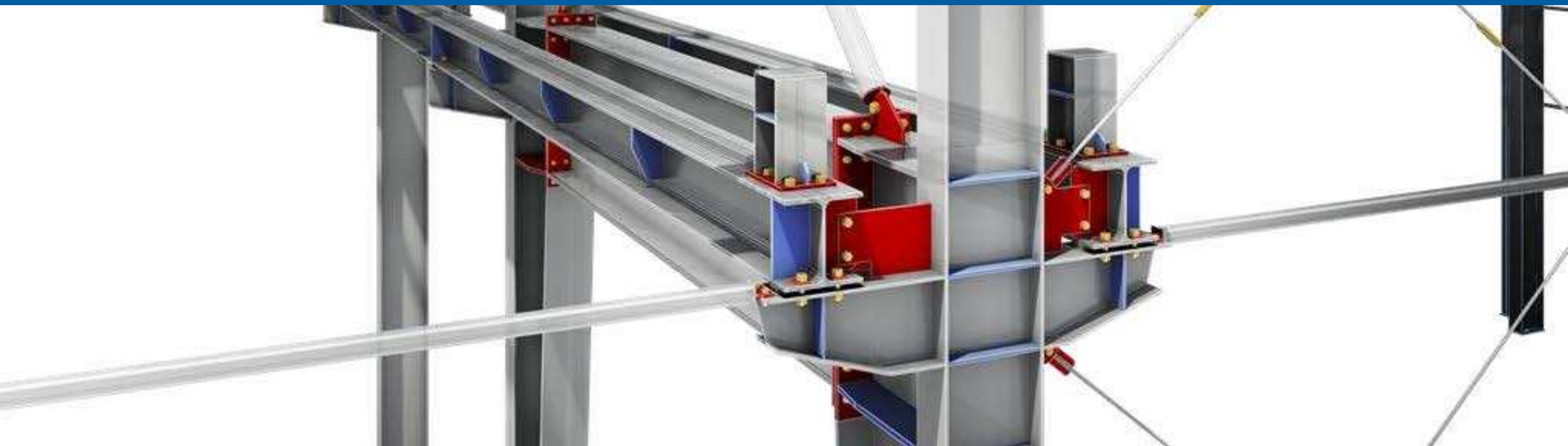


Применение ПК «SOFISTIK» в технологии ВІМ с учётом геотехнического анализа

Минкинен Ю. Э.

к.т.н., главный специалист-конструктор,
консультант компании ПСС



Технология BIM - Building Information Modeling - Информационное Моделирование Здания:

Единая Информационная Модель Здания – модель, содержащая всю необходимую информацию о всех элементах здания.

Особенностью технологии BIM является то, что Архитектор, Конструктор, Специалист по инженерному оборудованию имеют возможность, работая с ЕДИНОЙ информационной моделью здания, взять для своей работы весь необходимый набор данных, откорректировать или дополнить его, и вернуть в модель.

Расчётные программные комплексы

High-End FEA-пакеты

Конструкции и геотехника в одной расчётной схеме

Базовые FEA-пакеты

Конструкции и геотехника отдельно

Программы для расчётов элементов конструкций

Несущие конструкции

Конструктивная 3D-модель; чертежи КЖ (опалубки, армирование), КМ, спецификации

Архитектура

Архитектурная 3D-модель; планы, фасады, разрезы, ТЭП, спецификации

BIM



Инженерные системы

3D-разводка инженерных систем, устранение коллизий, спецификации

Обмен заданиями в BIM

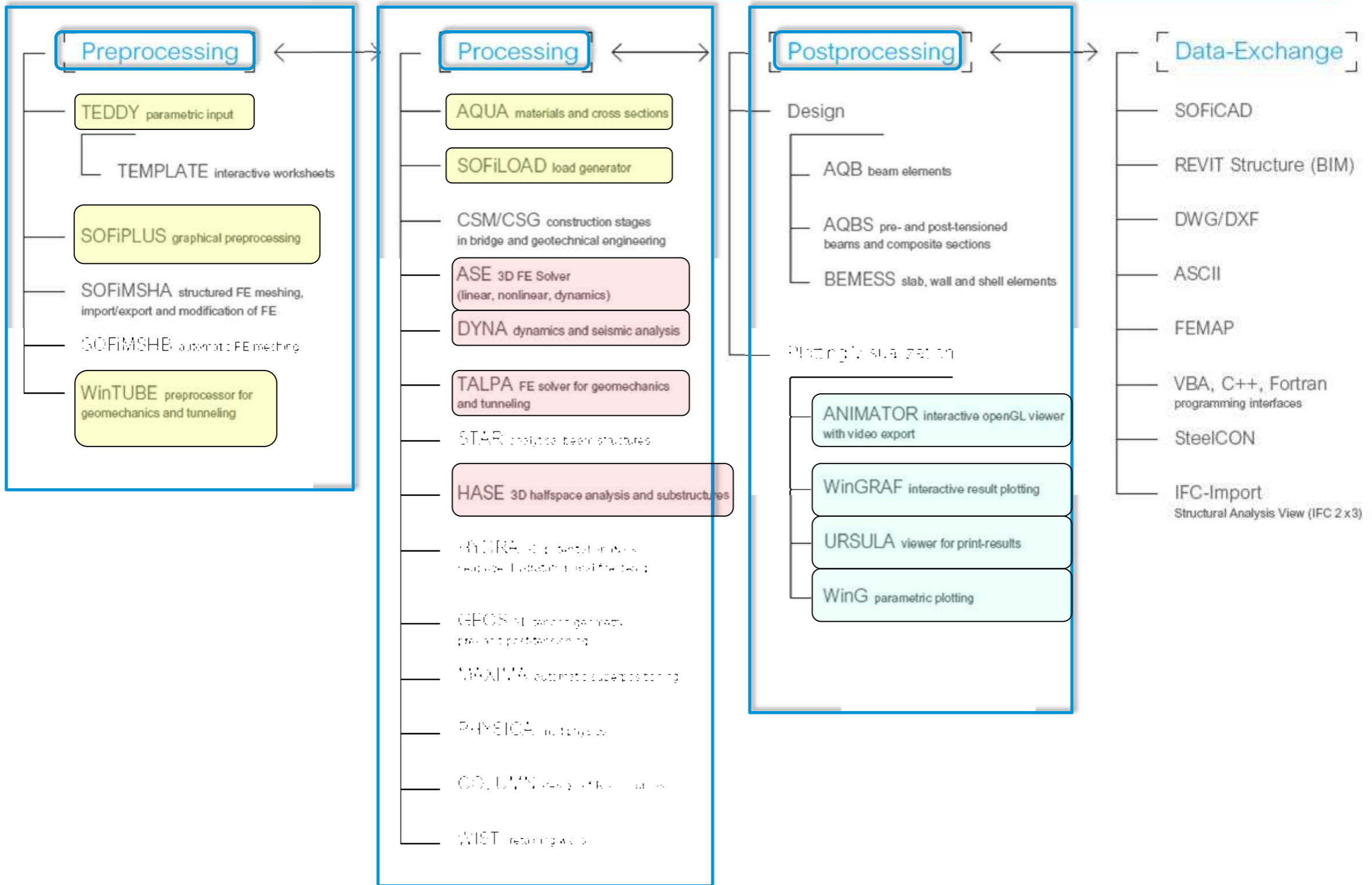
Обмен заданиями в BIM

Обмен заданиями в BIM

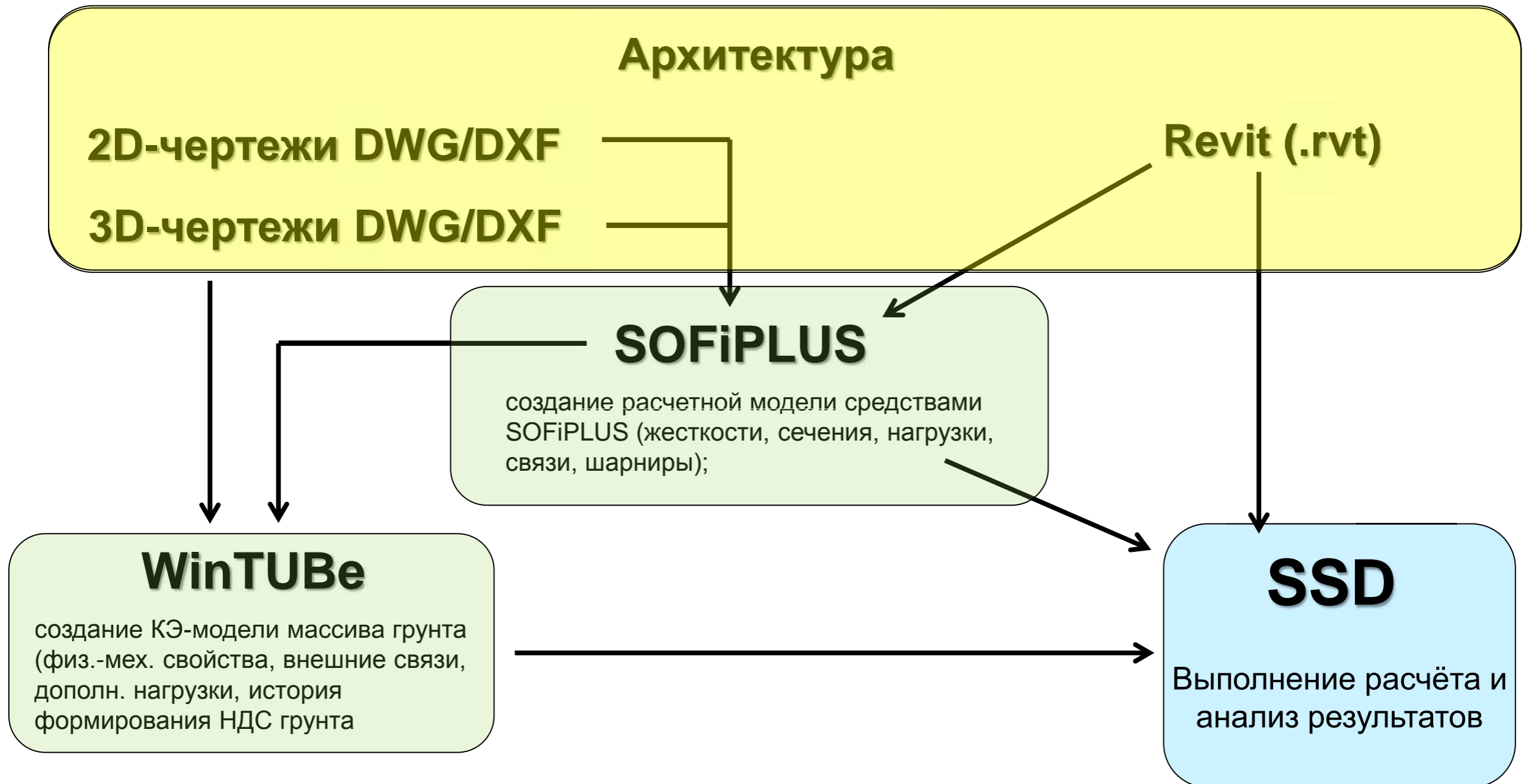
Основное преимущество ПК «Sofistik» - способность решать **единую конструкторско-геотехническую задачу**, в рамках которой:

- Оценивать величины напряжений в конструкциях зданий и сооружений с подбором рациональных сечений, классов материала по прочности, армирования;
- Анализировать осадки сооружений и их неравномерности, крены, прогибы конструктивных элементов;
- Оценивать взаимное влияние зданий и сооружений друг на друга с учётом последовательности их возведения на грунтовом массиве;
- Применять широкий спектр моделей, описывающих нелинейный характер поведения материалов конструкций и грунтового массива;
- Учитывать возможные изменения нагрузок на различных этапах возведения и эксплуатации зданий и сооружений.

SOFiSTiK Database/CDB



В практике использования ПК «Sofistik» для решения **конструкторско-геотехнической задачи**, применительно к многоэтажному зданию из монолитного железобетона:



WinTUBE

Достоинством расчётных схем с применением **объёмных конечных элементов для моделирования грунтового массива** является высокая достоверность геометрии проектируемого здания (при перепадах высот фундаментных конструкций и подземных эксплуатируемых/технических этажей/уровней) и высокая достоверность геометрии рельефа местности (при существенных перепадах высот и прочих особенностях).

Недостатком расчётных схем с применением **объёмных конечных элементов для моделирования грунтового массива** является сравнительно большая трудоёмкость построения расчётной модели, существенное увеличение РАЗМЕРНОСТИ решаемой задачи и ВРЕМЕНИ расчёта... что особенно проявляется при нелинейных расчётах.

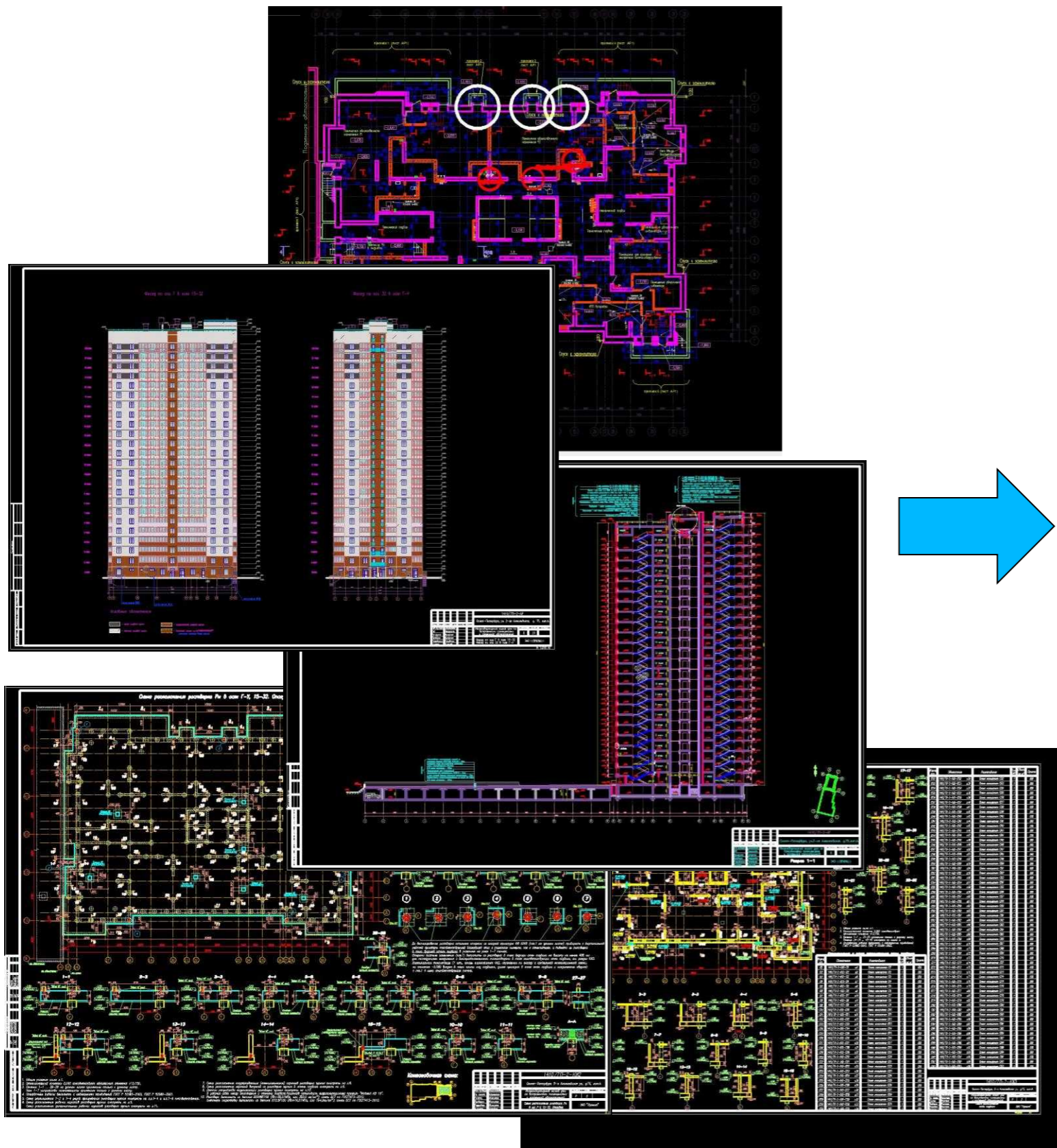
При решении ряда задач возможно применение альтернативной расчётной модели:

