапе подготовки исходных данных необходимо понимать какие существуют математические модели, описывающие поведение грунтов, какова область их применения, какие входные параметры для них нужны и как их получить (рис. 2);

Material type (Тип материала)	Model type (Тип модели)	Ground material (Материал грунта)	Structure material (Материал)	Material behavior properties
Isotropic (General Parameter) (Изотропный)	Elastic (Упругая)	0	0	Линейно-упругое
	Tresca (Треска)	0	0	Упругопластическое
	von Mises (Nonlinear) (Мизеса (нелинейный))	0	0	Упругопластическое
	Mohr-Coulomb (Мора-Кулона)	0	0	Упругопластическое
	Drucker Prager (Друкера-Прагера)	0	0	Упругопластическое
	Hoek Brown (Хоука-Брауна)	0	0	Упругопластическое
	Generalized Hoek Brown (Обобщенная Хоука-Брауна)	0	0	Упругопластическое
	Hyperbolic(Duncan-Chang) (Гиперболическая (Дункана-Чена))	0	X	Упругопластическое
	Strain Softening (Деформационного разуплотнения)	0	X	Упругопластическое
	Modified Cam Clay (Модифицированная Cam Clay)	0	X	Упругопластическое
	Jardine	0	X	Нелинейно-упругое
	D-min	0	X	Нелинейно-упругое
	Modified Mohr-Coulomb (Модифицированная Мора-Кулона/Упрочняющегося грунта)	0	0	Упругопластическое
	Soft Soil (Мягкого грунта)	0	X	Упругопластическое
	Soft Soil Creep (Мягкого грунта с учетом ползучести)	0	X	Упругопластическое
	User defined model (Пользовательская модель)	0	0	Упругопластическое
	Modified UBCSAND (Модифицированная UBCSAND)	0	X	Упругопластическое
	Sekiguchi-Ohta(Inviscid) (Секигучи-Ота (Невязкая))	0	X	Упругопластическое
	Sekiguchi-Ohta(Viscid) (Секигучи-Ота (Вязкая))	0	X	Упругопластическое
	Modified Ramberg-Osgood (Модифицированная Рамберга-Осгуда)	0	0	Упругопластическое
	Modified Hardin-Drnevich (Модифицированная Хардина-Дрневича)	0	0	Упругопластическое
	Generalized SCLAY1S (Обобщенная SCLAY1S)	0	X	Упругопластическое
	CWFS (cohesion weakening and frictional strengthening)	0	0	Упругопластическое
	Hardening Soil (Упрочняющегося грунта)	0	X	Упругопластическое
	Hardening Soil(small strain stiffness) (Упрочняющегося грунта (жесткость малых деформаций))	0	X	Упругопластическое
	Orthotropic (Ортотропный)	Transversely Isotropic (Поперечно изотропная)	0	0
Jointed Rock Mass (Трещиноватой скалы)		0	0	Упругопластическое
2D Orthotropic (Плоско-ортотропная)		0	0	Упругопластическое
2D Orthotropic Geogrid (Плоско-ортотропная)		X	0	Линейно-упругое
2D Equivalent (Двухмерный эквивалентный)	2 Dimensional equivalent (Плоско-эквивалентная)	0	0	(Эквивалентное) Линейно-упругое
Interface / Pile (Контакта / Сваи)	Interface (Контакта)	X	0	Упругопластическое
	Shell Interface (Оболочечного контакта)	X	0	Упругопластическое
	User supplied - Shell Interface (Пользовательская – оболочечного контакта)	X	0	Упругопластическое
	Pile (Сваи)	X	0	Нелинейно-упругое

Рис. 2. Основные модели и области их применения

- на этапе моделирования нужно понимать принципы конечно-элементного моделирования, ведь такие факторы, как границы расчетной области, разбиение грунтового массива и конструкции на конечные элементы, геометрия конечных элементов, граничные условия, внешние воздействия, будут в значительной мере определять результат расчета (рис. 3);

