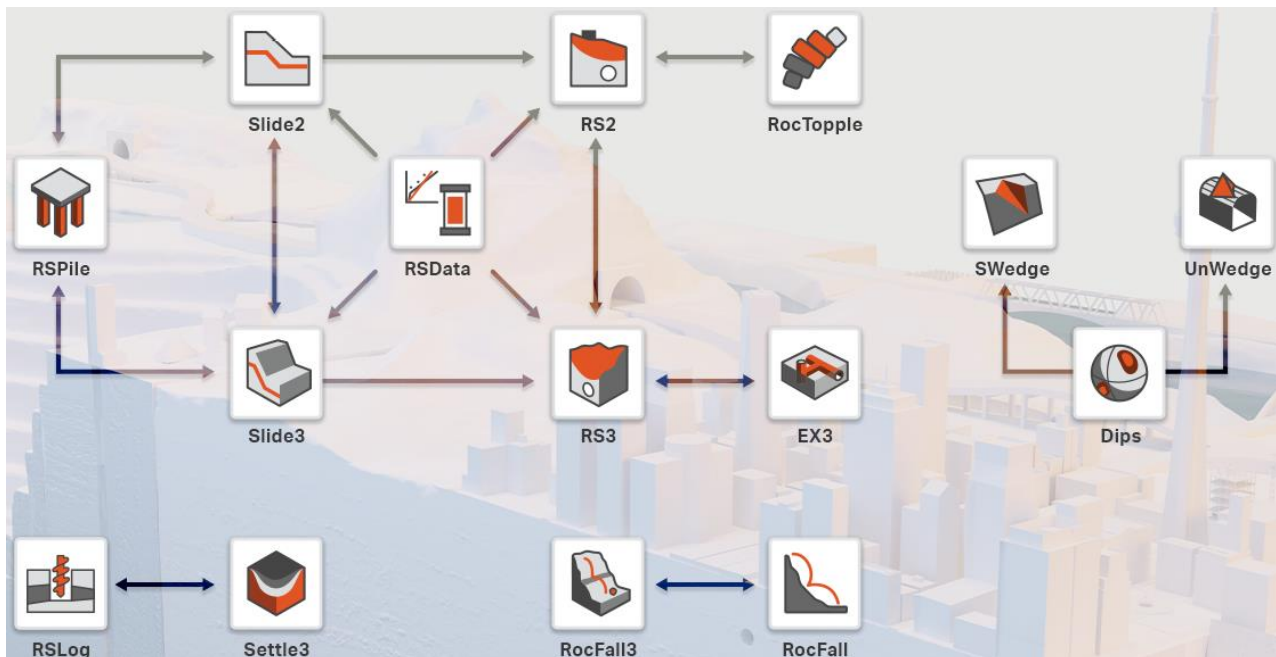


Интеграция геотехнических программ от компании Rocscience облегчает проектно-изыскательские работы



Компания Rocscience, основанная в 1996 году на базе Университета Торонто в Канаде, является одним из мировых лидеров по разработке, усовершенствованию и распространению широкого спектра инновационных 2D и 3D программ для инженеров-строителей, горных инженеров, инженеров-геологов и геотехников. На сайте данной компании в начале этого года была опубликована полезная для пользователей ее продукции заметка – «Руководство по интеграции геотехнического программного обеспечения от компании Rocscience» [19]. Предлагаем вниманию читателей ее адаптированный перевод с привлечением ряда дополнительных материалов [1–18].

Консультационную помощь редакции оказали сотрудники ООО «Современные Изыскательские Технологии» – официального представителя компании Rocscience в России.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СЛУЖБА «ГЕОИНФО»

info@geoinfo.ru

ООО «СОВРЕМЕННЫЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (ADVANCED SURVEY TECHNOLOGIES) – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ КОМПАНИИ ROCSCIENCE В РОССИИ

info@geoast.pro

ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения комплексного геотехнического анализа специалисты уже давно полагаются на инновационные численные инструменты. Обычное параллельное использование нескольких или многих компьютерных программ может дать необходимую всестороннюю информацию, однако при этом приходится часто переключаться с одной

программы на другую и вручную передавать между ними данные. Именно поэтому так важна тема их интеграции.

Компания Rocscience с самого начала своей деятельности основное внимание уделяла созданию инновационного программного обеспечения, которое было бы надежным, простым в использовании и помогало бы более эффективной работе инженеров-строителей, горных инженеров, инженеров-геологов и геотехников. При этом во главу угла было поставлено создание возможности интеграции между своими программами для повышения эффективности проектно-изыскательских работ.

Легкая интеграция между продуктами Rocscience (рис. 1) обеспечила простоту и скорость передачи информации между ними для достижения глубокого понимания специалистами поведения и свойств исследуемых материалов и возможности просмотра результатов анализа в двух и в трех измерениях.