HASE

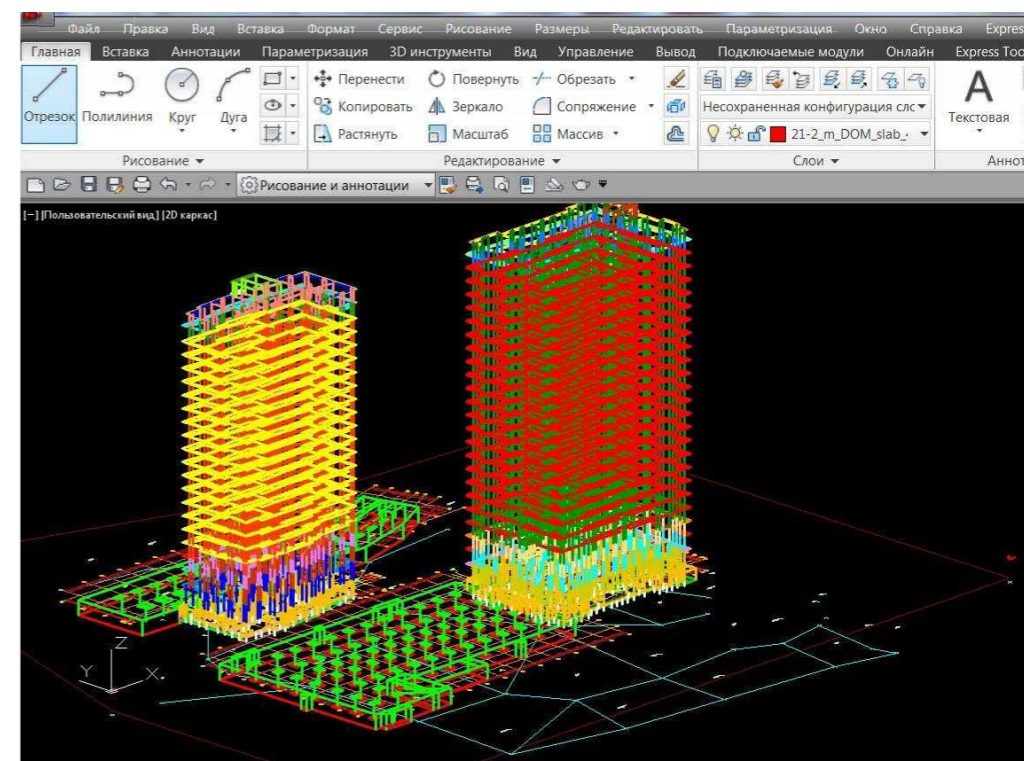
Достоинством расчётных схем с применением **аналитического полупространства для моделирования грунтового массива** является сравнительно меньшая трудоёмкость построения расчётной модели, существенное уменьшение РАЗМЕРНОСТИ решаемой задачи и ВРЕМЕНИ расчёта... что особенно проявляется при нелинейных расчётах, достаточная достоверность геометрии рельефа местности (при отсутствии существенных перепадов высот и прочих особенностей, делающих моделирование поверхности массива плоскостью некорректным).

Недостатком расчётных схем с применением **аналитического полупространства для моделирования грунтового массива** является ограниченность применения (при перепадах высот фундаментных конструкций и подземных эксплуатируемых/технических этажей/уровней) и геометрии рельефа местности (при существенных перепадах высот и прочих особенностях).

2D-чертежи DWG/DXF



3D-чертежи DWG/DXF

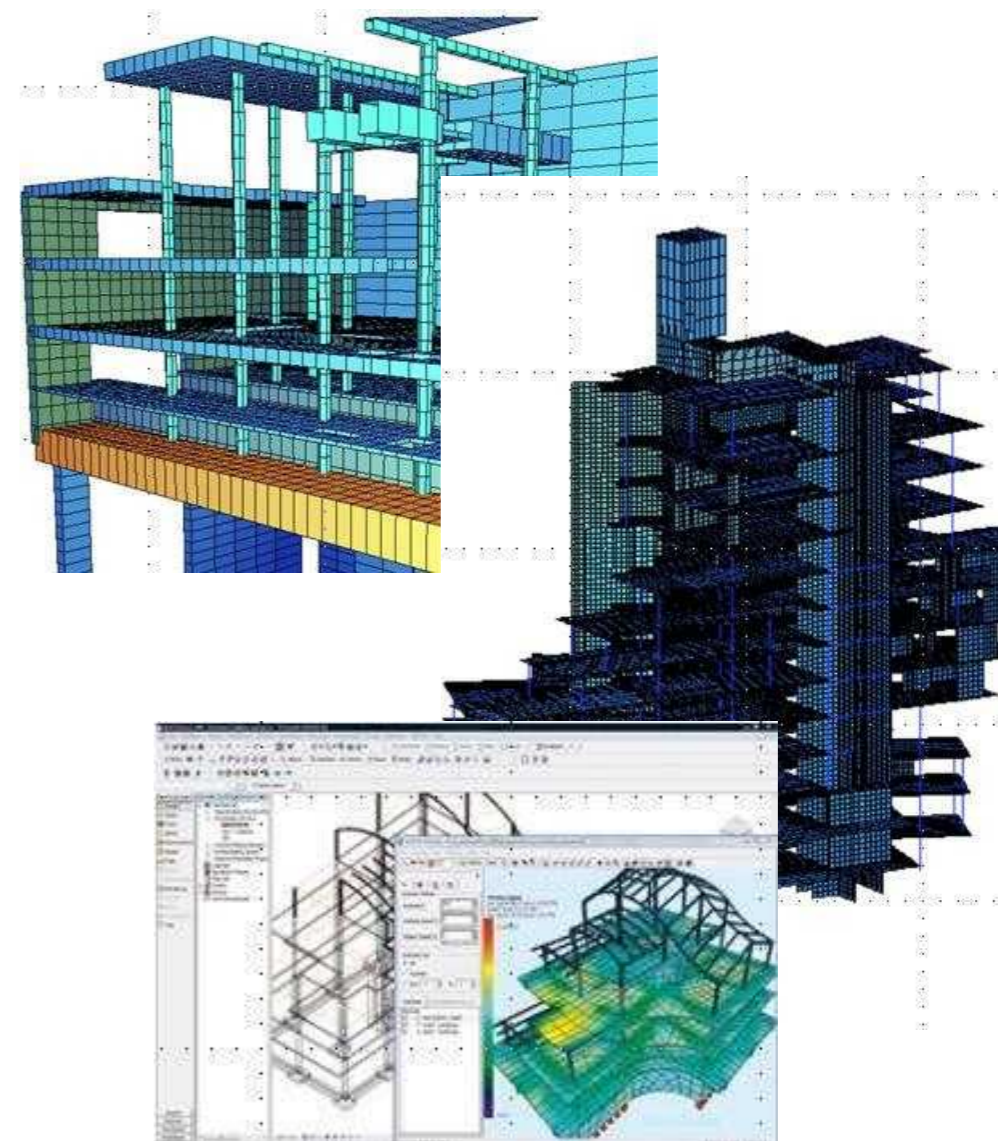
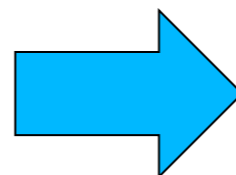
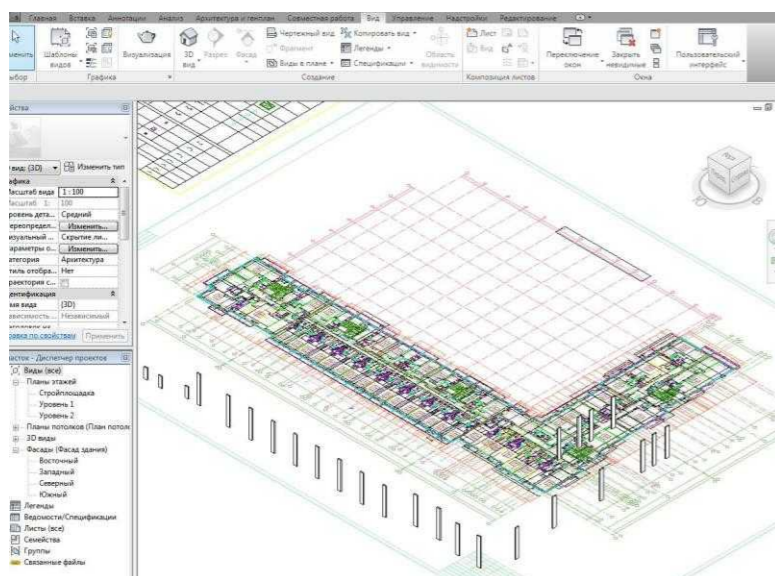
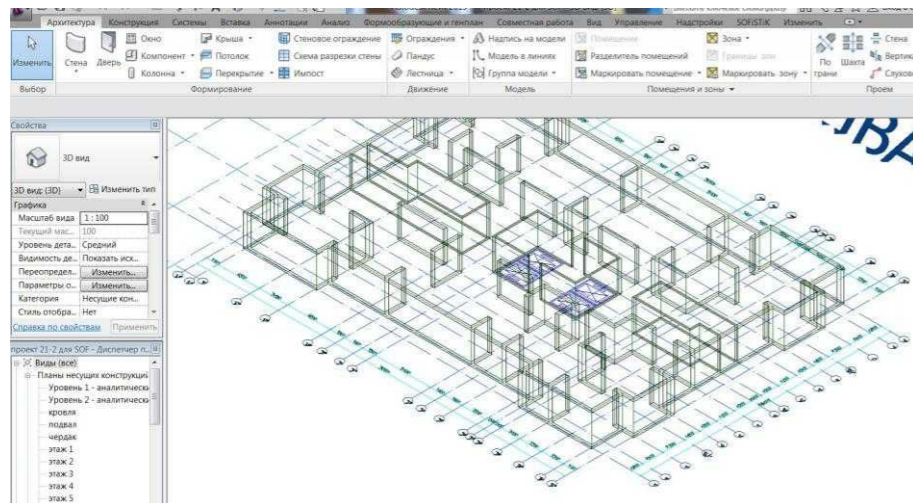


SOFiPLUS
создание расчетной модели средствами SOFiPLUS (жесткости, сечения, нагрузки, связи, шарниры);

Revit (.rvt)

SSD

Выполнение расчёта и анализ результатов



SOFiPLUS

создание расчётной модели

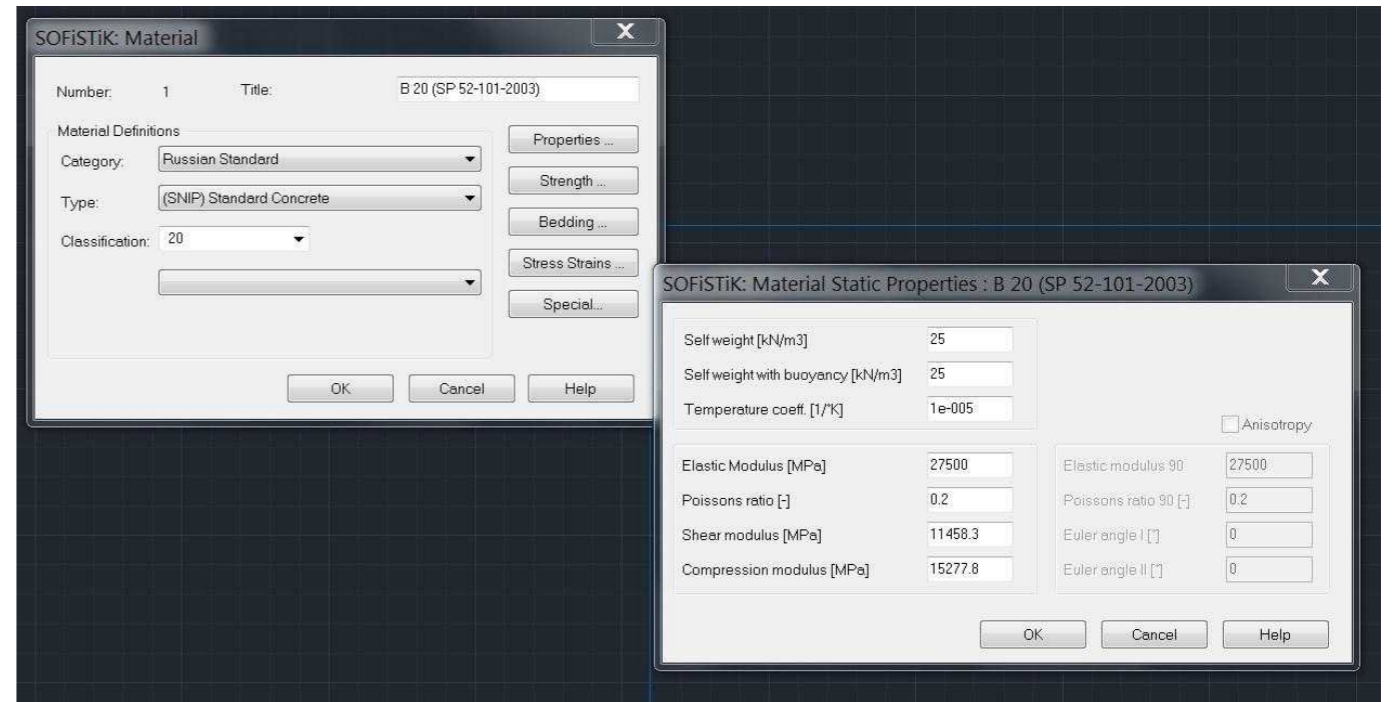
- Материалы;
- Сечения стержневых элементов;
- Геометрия и параметры пластинчатых элементов;
- Жёсткости;
- Нагрузки;
- **АНАЛИТИЧЕСКИЕ** характеристики основания (опоры, граничные условия);
- Управление нагрузками и загрузениями.