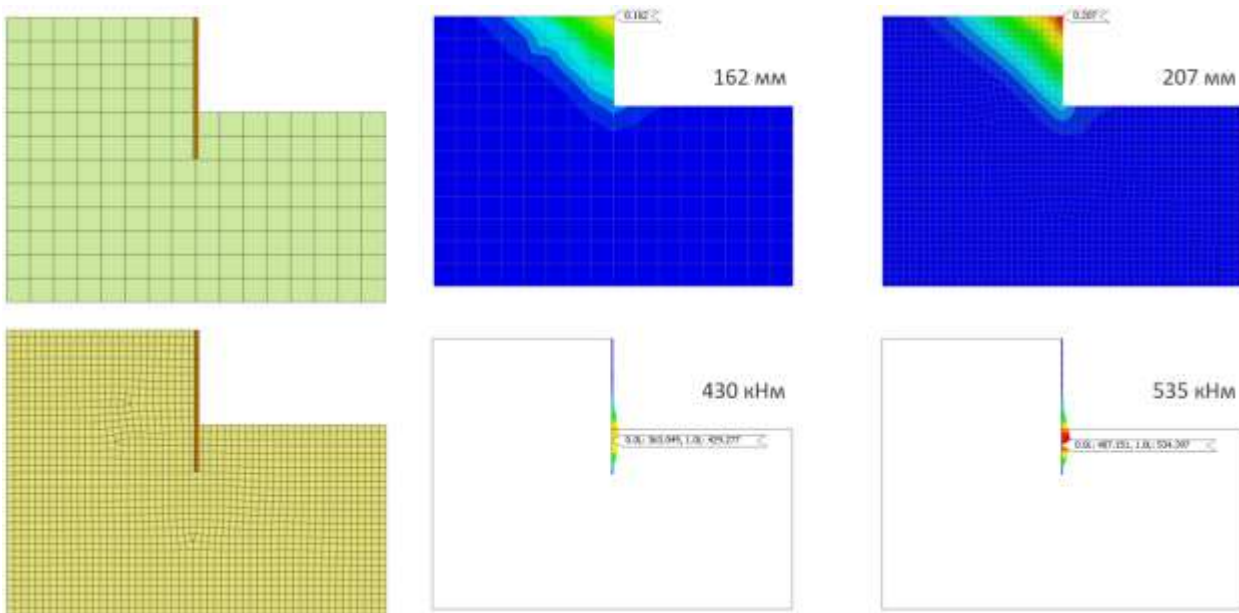


Рис. 3. Принципы конечно-элементного моделирования

- также необходимо управлять программным средством в ходе моделирования и выполнения расчета для оптимизации его работы и обеспечения максимальной производительности рабочего компьютера. Не секрет, что даже самый мощный компьютер в руках низкоквалифицированного расчетчика не в состоянии в разумные сроки решить сложную геотехническую задачу.

Все эти и многие другие вопросы затрагиваются в рамках проведения курсов повышения квалификации АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ» при участии компании ООО «МИДАС».

Цифровизация и автоматизация

С каждым годом все больше процессов в строительстве переводится в цифровую среду. Разработаны и эффективно применяются программные средства для комплексного моделирования здания (сооружения) и грунтового основания. BIM-технологии внедряются на государственном уровне. Инженер-геологи уже не просто получают данные о геологии участка строительства, а работают с CAD средой, то есть занимаются подготовкой геологических конечно-элементных моделей с адаптированными к численному моделированию входными параметрами. И в текущий момент все идет к тому, чтобы объединить все эти средства в единую платформу, облегчив работу инженеров и обеспечив эффективное взаимодействие геологов и проектировщиков. Следствием этого должно стать получение более точных моделей и более эффективное проектирование,

позволяющее оперативно и без дополнительных серьезных затрат реагировать на любые изменения в проекте.

Однако, к сожалению, геологическая составляющая в BIM-среде существует очень условно, например, в виде трехмерной съемки, на которую «сажается» сооружение. Максимум, включаются некоторые исходные данные по физико-механическим свойствам, которые практически не задействованы в цифровых моделях.

Между тем, рынку нужна возможность полноценного использования в расчетной части не только данных по конструктиву, но и по грунтовому основанию. При таком подходе появится возможность максимально эффективно оценивать различные результаты расчетов. Соответственно, появится возможность выбирать, в каком виде эти данные будут извлекаться: это может быть классический формат отчета в виде набора статистических данных, или же динамичная модель, с помощью которой будет возможно анализировать результаты для определенных элементов в различные моменты времени. То есть цифровизация может быть использована для реализации различных моментов переноса, взаимодействия и передачи результатов между всеми участниками проектирования – от исполнителей до заказчиков. В этом плане цифровые технологии максимально в этом помогают и позволяют выполнять обмен такими данными максимально быстро и эффективно.

Подробнее узнать о выборе и применении различных моделей в программных комплексах PLAXIS и MIDAS GTS NX, о получении для них исходных данных и перспективах внедрения BIM-технологий в инженерные изыскания можно узнать на курсах повышения квалификации, проводящихся в АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ».

Кстати, в плане развития курсов есть и освоение программного средства Sofistik (Германия), важной особенностью которого является способность работать в среде информационного моделирования с применением технологии BIM как по нормам EuroCode, так и в соответствии с отечественными стандартами. В рамках дисциплины «цифровое грунтоведение», включенной в программу курса, можно узнать о специфике лабораторных испытаний грунтов, адаптированных к задачам численного моделирования и задать любой трудноразрешимый вопрос в области современной лабораторной геотехники.

Подробную информацию о курсах можно найти на [официальном сайте](#) АО «МОСТДОРГЕОТРЕСТ».