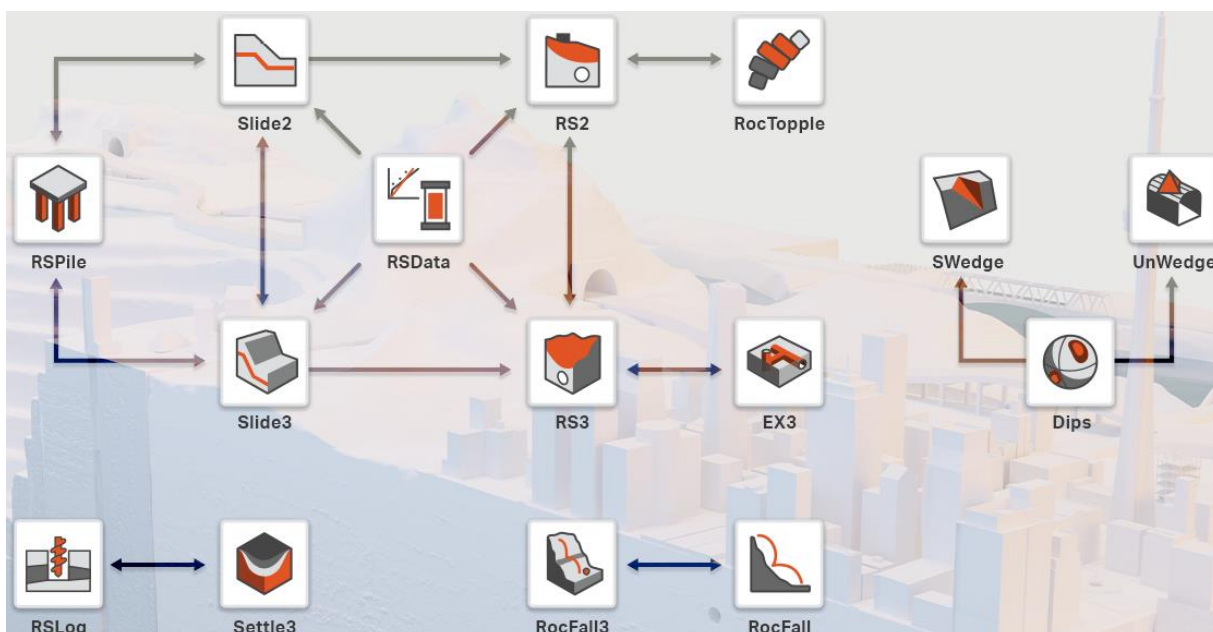


Рис. 1. Компания Rocscience обеспечила возможность интеграции между своими программными продуктами во всех случаях, необходимых для эффективной работы проектно-изыскательских организаций

ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУ ПРОГРАММАМИ ROCSCIENCE

Slide2 и Slide3

Программы Slide2 и Slide3 используются для 2D и 3D анализа поведения всех типов склонов и откосов, сложенных дисперсными или скальными грунтами, а также насыпей, земляных дамб, подпорных стенок и многого другого. Они работают на основе метода предельного равновесия с использованием метода конечных элементов, вероятностного анализа, анализа фильтрации подземных вод, разновариантного моделирования, возможностей проектирования удерживающих сооружений и пр.

Интеграция между этими двумя ведущими в отрасли программами позволяет выполнять расширенный 2D и 3D анализ поведения вышеуказанных объектов.

Модель, построенную в программе Slide2, импортируют в Slide3, создают ее трехмерный вариант и выполняют анализ 3D эффектов. В качестве альтернативы (особенно для сложных комплексных проектов) можно разработать модель в Slide3, получить ее двумерные разрезы и провести расчеты для них с помощью инструментов Slide2. Результаты,

полученные для одной и той же модели, можно легко сравнить, просмотрев их и в Slide2, и в Slide3.

Основным преимуществом такой интеграции является возможность проведения углубленного анализа моделей и гораздо более быстрого сравнения результатов двумерного и трехмерного анализа (рис. 2).