Материалы: БЕТОН

SOFiPLUS
создание расчётной модели

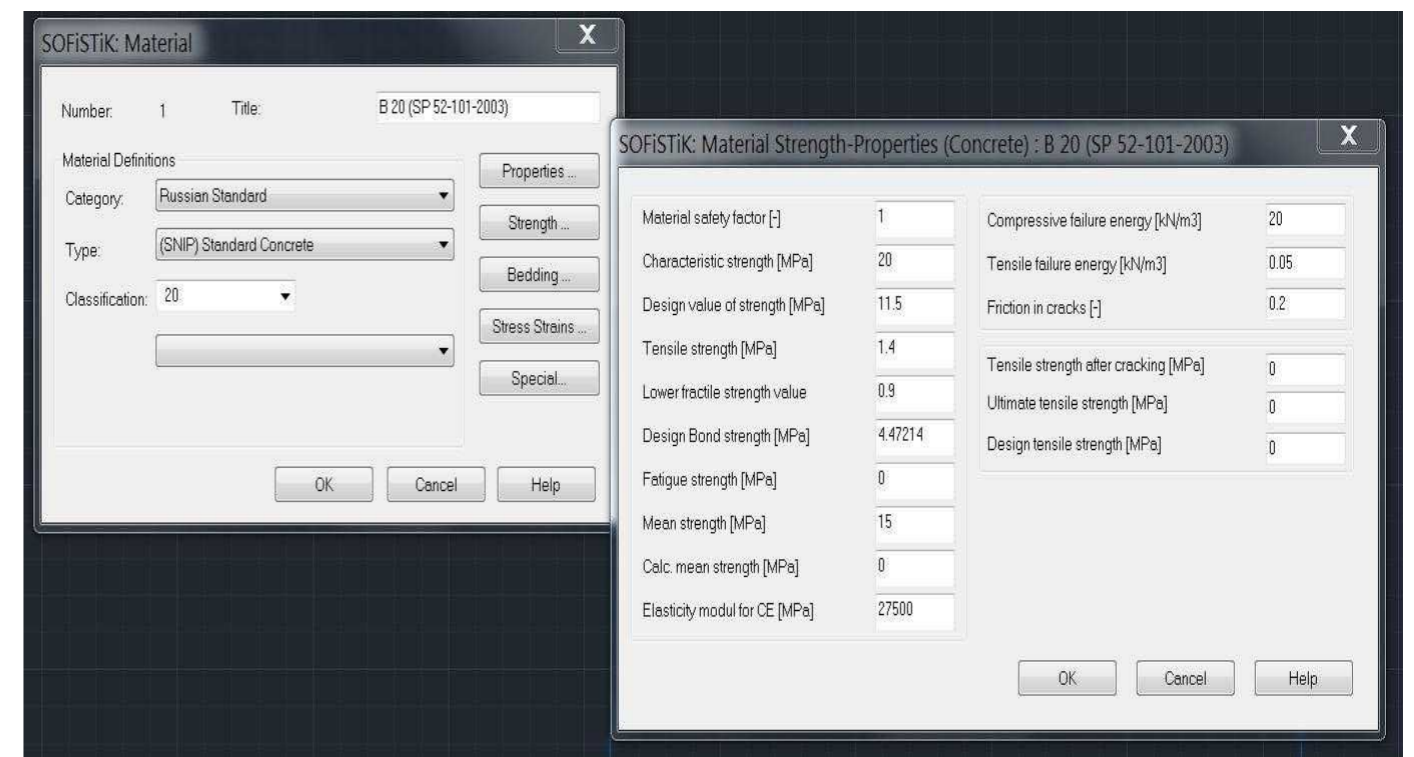
Характеристики для статического расчета:

- собственный вес;
- коэф. температурного расширения;
- модуль упругости;
- Коэффициент Пуассона;
-



Прочностные свойства бетона:

- прочности на сжатие;
- прочности на растяжение;
-

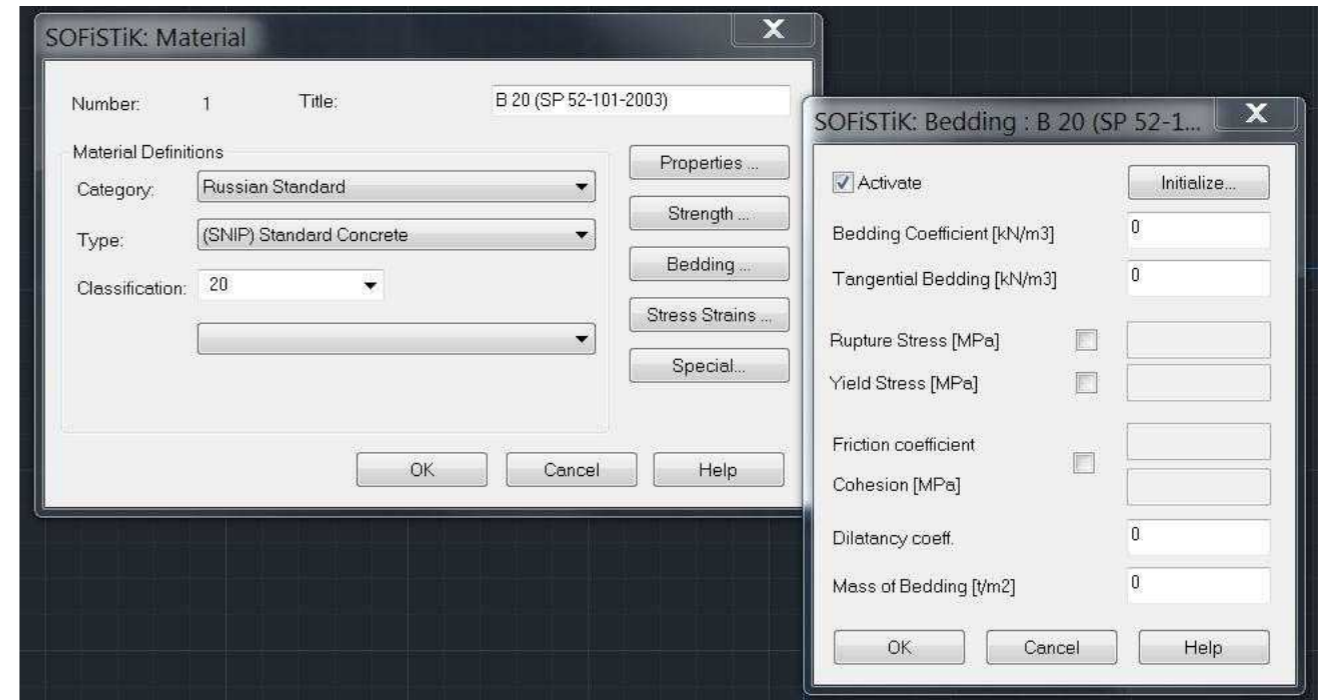


Материалы: БЕТОН

SOFiPLUS
создание расчётной модели

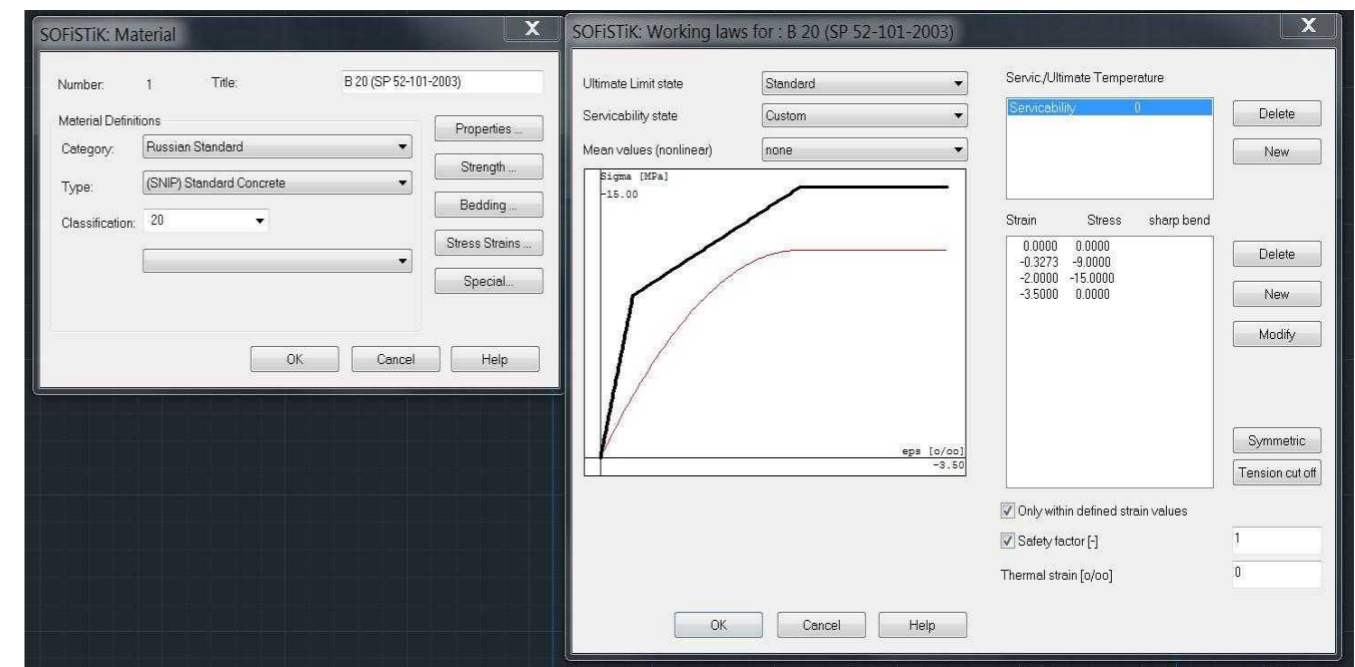
Характеристики основания/примыкания (граничные условия):

- коэффициенты упругого основания;
- коэффициент трения;
- сцепление;
- коэффициент дилатансии;
-



Поведение материала под нагрузкой:

- Параметры диаграммы «напряжение-деформация»;
-

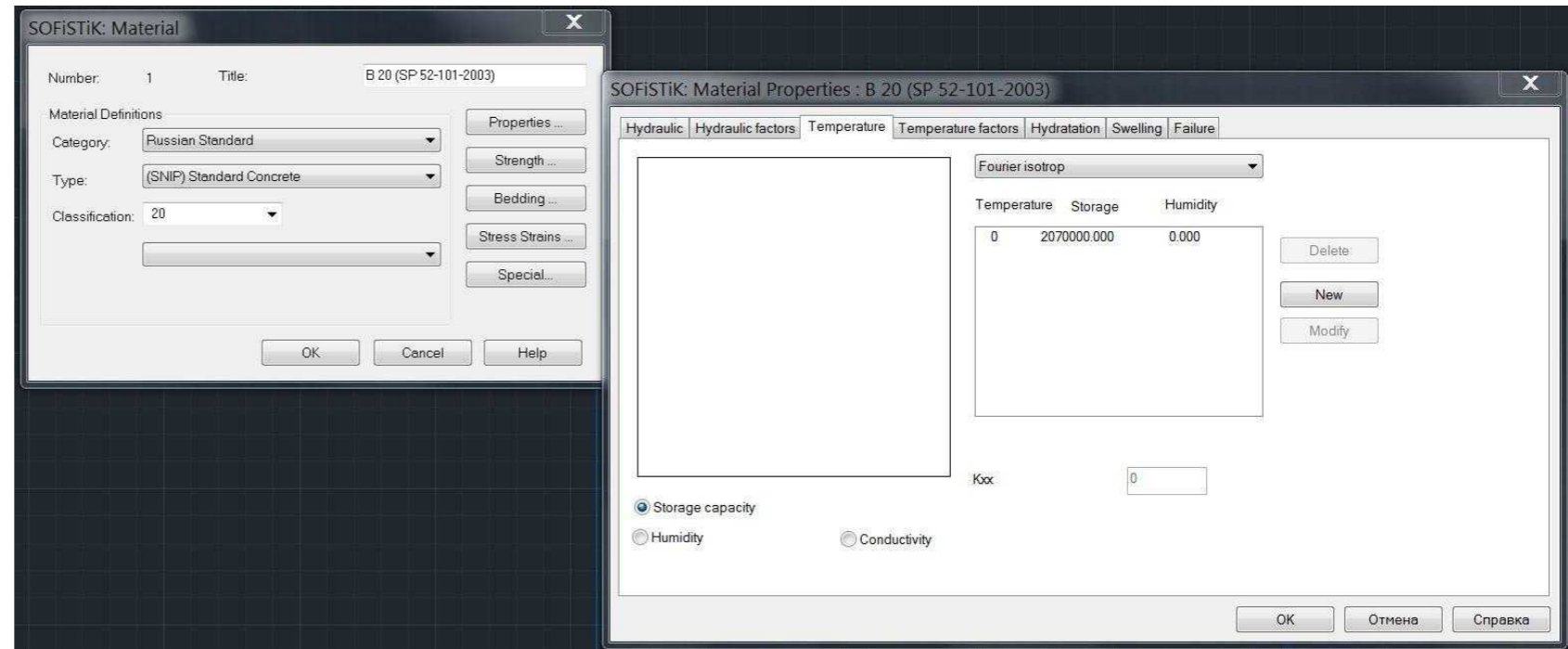


Материалы: БЕТОН

SOFiPLUS
создание расчётной модели

Специальные исходные данные:

- влажность;
- температура;
- фильтрация;
-



Соответствующим структурным элементам присваивается НОМЕР заданного материала, и элемент (все конечные элементы МКЭ-модели, входящие в данный структурный элемент) наделяются описанными свойствами.

Материалы: АРМАТУРА

SOFiPLUS
создание расчётной модели

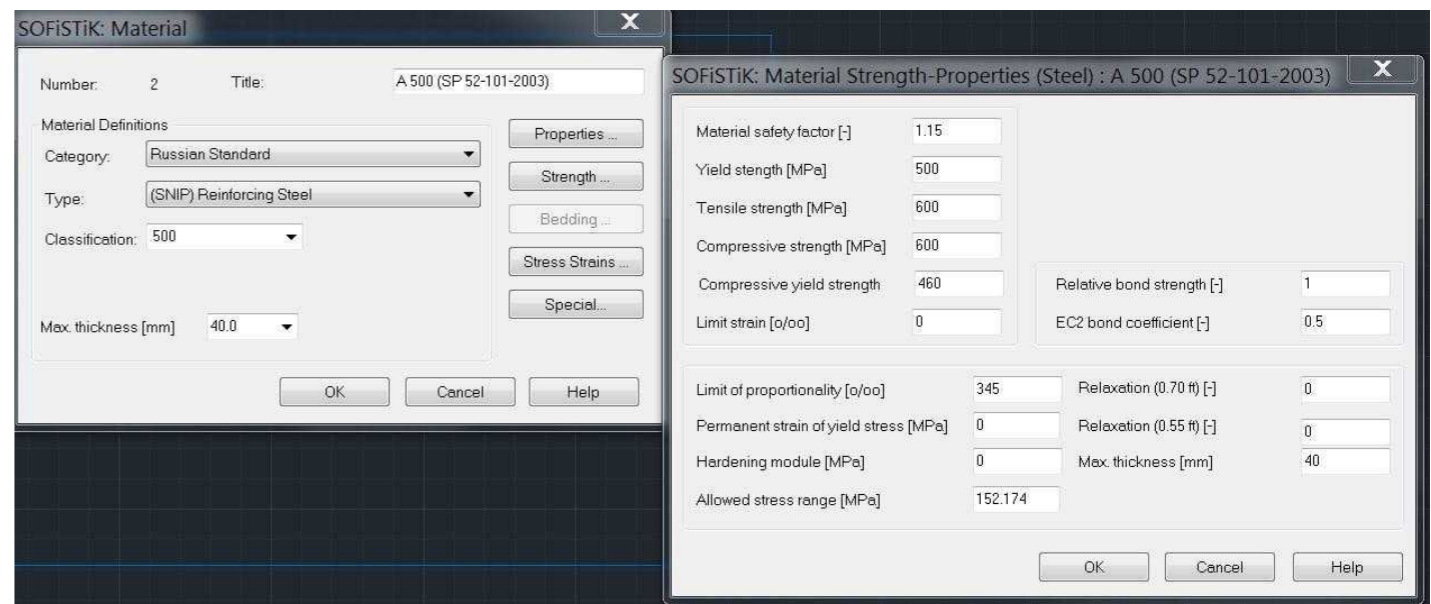
Характеристики для статического расчета:

- собственный вес;
- коэф. температурного расширения;
- модуль упругости;
- Коэффициент Пуассона;
-



Прочностные свойства арматуры:

- прочности на сжатие;
- прочности на растяжение;
-

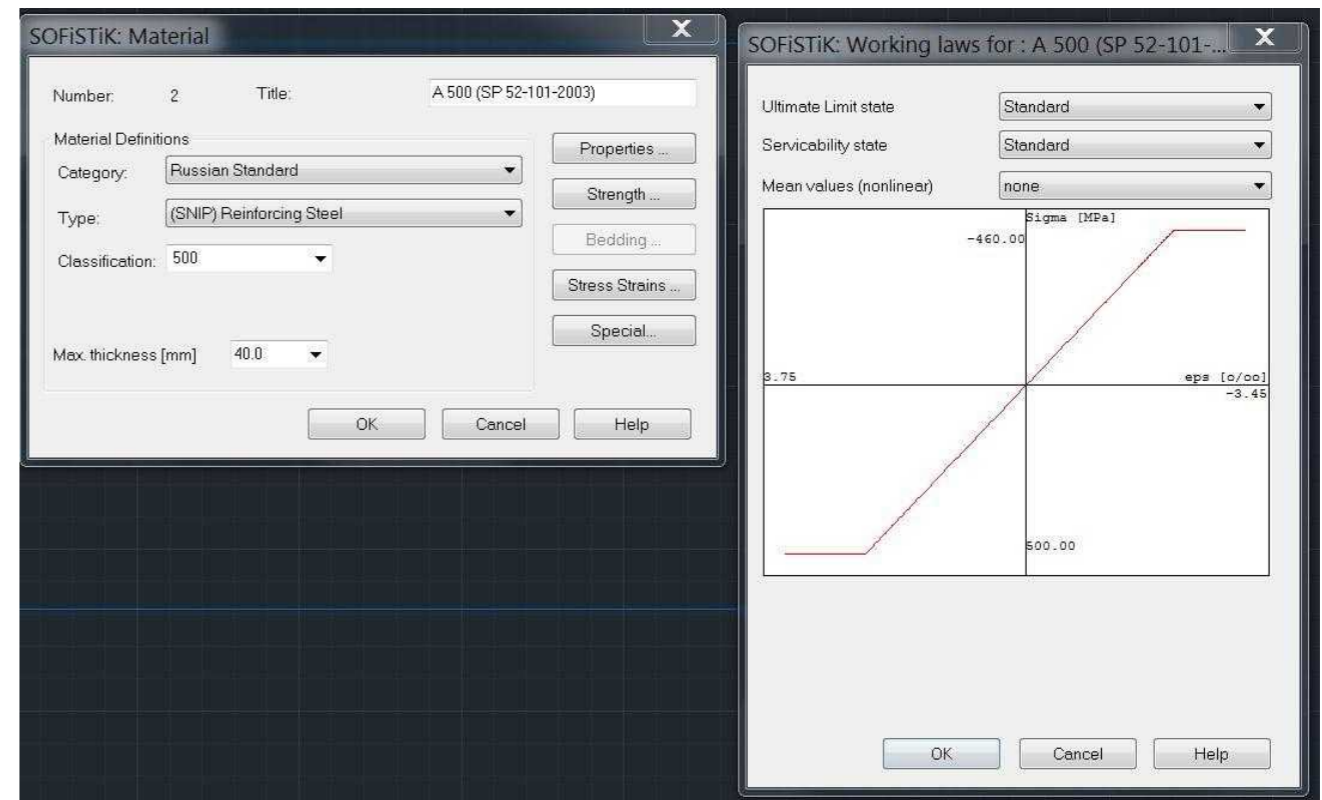


Материалы: АРМАТУРА

SOFiPLUS
создание расчётной модели

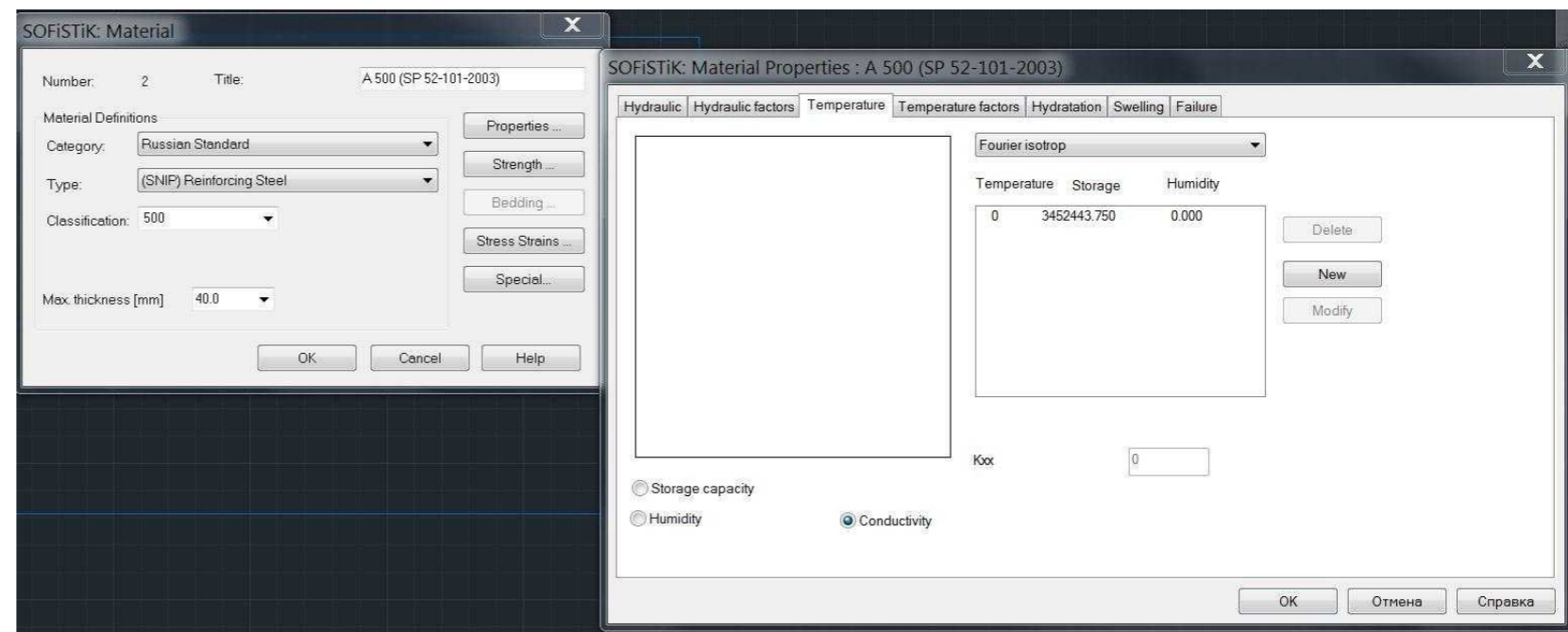
Поведение материала под нагрузкой:

- Параметры диаграммы «напряжение-деформация»;
-



Специальные исходные данные:

- температура;
- проводимость;
-



Поперечные сечения:

SOFiPLUS
создание расчётной модели

Характеристики сечений:

- материал;
- геометрия сечения, толщина;
- армирующий материал;
- Параметры расположения армирования в сечении;
-

SOFiSTiK: Cross-Section T-Beam No: 1

Material: 1 B 20 (SP 52-101-2003)

Overall height [m]: 1

Width of web [m]: 0.2

Thickness of flange [m]: 0.2

Overall width of flange [m]: 1

Factor for Torsional moment: 1

Vy Factor for shear deformation ϵ : 0

Vz Factor for shear deformation ϵ : 0

Shear-center (horiz) [m]: 0

Shear-center (vert) [m]: 0

Position of origin: Center of gravity

Inverted T-Beam

Width of equivalent hollow section [m]: 0.2

Reinforcement

Material: 2 A 400 (SP 52-101-2003)

Type of reinforcement: two-sided

Kind of Reinforcement: line reinforcement

Factor:


no minimum shear reinforcement

Inclination shear link [cot]: 0

	Distance [mm]	Area [cm ²]	Diameter [mm]
Top	100	0	12
Bottom	100	0	12

Section title: B/H/Bw/Hf 100/100/20/20 cm

Static values >> OK Cancel Help

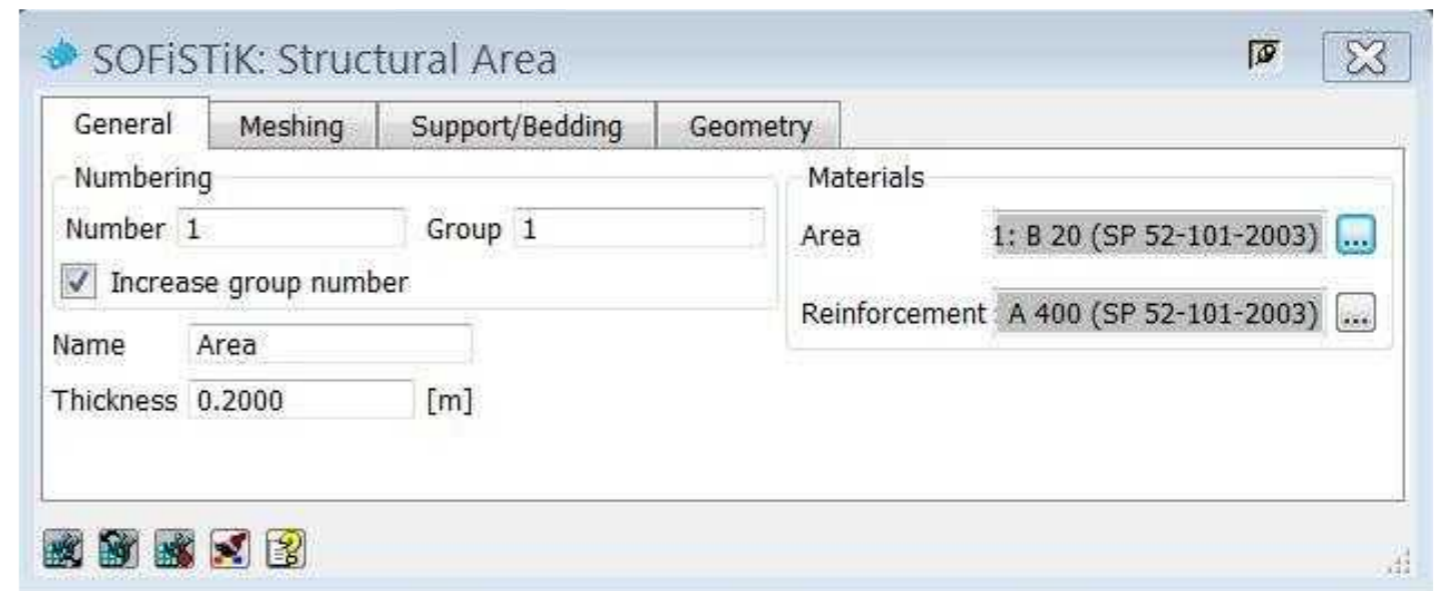


Описание структурного элемента: СТРУКТУРНАЯ ПЛОСКОСТЬ

SOFiPLUS
создание расчётной модели

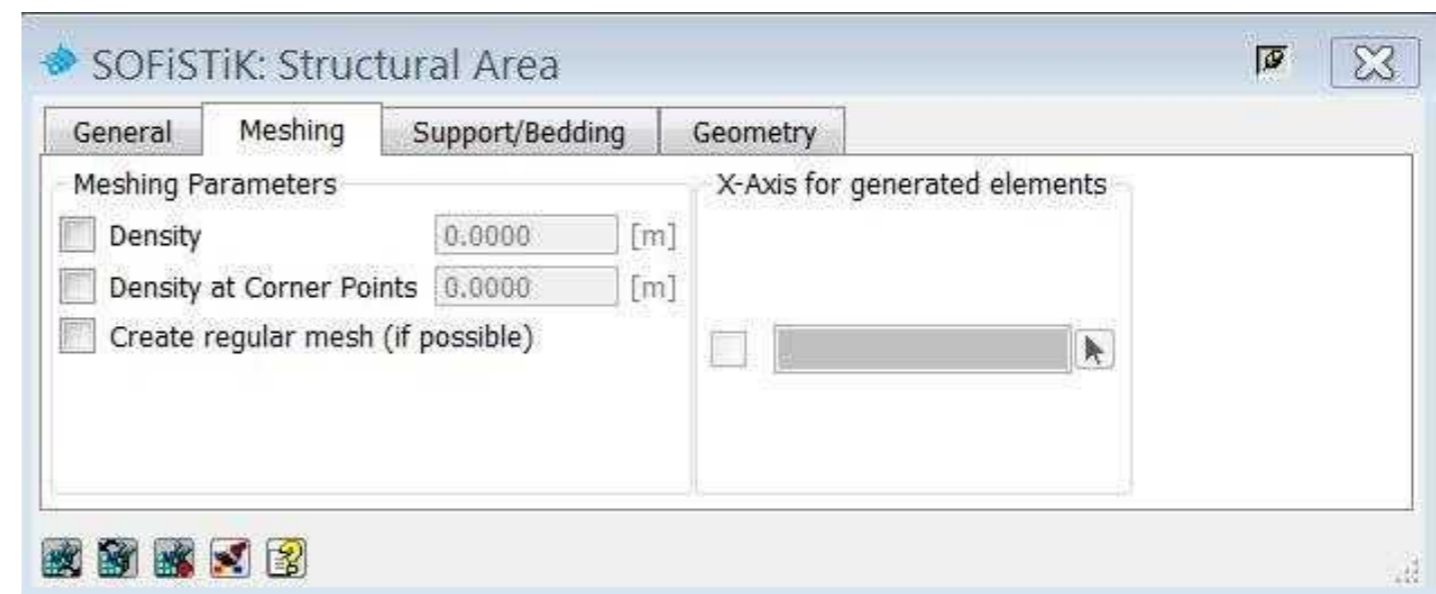
Идентификация:

- номер структурной плоскости;
- номер группы элементов;
- наименование;
- толщина;
- основной и армирующий материал.