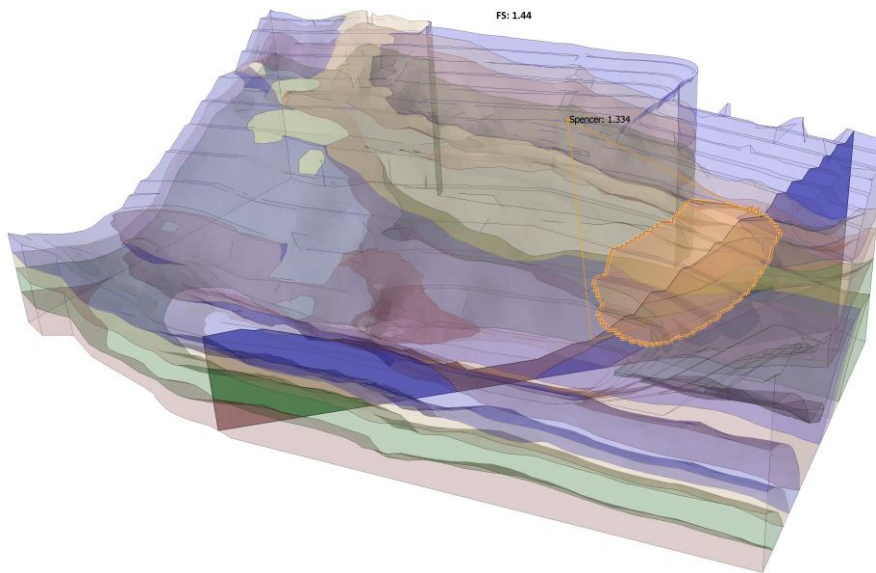


Рис. 2. Интеграция программ Slide2 и Slide3 дает возможность проводить более углубленный анализ моделей и гораздо быстрее сравнивать результаты двумерного и трехмерного анализа

Slide2 и RS2

RS2 – это универсальная программа для 2D анализа напряжений методом конечных элементов, которая может использоваться для проектирования подземных горных выработок, карьеров и поддерживающих их систем. Она может применяться как для скальных, так и для дисперсных грунтов, обеспечивает выполнение анализа устойчивости склонов и откосов, динамического анализа, а также включает в себя интегрированную модель фильтрации подземных вод.

Интеграция Slide2 и RS2 создает мощный и совершенный инструмент для выполнения верификации результатов моделирования и расчетов. Благодаря общей библиотеке материалов и беспрепятственному переносу двумерных моделей между этими программами экономится масса времени при анализе стабильности и есть возможность напрямую и очень точно сравнивать результаты использования метода предельного равновесия (LEM) и метода конечных элементов (FEM), легко «переключаясь» между Slide2 и RS2.

Ключевым преимуществом такой интеграции является то, что сравнение моделей из этих двух программ «бок о бок» обеспечивает их надежную проверку и возможность достижения наиболее высокой точности результатов анализа (рис. 3).

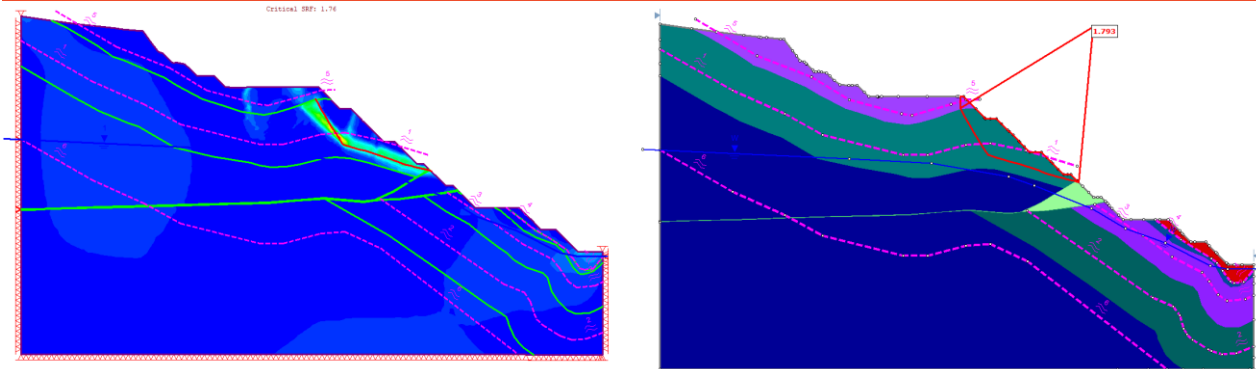


Рис. 3. Интеграция Slide2 и RS2 дает возможность непосредственно сравнивать результаты двумерного анализа, полученные в каждой из этих программ, обеспечивая их надежную проверку и точность

Slide2 и RSPile

RSPile – это 3D программа для анализа боковых и осевых нагрузок и несущей способности отдельных свай, кустов свай и свайных фундаментов самых разных конфигураций и любой сложности.

Импортирование данных из RSPile в Slide2 предоставляет более широкие возможности для анализа устойчивости склонов и откосов с размещенными на них сваями, делая весь процесс гораздо более эффективным. Более того, обеспечивается полная гибкость моделирования разнообразных свайных конструкций в RSPile и анализа их реакций на различные нагрузки до использования этих результатов в моделях Slide2.

Благодаря такой интеграции значительно экономится время при загрузке информации по сваям из RSPile в Slide2, легко сопоставляются слои материалов и используются функции сопротивления при анализе устойчивости склонов и откосов.