Параметры КЭ-сетки:

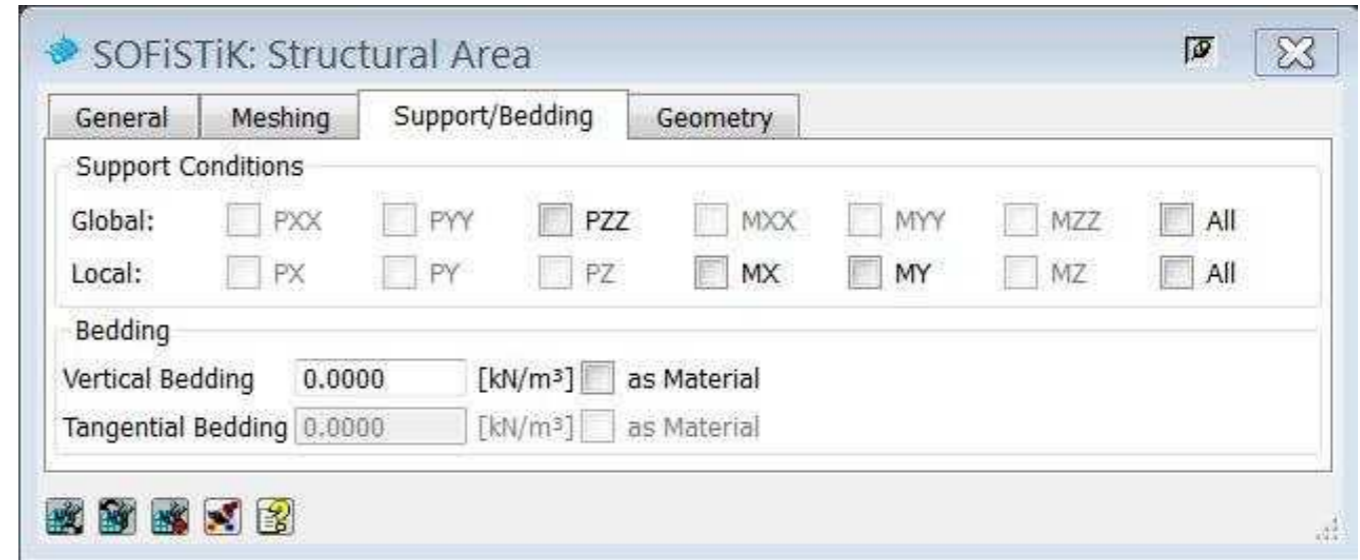
- ПЛОТНОСТЬ СЕТКИ;
- ПЛОТНОСТЬ СЕТКИ В УГЛАХ;
- ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ регулярной сетки (если возможно);
- направление оси X для элементов.



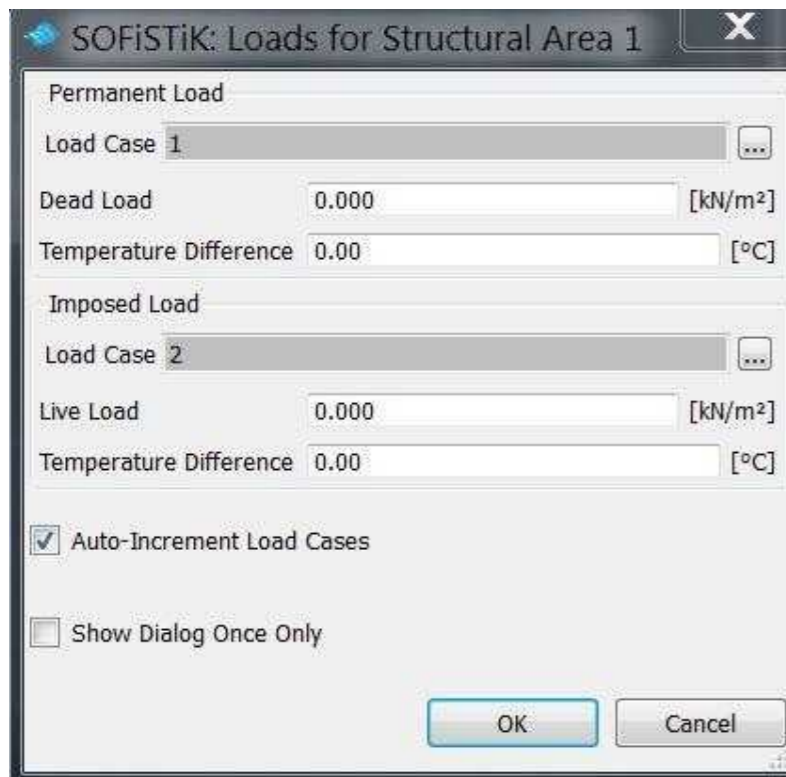
Описание структурного элемента: СТРУКТУРНАЯ ПЛОСКОСТЬ

SOFiPLUS
создание расчётной модели

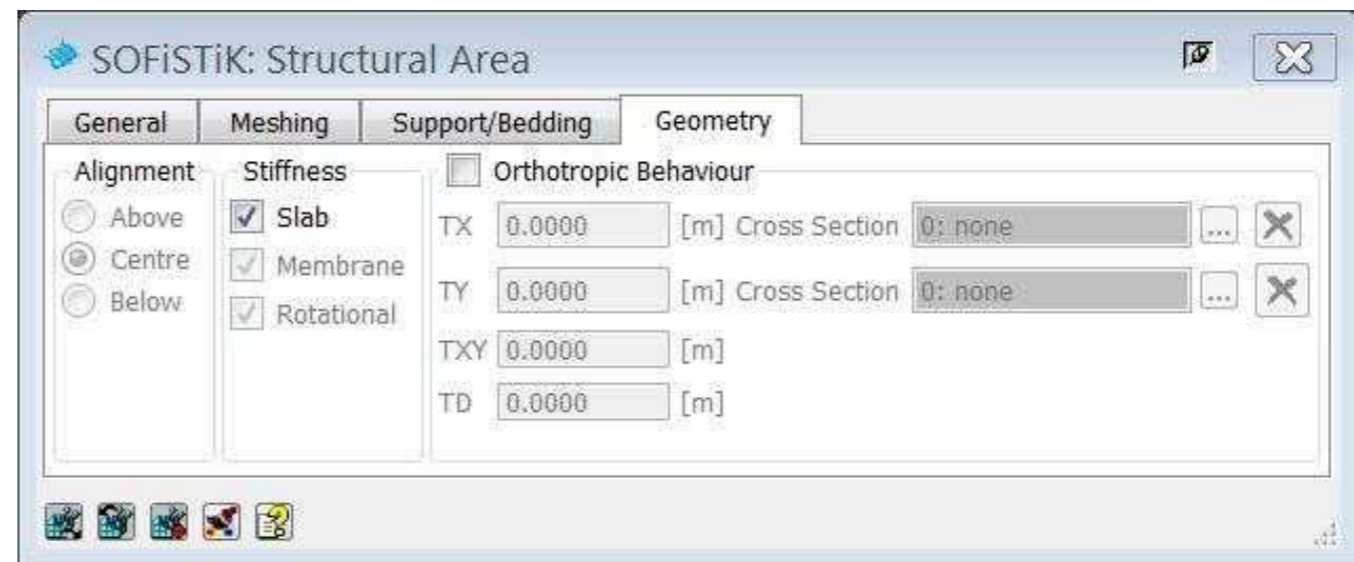
Граничные условия:



Описание нагрузок:
величина, характер,
температурные нагрузки,
присвоение номера нагружения...



Тип структурной плоскости:
плита, мембрана, тело вращения, ортотропные свойства



Описание грунтового основания: СКВАЖИНА («Буровая колонка»)

SOFiPLUS
создание расчётной модели

Общие данные:

- номер скважины (т.с.з.);
- Координаты в расчётной схеме;
- информация о слоях грунтового массива;
- информация о наличии сваи (если есть).

Характеристики слоёв грунта (ИГЭ-1,2,3, ...):

- толщина;
- модуль упругости;
- коэф. Пуассона;
- угол трения;
- Сцепление;
-

Bore Profile

General | Layer Profile | Axial Bedding | Transverse Bedding

Number: 1

Name: Bore Profile 1

Start coordinate: X [m] 0, Y [m] 0, Z [m] 0

Direction: DX 0, DY 0, DZ 1

Kind of Bedding:

- Soil layer profile
Soil-structure interaction with half space calculation.
- Pile bedding
Calculation of pile structures (subgrade reaction modulus analysis).

OK Отмена Справка

Bore Profile

General | Layer Profile | Axial Bedding | Transverse Bedding

Distance [m]: 0 - 0

New Del

Stiffness:

- Stiffness modulus [kN/m²]: 0
- Increment within layer [kN/m²]: 0

Type of: [dropdown]

Poisson's ratio [-]: 0

Input of Poisson's ratio larger than zero activates Boussinesq method

nonlinear properties for pile interaction:

- Max. pressure at pile foot [kN/m²]: 0
- Max. lateral pressure [kN/m²]: 0
- Cohesion [kN/m²]: 0
- Friction angle [°]: 0

OK Отмена Справка

Описание грунтового основания: СКВАЖИНА («Буровая колонка»)

SOFiPLUS
создание расчётной модели

Характеристики свайной опоры в
осевом направлении:

The screenshot shows the 'Bore Profile' window with the 'General' tab selected. The 'Axial Bedding' sub-tab is active. The interface includes a 'Distance [m]' field with values 0 and 0, and 'New' and 'Del' buttons. Below this are several input fields for subgrade modulus: Constant subgrade modulus [kN/m²], Parabolic subgrade modulus [kN/m²], Linear subgrade modulus [kN/m²], and Quadratic subgrade modulus [kN/m²], all set to 0. A 'Loadvalue [kN/m]' field (eg. negative skin friction) is also set to 0. A 'Nonlinear parameter' section contains fields for max skin friction [kN/m], Max. force at pile foot [kN], Friction angle (tan), Dilatancy angle (tan), and Pressure coefficient, all set to 0. At the bottom, there are 'Rotational stiffness' and 'Damping values' sections, each with constant and parabolic subgrade modulus and damping fields, all set to 0. The window has 'OK', 'Отмена', and 'Справка' buttons at the bottom.

Характеристики свайной опоры в
поперечном направлении:

The screenshot shows the 'Bore Profile' window with the 'General' tab selected. The 'Transverse Bedding' sub-tab is active. The interface includes a 'Distance [m]' field with values 0 and 0, and 'New' and 'Del' buttons. Below this are several input fields for subgrade modulus: Constant subgrade modulus [kN/m²], Parabolic subgrade modulus [kN/m²], Linear subgrade modulus [kN/m²], and Quadratic subgrade modulus [kN/m²], all set to 0. A 'Nonlinear parameter' section contains fields for Max. pressure at S1 [kN/m] and Max. pressure at S2 [kN/m], both set to 0. An 'Anisotropic bedding' section contains fields for Factor at 0°, 90°, 180°, and 270°, all set to 0. At the bottom, there are 'Damping' and 'Damping' sections, each with constant and parabolic subgrade modulus and damping fields, all set to 0. The window has 'OK', 'Отмена', and 'Справка' buttons at the bottom.

Грунтовый массив и свайное поле (если есть), моделируемые
средствами SOFiPLUS, используются **для расчётов объекта**
на модели аналитического полупространства (HASE)

WinTUBE

создание расчётной модели

- Материалы;
- Сечения стержневых элементов;
- Геометрия и параметры пластинчатых элементов;
- Жёсткости;
- Нагрузки;
- **Моделирование 3D-основания из объёмных конечных элементов с присвоением физико-механических характеристик;**
- Управление нагрузками и загрузками.