Главным преимуществом здесь является возможность быстрого использования ценной информации о сваях, полученной в RSPile, для анализа в Slide2 (рис. 4)

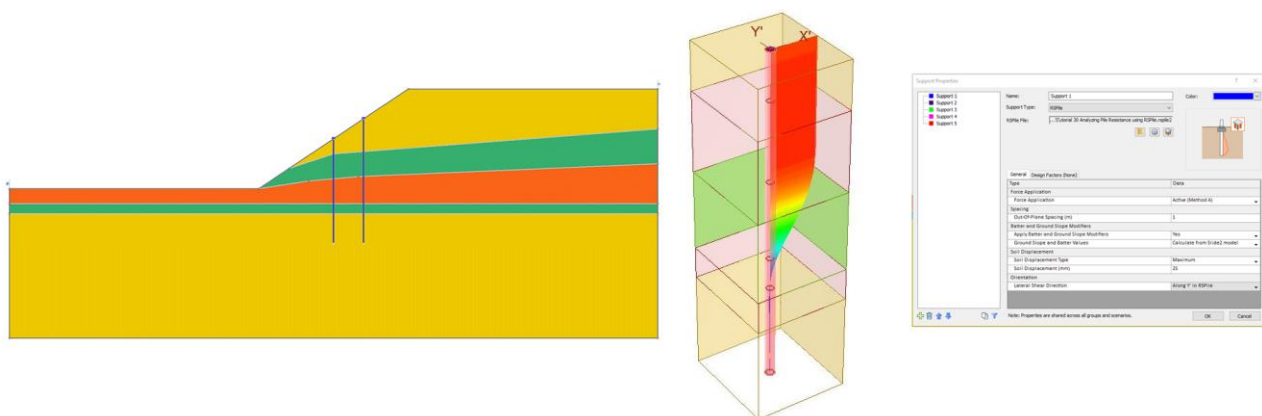


Рис. 4. Главным преимуществом интеграции RSPile и Slide2 является возможность использования ценной информации о сваях, полученной в RSPile, для анализа в Slide2

Slide3 и RS3

RS3 – это универсальная программа для 3D анализа напряжений методом конечных элементов, которая подходит для скальных и дисперсных грунтов и может использоваться для проектирования подземных горных выработок, карьеров, котлованов, поддерживающих

их систем и фундаментов, для оценки устойчивости склонов и откосов, анализа величин фильтрации и степени консолидации грунтов и пр.

Slide3 и RS3 построены на основе одного и того же геометрического интерфейса, что делает возможным прямой перенос моделей между этими двумя программами при их интеграции. Непосредственно из моделей, полученных в Slide3, можно автоматически строить модели в RS3 для более глубокого трехмерного анализа. Кроме того, можно легко переключаться с одной программы на другую и напрямую сравнивать результаты использования метода предельного равновесия (LEM) и метода конечных элементов (FEM), добиваясь высокой точности. Все это значительно оптимизирует и ускоряет рабочий процесс.

Таким образом, ключевым преимуществом интеграции Slide3 и RS3 является возможность выполнения углубленного анализа устойчивости склонов и откосов и удобного сравнения результатов, полученных в каждой из этих программ, для проверки точности определения коэффициентов устойчивости и механизмов потенциальных разрушений (рис. 5).

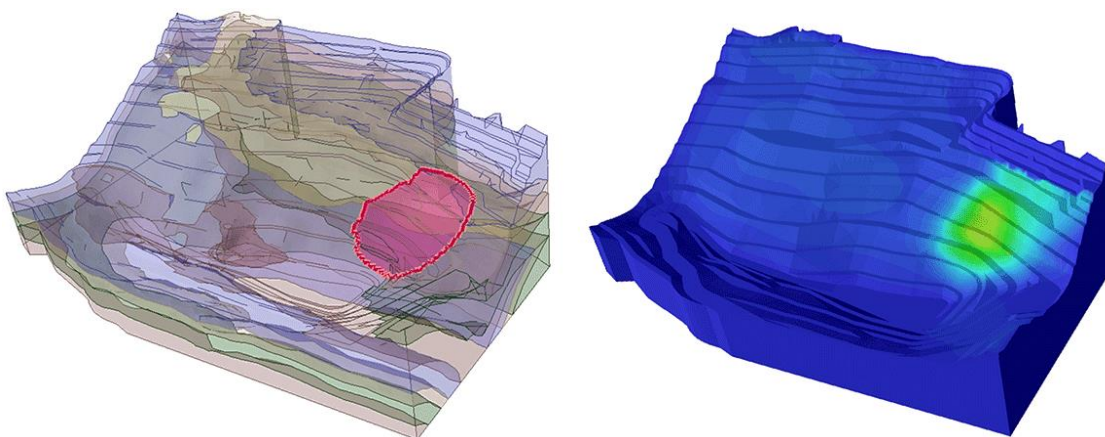


Рис. 5. Интеграция программ Slide3 и RS3 дает возможность проводить углубленный трехмерный анализ устойчивости склонов и откосов и непосредственно сравнивать результаты, полученные в каждой из этих программ, для проверки точности определения коэффициентов устойчивости и механизмов потенциальных разрушений

Slide3 и RSPile

Единственная в своем роде интеграция между программами Slide3 и RSPile (возможная только для самых последних версий этих продуктов) упрощает и ускоряет включение трехмерной информации по сваям из RSPile в Slide3 для выполнения расширенного анализа с использованием функции Support Type («Тип поддержки»).