2D-чертежи DWG/DXF

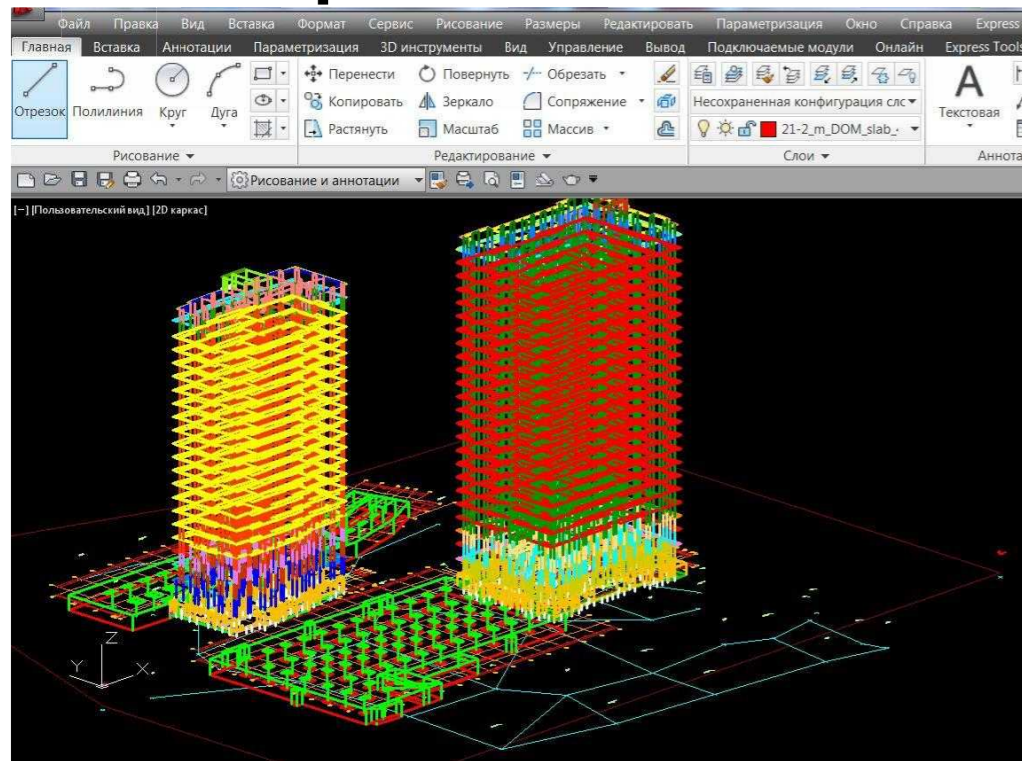


WinTUBE

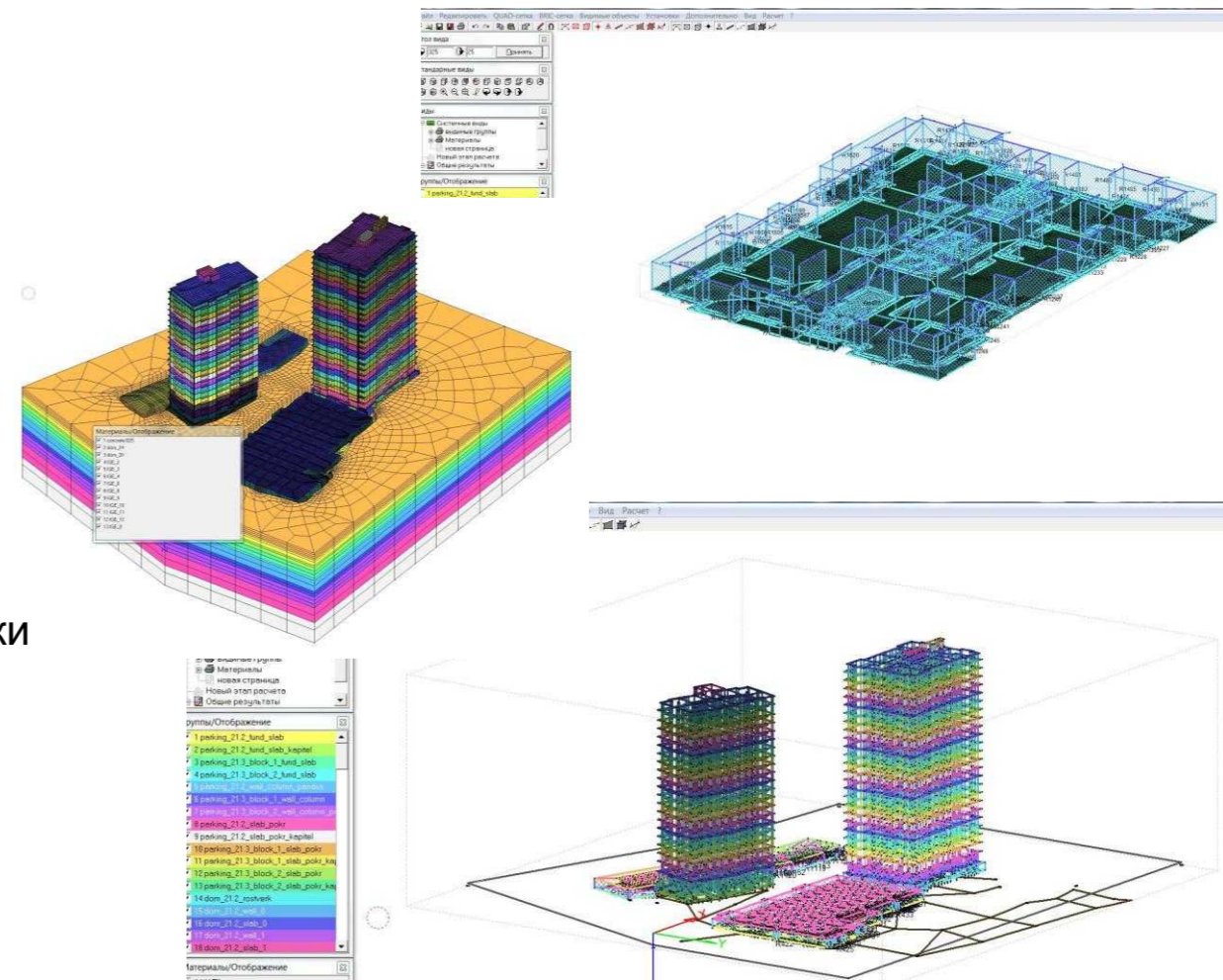
создание КЭ-модели массива грунта (физ.-мех. свойства, внешние связи, дополн. нагрузки, история формирования НДС грунта)

После доработки

3D-чертежи DWG/DXF



После доработки



Программный комплекс предлагает широкие возможности описания физико-механических характеристик материала, в зависимости от **ТИПА МАТЕРИАЛА:**

БЕТОН **СТАЛЬ** **ОБЩИЙ МАТЕРИАЛ**



1. БЕТОН:

Материал--свойства

13 CS_1

Бетон | Основание | HYDRA

Материал - тип
 Бетон Сталь
 Общий материал

Свойства	Значение
Тип бетона	C = нормальный бетон (Eurocode 2)
Класс прочности (условная прочность) [N/mm ²]	14.5
Расчетное значение прочности бетона [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Прочность бетона при растяжении [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Нижнее значение прочности при растяжении [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Модуль упругости [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Коэффициент поперечного расширения или коэффициент Пуассона	* = SOFiSTiK-настройки
Собственный вес [kN/m ³]	* = SOFiSTiK-настройки
Коэф. температурного расширения	* = SOFiSTiK-настройки
Коэф. надежности по материала	* = SOFiSTiK-настройки
Type of service state line [LIT]	* = SOFiSTiK-настройки
Прочность для нелинейного расчета [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Упругий модуль для эксплуатационной надежности [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
прочность [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
предел прочности [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
прочность на растяжение [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
эквивалентная прочность на растяжение после трещинообразования [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
предел прочности на растяжение [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Энергия разрыва при сжатии [Nmm/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Энергия разрыва при растяжении [Nmm/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки
Трение в трещинах [N/mm ²]	* = SOFiSTiK-настройки

Детально> ? Отмена Ok

2. СТАЛЬ:

Материал--свойства

13 | CS_1

Сталь | Основание | HYDRA

Материал –тип
 Бетон Сталь
 Общий материал

Свойства	Значение
Тип материала	BST = арматурная сталь (DIN)
Класс или качество стали	500
Предел текучести (beta 0.02) [N/mm]	* = SOFiSTiK-настройки
Прочность при растяжении [N/mm]	* = SOFiSTiK-настройки
Предел упругости (beta 0.01) [N/mm]	* = SOFiSTiK-настройки
Модуль упругости [N/mm]	* = SOFiSTiK-настройки
Коэффициент поперечного расширения или коэффициент Пуассона	* = SOFiSTiK-настройки
Собственный вес [kN/m]	* = SOFiSTiK-настройки
Козф. температурного расширения	* = SOFiSTiK-настройки
Козф. надежности по материала	* = SOFiSTiK-настройки

Детально> ?

Отмена Ок



3. ОБЩИЙ МАТЕРИАЛ:

Материал--свойства

13 | CS_1

Линейный | Нелинейный | Основание | HYDRA

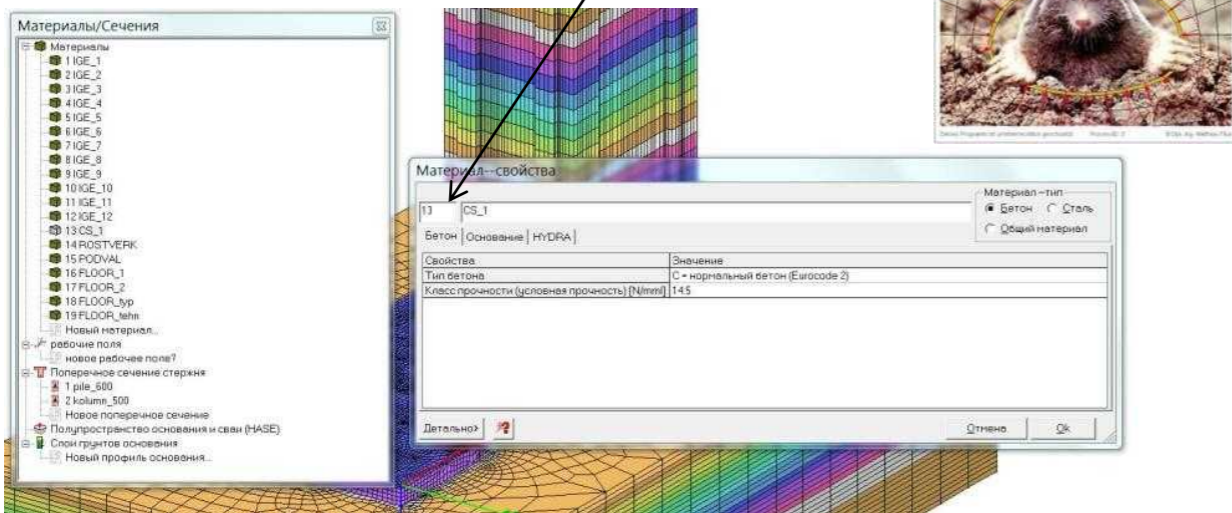
Материал –тип
 Бетон Сталь
 Общий материал

Свойства	Значение
Модуль упругости [kN/m]	9000
Коэффициент поперечного расширения или коэффициент Пуассона	0.3
Модуль сдвига [kN/m]	* = SOFiSTiK-настройки
Модуль объемной деформации [kN/m]	* = SOFiSTiK-настройки
Удельный вес [kN/m]	21.8
Удельный вес во взвешенном состоянии [kN/m]	11.94
Козф. температурного расширения	* = SOFiSTiK-настройки
Модуль упругости в поперечном направлении [kN/m]	* = SOFiSTiK-настройки
Анизотропный коэффициент Пуассона m-xu	* = SOFiSTiK-настройки
Меридианный угол анизотропии вокруг локальной x-оси [°]	* = SOFiSTiK-настройки
Наклонный(убывающий) угол анизотропии вокруг локальной x-оси [°]	* = SOFiSTiK-настройки
Козф. надежности по материала	* = SOFiSTiK-настройки

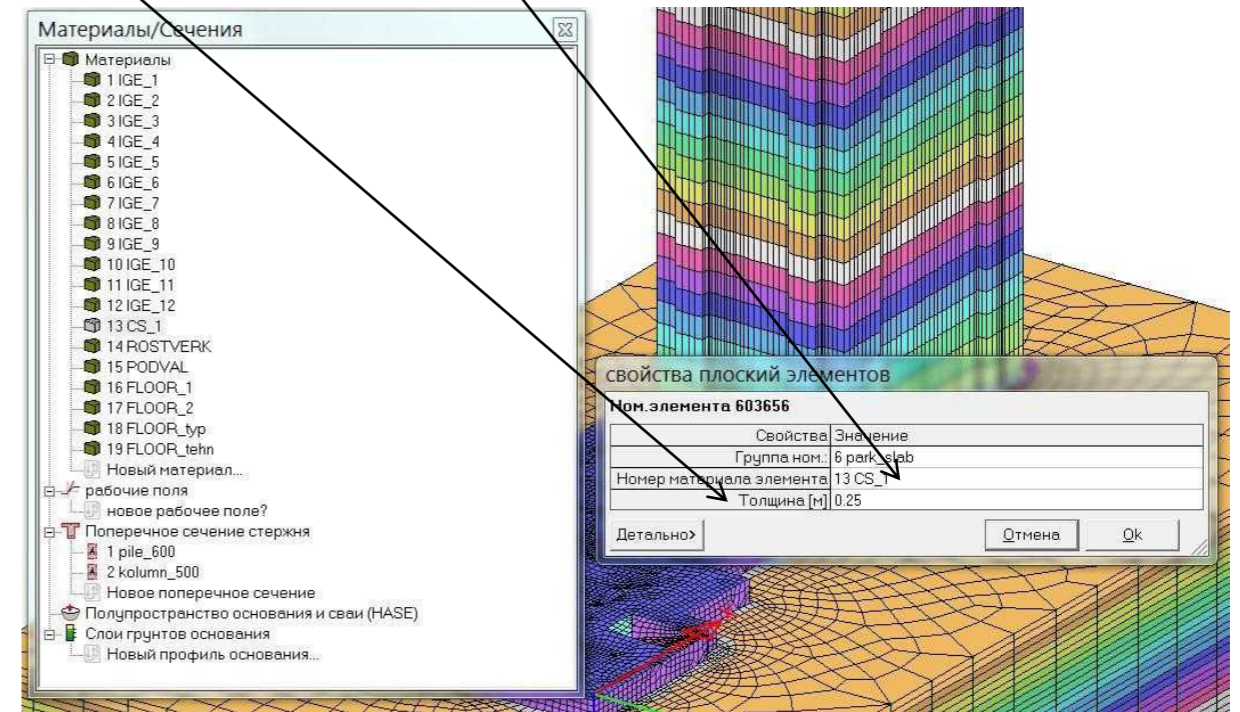
Детально> ?

Отмена Ок

Каждому материалу с его заданными физико-механическими характеристиками и моделью поведения присваивается **НОМЕР**.

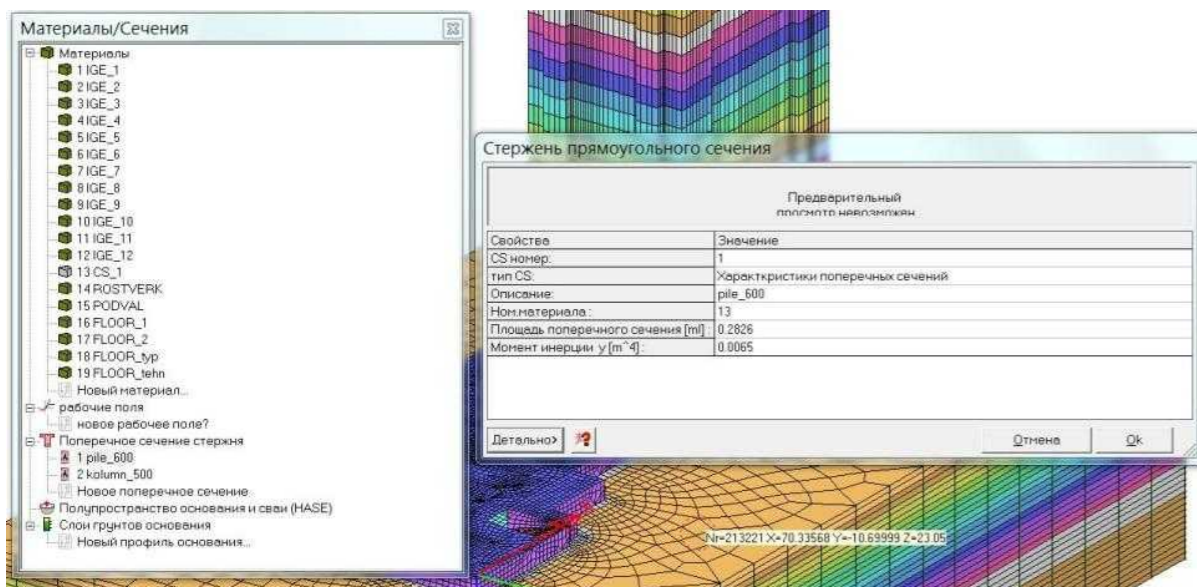


Для **пластинчатых** элементов является достаточным указать **НОМЕР МАТЕРИАЛА** из базы данных и **ТОЛЩИНУ**.