В RSPile вычисляется мобилизованное боковое и/или осевое сопротивление по длине сваи для заданных условий нагружения и геометрии грунта. Затем в Slide3 определяется поддерживающая грунт работа сваи по расположению и углу потенциальной поверхности скольжения, пересекающейся с ней. Чтобы достичь этого, свойства каждого материала, пересекаемого сваями, должны соответствовать свойствам в модели Slide3. Это можно сделать с помощью диалогового окна Match RSPile Materials («Подобрать материалы RSPile»). Во время этого анализа длина сваи и толщина слоев грунта в Slide3 имеют приоритет над значениями, определенными в RSPile, а свойства материала, установленные в модели RSPile, будут использоваться для расчетов.

RS2 и RS3

Интеграция между RS2 и RS3 помогает оптимизировать рабочее время, обеспечивая легкие переходы между двумерным и трехмерным анализом на основе метода конечных элементов. Благодаря общим библиотекам материалов и инструментов анализа двумерные модели, созданные в RS2, можно непосредственно импортировать в RS3 для более глубокого 3D анализа. Для экспорта критических разрезов трехмерной модели из RS3 в RS2 с целью их быстрого анализа используется инструмент Section Creator («Создание разрезов»).

Итак, главным преимуществом здесь являются легкие переходы между двумерными и трехмерными моделями, обеспечивающие получение наилучших результатов анализа напряжений в скальных и дисперсных грунтах методом конечных элементов, необходимых для проектирования подземных горных выработок, карьеров, котлованов, поддерживающих их систем и фундаментов, для оценки устойчивости склонов и откосов, анализа величин фильтрации и степени консолидации грунтов и пр. (рис. 6).

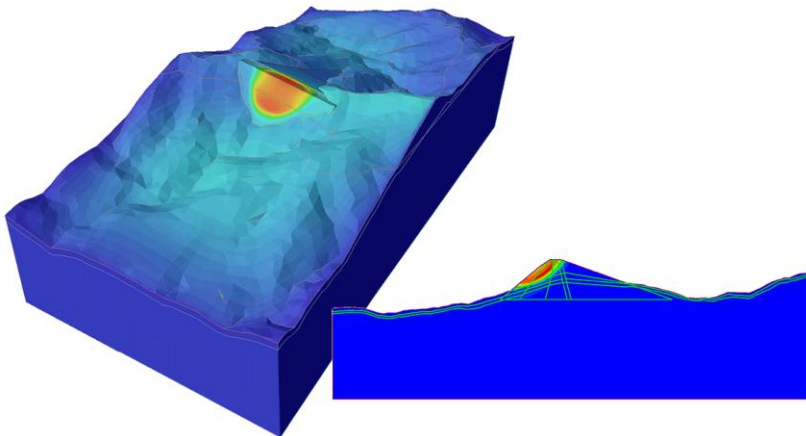


Рис. 6. Главным преимуществом интеграции между RS2 и RS3 являются легкие переходы между двумерными и трехмерными моделями, обеспечивающие получение наилучших результатов анализа напряжений в грунтовых массивах методом конечных элементов

RSData и Slide2, Slide3, RS2, RS3

Программа RSData является универсальным инструментом для обработки и анализа данных по прочности и деформируемости скальных и дисперсных грунтов, полученных при одноосных, двухосных, трехосных и сдвиговых испытаниях, на основе моделей Хёка – Брауна, Мора – Кулона, Бартон – Бандиса и Power Curve («Пауэр Кёрв»). В состав RSData входит автономно работающая база данных по свойствам грунтов RocProp, которая содержит более 700 параметров, таких как сопротивление сжатию, сопротивление разрыву, показатели упругих свойств, параметры Хёка, а также скоростные параметры.

RSData облегчает рабочий процесс при интеграции с такими основными программами от Rocscience, как Slide2, Slide3, RS2 и RS3. Характеристики материалов, определенные в RSData, легко импортируются (без ручного ввода данных) в указанные 2D или 3D программы для численного анализа, что значительно ускоряет рабочий процесс и является ключевым преимуществом.

RS2 и RocTopple

RocTopple – это программа для анализа на опрокидывание и для проектирования поддержки склонов и откосов на основе стандартов Еврокода 7 (Eurocode 7), которые

позволяют определять коэффициенты устойчивости для различных зон анализа. С ее помощью можно легко визуализировать разрушение склона или откоса в двумерном или трехмерном варианте. Помимо детерминированного анализа RocTopple поддерживает вероятностный анализ и анализ чувствительности. Вероятность обрушения рассчитывается и выводится в графическом виде.

Интеграция программ RocTopple и RS2 дает следующие основные преимущества. Можно легко экспортировать подробные данные по геометрии склонов или откосов и блоков из RocTopple в виде файлов DFX в RS2 для выполнения эффективного расширенного анализа устойчивости и механизмов разрушения склонов или откосов с использованием метода конечных элементов, а также для верификации полученных результатов.

EX3 и RS3

Программа EX3 предназначена для быстрого инженерного анализа создания подземных выработок в скальных породах, например шахт и тоннелей. Она была разработана в основном для анализа напряжений, но ее инструменты визуализации могут применяться к широкому спектру трехмерных данных геотехнического строительства (даже, например, для визуализации наборов таких данных по микросейсмике, как сейсмическая скорость, параметры источника и плотность событий).

Для проектов, требующих более глубокого анализа, помогает интеграция EX3 и RS3. Возможность непосредственного импорта моделей из EX3 в RS3 и наоборот позволяет преобразовывать геометрию, назначать материалы, поля напряжений и интересующие зоны для беспрепятственного выполнения расчетов.

Таким образом, для сложных подземных выработок интеграция EX3 и RS3 упрощает и ускоряет анализ и предоставляет необходимую подробную информацию, что является ключевым преимуществом (рис. 7).

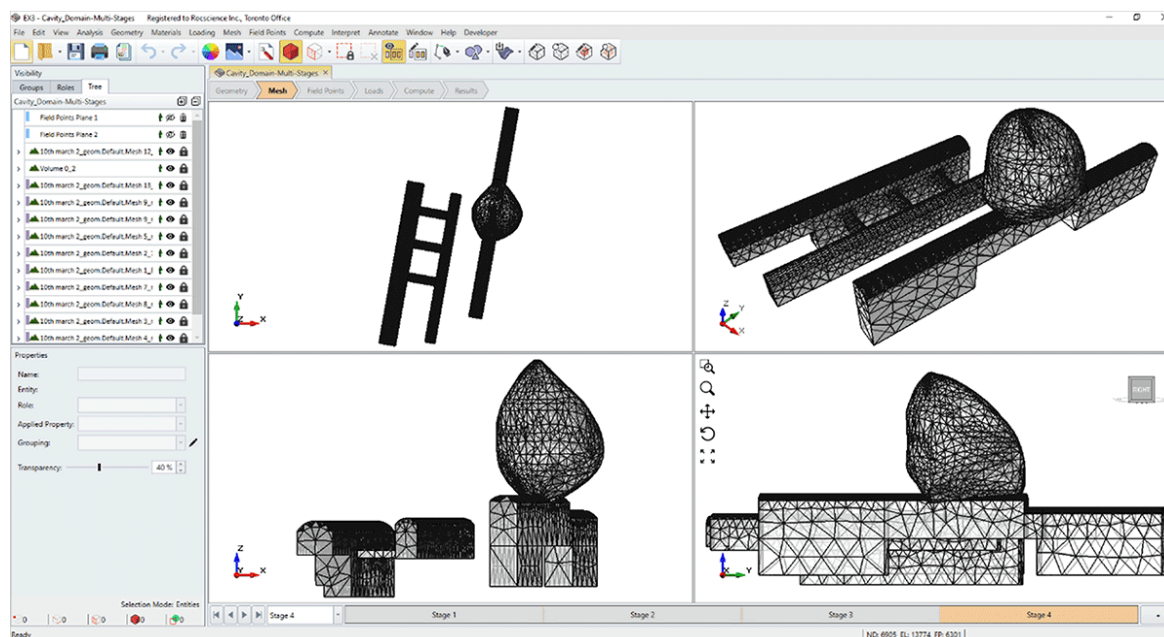


Рис. 7. Для сложных подземных выработок интеграция EX3 и RS3 упрощает и ускоряет анализ и предоставляет необходимую подробную информацию

Settle3 и RSLog

Settle3 представляет собой инструмент для 3D анализа вертикального уплотнения и осадок грунтовых оснований, насыпей и земляных дамб под воздействием нагрузок на поверхность. С помощью этой программы быстро создаются комплексы профилей грунтов и условий нагружения, а результаты отображаются в трех измерениях. Моделирование может выполняться в зависимости от времени поэтапно – для временных интервалов, заданных пользователем. Моделируются разнообразные материалы с линейным и нелинейным поведением. Профиль грунтовых вод отображается по стадиям. Можно точно определить условия горизонтального и вертикального дренажа. Нагрузка той или иной формы может задаваться постадийно на любой глубине.

RSLog – это новое простое в использовании web-приложение для создания буровых журналов и управления геотехническими данными по скважинам. Оно может использоваться для геотехнических, экологических, нефтяных, газовых и/или горнодобывающих проектов. С его помощью можно упростить процесс сбора, просмотра и подготовки буровых журналов без необходимости загрузки программного обеспечения. Доступ к нему можно получить из любого места и с любого устройства.

Приложение RSLog совместимо с Settle3. Интеграция между ними позволяет избежать ручного ввода данных и легко импортировать данные по скважинам и результаты полевых испытаний (например, количество ударов при стандартных динамических испытаниях на пенетрацию SPT) из RSLog непосредственно в Settle3 для быстрого определения слоев грунта и их свойств. Это не только экономит время, но и обеспечит безошибочность передачи данных.