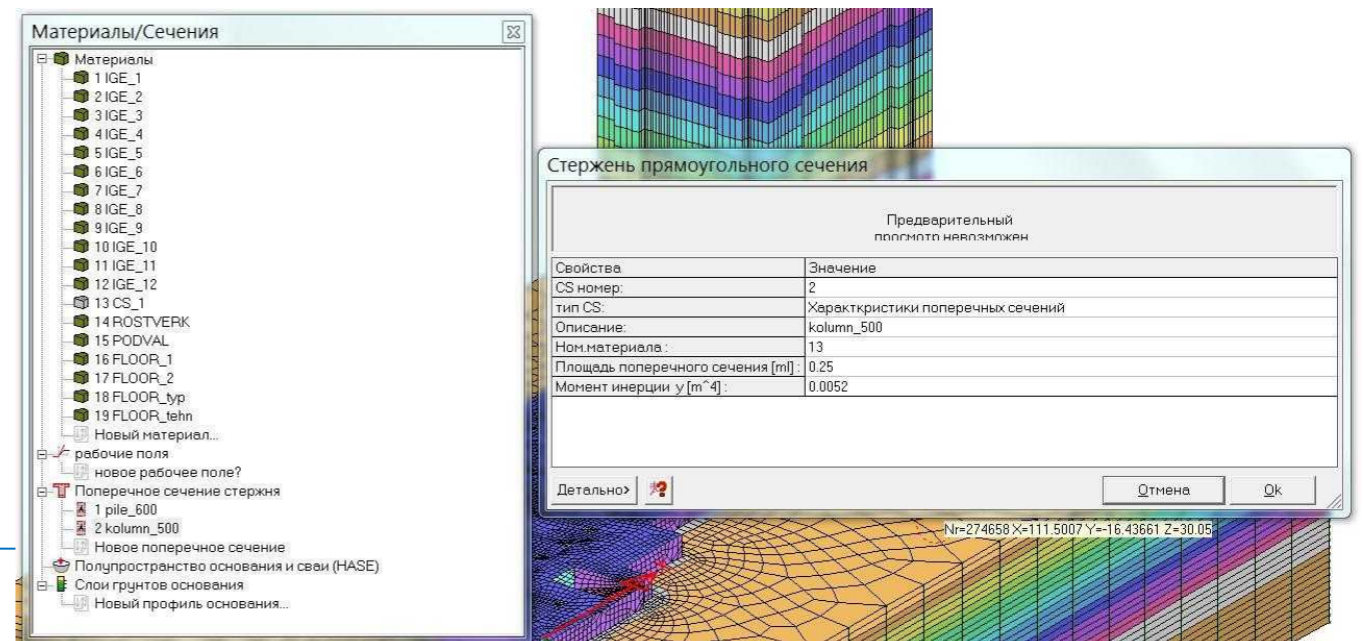


Для **стержневых** элементов, помимо **НОМЕРА МАТЕРИАЛА** указываются необходимые для расчета выбранного типа **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЯ** (например – площадь сечения, момент инерции, и т.п.) :

Стержень – свая круглого сечения:

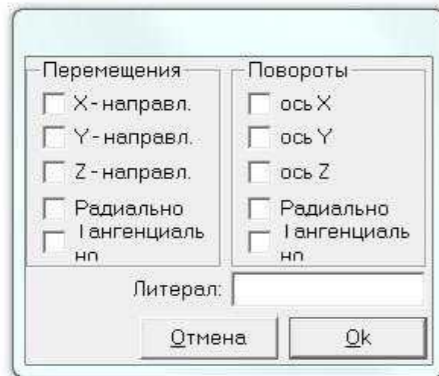


Стержень – колонна прямоугольного сечения:

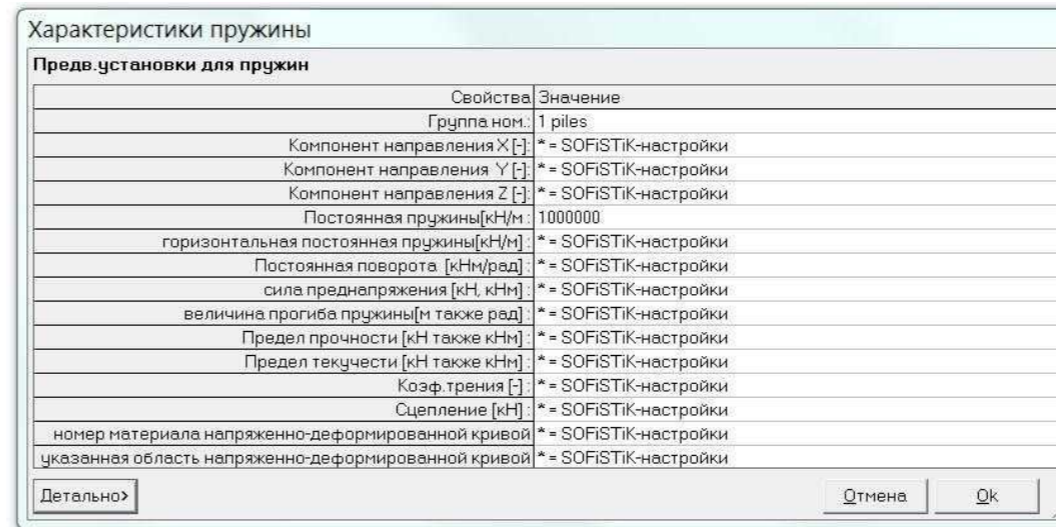


Постановка **ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ** для расчетной схемы:

Установка связей в узлах от линейных и угловых перемещений:



Установка условных пружин между 2-мя узлами; учет физико-механических характеристик пружин:



Возможности задания **НАГРУЗОК**:

1. Нагрузки на узлы и группы узлов.
2. Нагрузки на стержни и группы стержней.
3. Нагрузки на пластины и группы пластин, на грани объемных элементов.

Номера нагрузок, номера загрузений и их видимость – настраиваются...)



Расчёт может выполняться в **ЛИНЕЙНОЙ** или в **ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ** постановке поведения грунта:

Программный комплекс предлагает на выбор **11 вариантов** закона поведения материала; причем для каждого типа грунта может быть выбран свой закон, наиболее адекватный применительно к данному грунту.

Материал--свойства

8 IGE_8

Материал –тип
 Бетон Сталь
 Общий материал

Линейный | Нелинейный | Основание | HYDRA

Свойства	Значение
Закон работы материала	Mohr/Coulomb-Pande/Zienkiewicz (Мор/Кулон/Зенкевич): Грунт с трением и сцеплением
Угол трения [°]	LINE = линейный материал
Сцепление [kN/m]	MISE = Mises/Drucker-Prager(Мизес/Друкер-Прагер): Металлы и другие материалы без
Прочность при растяжении [kN/m]	VMIS = Упруго-пластический материал (ф.Мизес) с ассоциированным законом тече
Угол дилатансии [°]	MOHR = Mohr/Coulomb-Pande/Zienkiewicz (Мор/Кулон/Зенкевич): Грунт с трением и с
	DRUC = Drucker/Prager (Друкер/Прагер): Грунты и скала с трением и с сцеплением.
	GRAN = зернистый грунт с разгрузением, трением, сцеплением...
	GUDE = Gudehus: грунт с трением и сцеплением
	ROCK = скала с заданными плоскостями сдвига

Значение

Mohr/Coulomb-Pande/Zienkiewicz (Мор/Кулон/Зенкевич): Грунт с трением и сцеплением

MOHR = Mohr/Coulomb-Pande/Zienkiewicz (Мор/Кулон/Зенкевич): Грунт с трением и с

DRUC = Drucker/Prager (Друкер/Прагер): Грунты и скала с трением и с сцеплением.

GRAN = зернистый грунт с разгрузением, трением, сцеплением...

GUDE = Gudehus: грунт с трением и сцеплением

ROCK = скала с заданными плоскостями сдвига

LADE = Lade: Все материалы с трением, включая скалу и бетон

DUNC = Duncan-Chang (Дункан-Ченг)

HYPO = гипопругий материал: изотропный материал

Детально > ?

Отмена Ок

WinTUBE Version 2009.022 (Build 639.3) FIDES SOFTWARE SYSTEMS

Скважины и точки статического зондирования, имеющие в расчётной схеме свои уникальные координаты плано-высотного положения, моделируются путём задания толщин и данных о физико-механических свойствах инженерно-геологических элементов (слоёв грунта):

Для каждой скважины задаётся «буровая колонка» согласно данных инженерно-геологических изысканий:

Профиль грунта

Описание: bs_sz_4031

Показать значения, использованные для: -все-

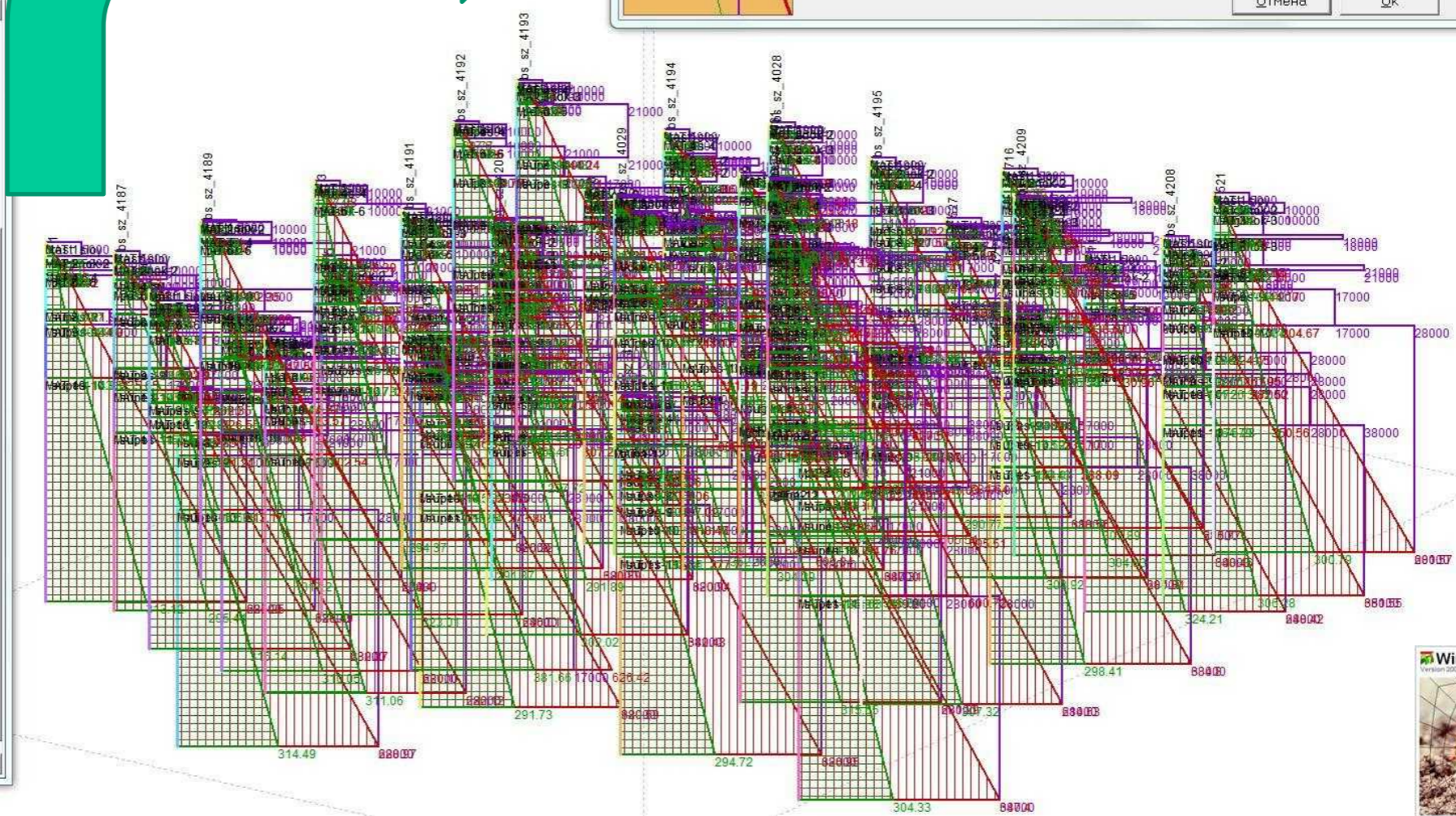
Ном.	Коте	Материал	Описание	Phi	C	gam	game'	dK	Es	dEs	K	E _v
1	0	1 IGE-1	rast_sloy	5	1	16	*= GAM -10	0	5000	0	*= 1 - sin(phi)	
2	0.4	2 IGE-2	suglinok-2	17	18	19.3	*= GAM -10	0	10000	0	*= 1 - sin(phi)	
3	3	4 IGE-4	supes-4	22	7	20.6	*= GAM -10	0	10000	0	*= 1 - sin(phi)	
4	6	3 IGE-3	suglinok-3	9	9	19.6	*= GAM -10	0	7000	0	*= 1 - sin(phi)	
5	10	6 IGE-6	pesok-6	31	7	21.1	*= GAM -10	0	21000	0	*= 1 - sin(phi)	
6	10.9	8 IGE-8	supes-8	16	10	21.8	*= GAM -10	0	9000	0	*= 1 - sin(phi)	
7	17.3	9 IGE-9	supes-9	23	17	22.1	*= GAM -10	0	17000	0	*= 1 - sin(phi)	
8	20.6	10 IGE-10	supes-10	30	39	22.6	*= GAM -10	0	28000	0	*= 1 - sin(phi)	
9	26.5	11 IGE-11	supes-11	32	82	22.7	*= GAM -10	0	38000	0	*= 1 - sin(phi)	
10	35	12 IGE-12	gline-12	25	115	21.2	*= GAM -10	0	26000	0	*= 1 - sin(phi)	

Координата X почвенного профиля: 116.102
 Координата Y почвенного профиля: 65.676
 Уровень грунтовых вод: 2.3