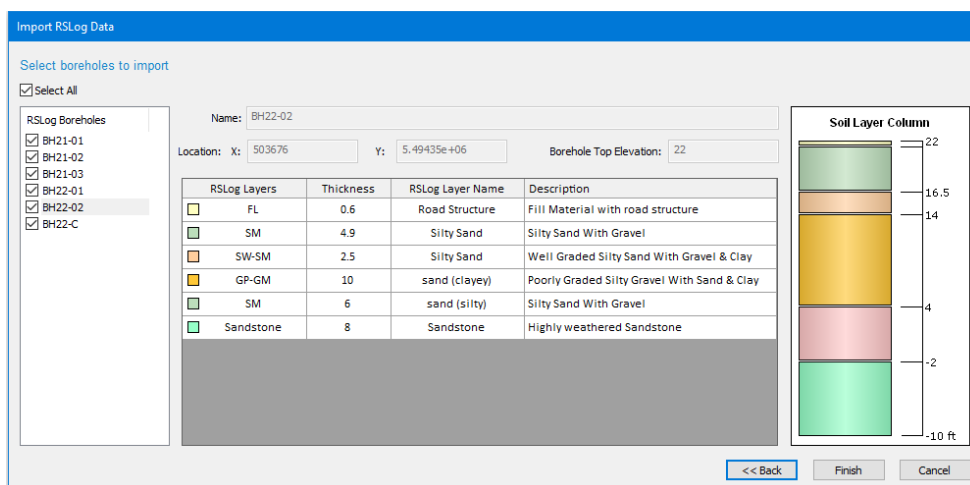


Рис. 8. Интеграция позволяет импортировать данные по скважинам и результаты полевых испытаний из RSLog непосредственно в Settle3 для быстрого определения слоев грунта и их свойств

Dips и SWedge

Программа Dips обладает множеством новых возможностей анализа геологических данных, позволяя выполнять обработку информации по трещиноватости (в том числе кинематический анализ для оценки устойчивости скальных склонов, RQD анализ для классификации массивов скальных грунтов), определять профили по заданным данным на стереографических проекциях и многое другое.

Программа SWedge служит для расчетов устойчивости объемных скальных блоков типа «клин». Она снабжена интегрированной графической системой для быстрого и легкого вывода данных, а также для их визуализации на трехмерной модели. SWedge дает

возможность использовать детерминированный, вероятностный, комбинированный анализ, анализ чувствительности и устойчивости и другие виды анализа. При детерминированном анализе SWedge вычисляет коэффициент устойчивости для конкретного «клина». При вероятностном анализе могут быть введены статистические входные данные для учета неопределенностей в связи с ориентацией структур в пространстве, напряжениями и другими параметрами, а также для расчета возможности обрушения. При комбинированном анализе SWedge рассчитывает все возможные комбинации критических плоскостей для «клина».

Благодаря интеграции Dips и SWedge исходные данные и выявленную в Dips информацию по критическим разрывам сплошности, системам трещин и кинематическим свойствам можно легко преобразовать в форматы Dip и Dip Direction («Падение» и «Направление падения») для импорта в SWedge и дальнейшего детерминированного или комбинированного анализа (в случаях отдельных определяемых пользователем плоскостей или для их наборов соответственно).

Ключевое преимущество такой интеграции заключается в том, что ориентацию критически важных трещин и кинематику склонов можно определить за считанные секунды и использовать эти данные для дальнейшего анализа.

Dips и UnWedge

Программа UnWedge используется для анализа устойчивости и последующей визуализации результатов в 3D для подземных выработок, пройденных в трещиноватых, структурно-неоднородных и структурно-нарушенных скальных грунтах. Она рассчитывает коэффициенты устойчивости потенциально неустойчивых участков грунтового массива («клиньев», формирующихся в кровле и боках горных выработок согласованно с природными системами трещин) и позволяет выбрать места установки и типы систем крепления как для всей выработки, так и для каждого отдельного участка с учетом изменяющихся геологических и технических условий. Графический интерпретатор данных включает в себя богатый набор инструментов для быстрого создания трехмерных моделей и анимации, для удобного отображения опасных «клиньев». Все это способствует обеспечению безопасности и эффективности горных работ.

Интеграция позволяет мгновенно импортировать информацию по ориентации трещин (Dip/Dip Direction – «Падению / Направлению падения») из Dips в UnWedge для детерминированного или вероятностного анализа. Это дает возможность вычислять вероятности обрушений для построенных моделей, экономя массу времени.

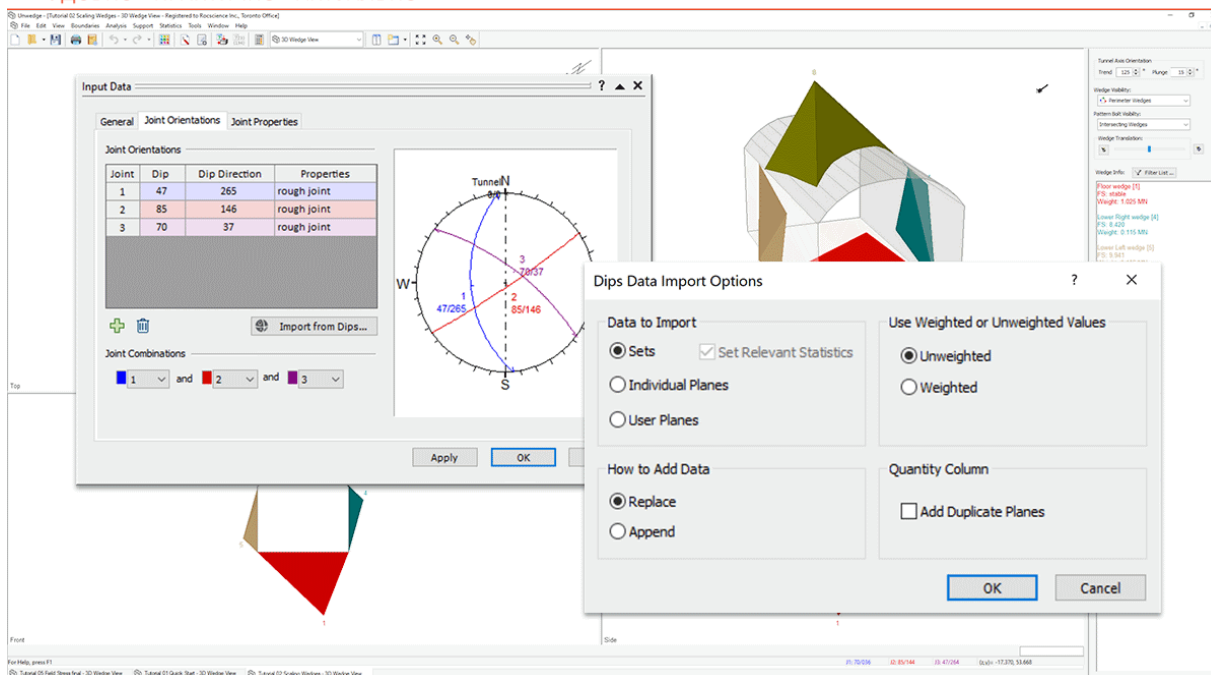


Рис. 9. Интеграция программ Dips и UnWedge позволяет мгновенно импортировать информацию по ориентации трещин из Dips в UnWedge для детерминированного или вероятностного анализа. Это дает возможность быстрее вычислять вероятности обрушений для подземных выработок, пройденных в трещиноватых, структурно-неоднородных и структурно-нарушенных скальных грунтах

Предстоящая интеграция программ RocFall2 и RocFall3

Программы RocFall2 (ранее RocFall) и RocFall3 предназначены для оценки опасностей и рисков камнепадов. Распределения по склону энергий, скоростей, высот отскоков, траекторий камней и точек их остановок определяются этими программами соответственно в двумерном и трехмерном вариантах на основе соответственно двумерного и трехмерного статистического анализа. Эти программы снабжены таблицами для поиска значений многих необходимых параметров.

Компания Rocscience готовит возможность интеграции RocFall2 и RocFall3, которая появится в ближайшее время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отрасли, где важны и время, и деньги, интеграция разных компьютерных программ может дать массу преимуществ, упростив рабочий процесс, повысив производительность и значительно сократив время разработки проектов. Такую возможность дает, например, универсальный набор совместимых между собой программ от компании Rocscience (см. рис. 1).

ИСТОЧНИКИ

1. geoast.pro/dips.
2. geoast.pro/ex3.
3. geoast.pro/rocfall_2019.
4. geoast.pro/roctopple.
5. geoast.pro/rs2.
6. geoast.pro/rsdata.

7. geoast.pro/rspile_2018.
8. geoast.pro/settle.
9. geoast.pro/slide2.
10. geoast.pro/slide3.
11. geoast.pro/swedge.
12. geoast.pro/tpost/lb0jmve6s1-rslog.
13. geoast.pro/unwedge.
14. geoinfo.ru/brand/advanced-survey-technologies/#:~:text=RSData%20-%20универсальный%20инструментарий%20для,3D%20-%20это%203-мерная%20программа.
15. giab-online.ru/files/Data/2019/8/57_64_9_2019.pdf.
16. rocscience.com/learning/continuous-software-means-continuous-innovation-the-new-slide3-rspile-integration.
17. rocscience.com/software/rocfall.
18. rocscience.com/software/rocfall3.
19. The definitive guide to Rocscience's geotechnical software integrations // Rocscience.com. January 31, 2022. URL: rocscience.com/learning/the-definitive-guide-to-rocsiences-geotechnical-software-integrations?utm_medium=email&utm_source=%20rocnews&utm_campaign=February2022.