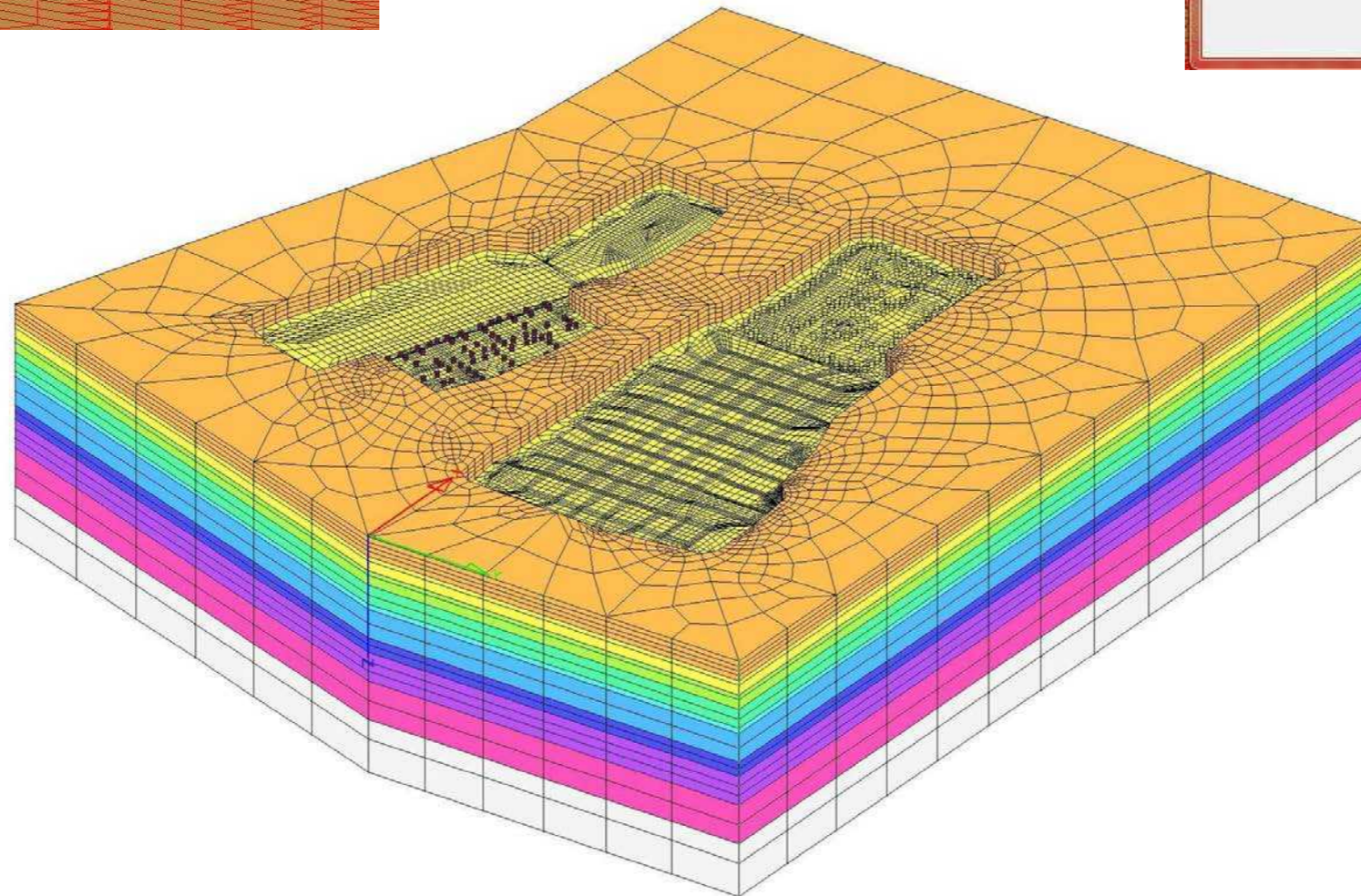
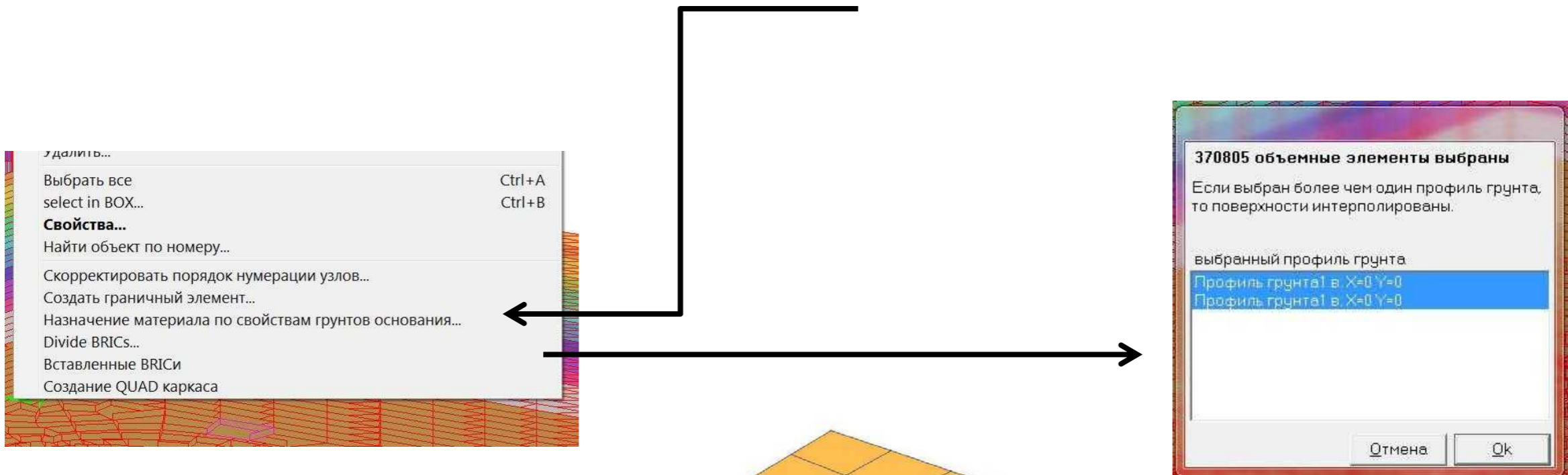
Отмена Ok

Материалы/Сечения

- Поперечное сечение стержня
 - 1 pile_600
 - 2 kolumn_500
 - Новое поперечное сечение
- Полупространство основания и сваи (HASE)
 - Слои грунтов основания
 - 1 561
 - 2 1
 - 3 bs_sz_4187
 - 4 4
 - 5 560
 - 6 6
 - 7 bs_sz_4198
 - 8 bs_sz_4199
 - 9 bs_sz_4200
 - 10 7
 - 11 bs_sz_4189
 - 12 5
 - 13 bs_sz_4197
 - 14 529
 - 15 15
 - 16 3
 - 17 bs_sz_4191
 - 18 bs_sz_4206
 - 19 bs_sz_4192
 - 20 8
 - 21 bs_sz_4196
 - 22 bs_sz_4211
 - 23 bs_sz_4193
 - 24 bs_sz_4194
 - 25 9
 - 26 527
 - 27 14
 - 28 bs_sz_4195
 - 29 716
 - 30 bs_sz_4209
 - 31 bs_sz_4208
 - 32 521
 - 33 bs_sz_4028
 - 34 bs_sz_4029
 - 35 bs_sz_4030
 - 36 bs_sz_4031
 - Новый профиль основания...



После задания всей необходимой информации по скважинам производится ИНТЕРПОЛЯЦИЯ (назначение материала по свойствам грунтов основания):



Менеджер этапов расчёта позволяет с высокой степенью детализации учесть последовательность строительства зданий, сооружений и их элементов, изменчивость нагрузок. Этим достигается более высокая реалистичность моделирования НДС конструкций (по сравнению с одношаговым расчётом).

Ассистент расчёта

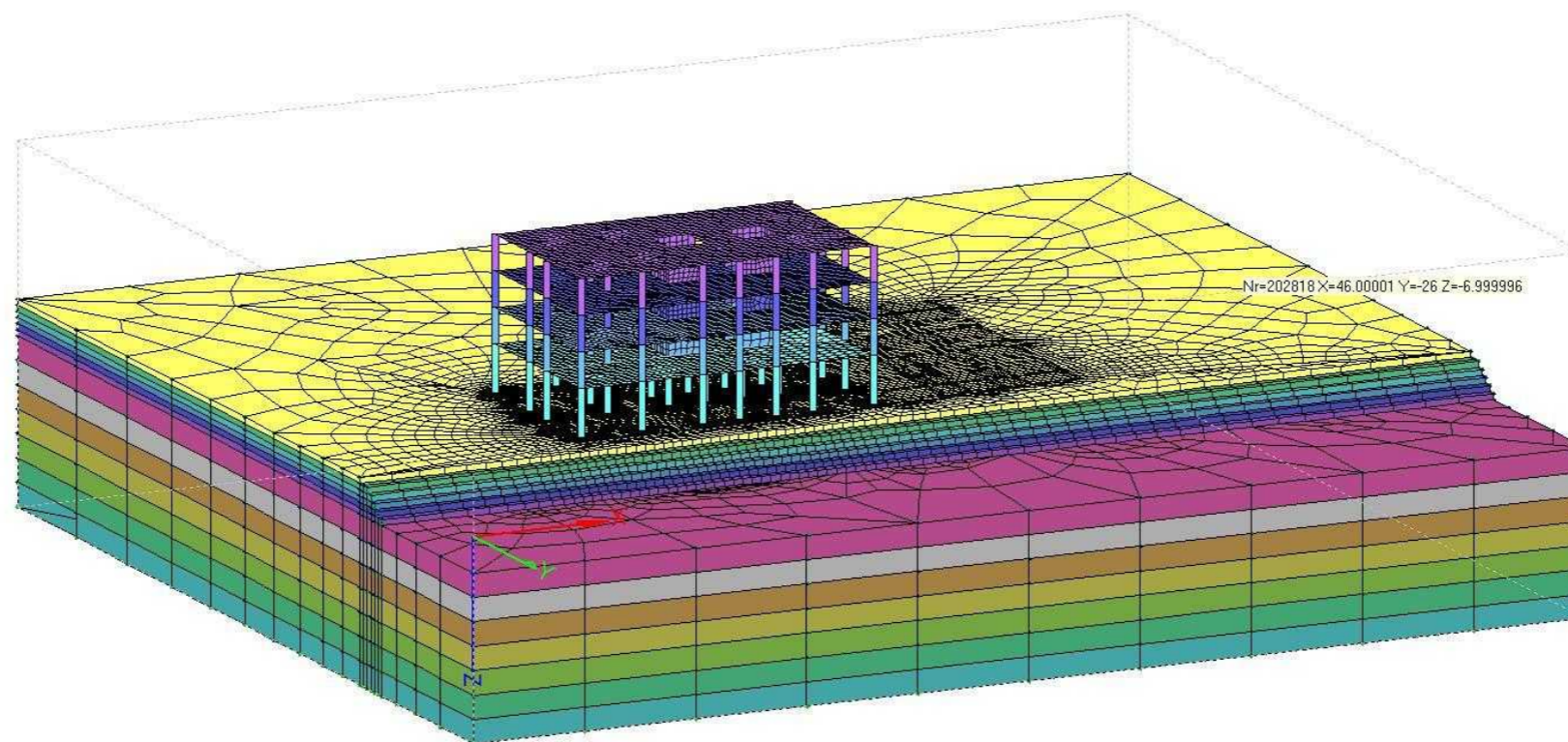
Номер	LC	PLC	Нахожд	Описание	Активные группы	Нагрузки	Тип	It
1	1	-	NEIN	NDS_soil	400 401 402 403 404 405 406 407 408 409		NONL	3
2	2	1	NEIN	PILES_21.2	1 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409		NONL	3
3	3	2	NEIN	PILES_21.3	1 68 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409		NONL	3
4	4	3	JA	dom_21.2_floor_0-5	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 68 400 401 402 403 404 405		NONL	3
5	5	4	JA	dom_21.3_floor_0-4	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 68 69 70 73 74 75 76 77 78 7		NONL	3
6	6	5	JA	dom_21.2_floor_6-10	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
7	7	6	JA	dom_21.3_floor_5-8	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
8	8	7	JA	dom_21.2_floor_11-15	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
9	9	8	JA	dom_21.3_floor_9-12	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
10	10	9	JA	dom_21.2_floor_16-20	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
11	11	10	JA	dom_21.3_floor_13-16	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
12	12	11	JA	park_21.2	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
13	13	12	JA	park_21.3.1	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
14	14	13	JA	park_21.3.2	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
15	15	14	JA	dom_21.2_floor_21-LLU	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3
16	16	15	JA	dom_21.3_floor_17-LLU	1 2 3 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 2		NONL	3

Детально> ↑ ↓ Удалить начать расчет

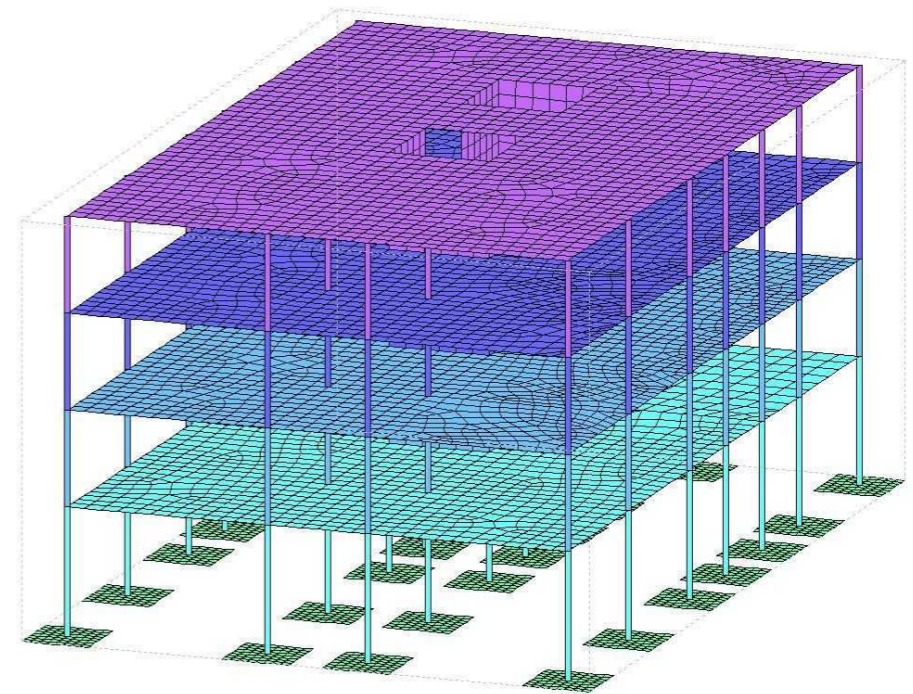
Задача 1.

**Опыт расчёта реконструируемого
4...6-этажного и пристраиваемого 12-
этажного каркасно-монолитных зданий
в условиях резкого перепада рельефа
местности (котлована)**

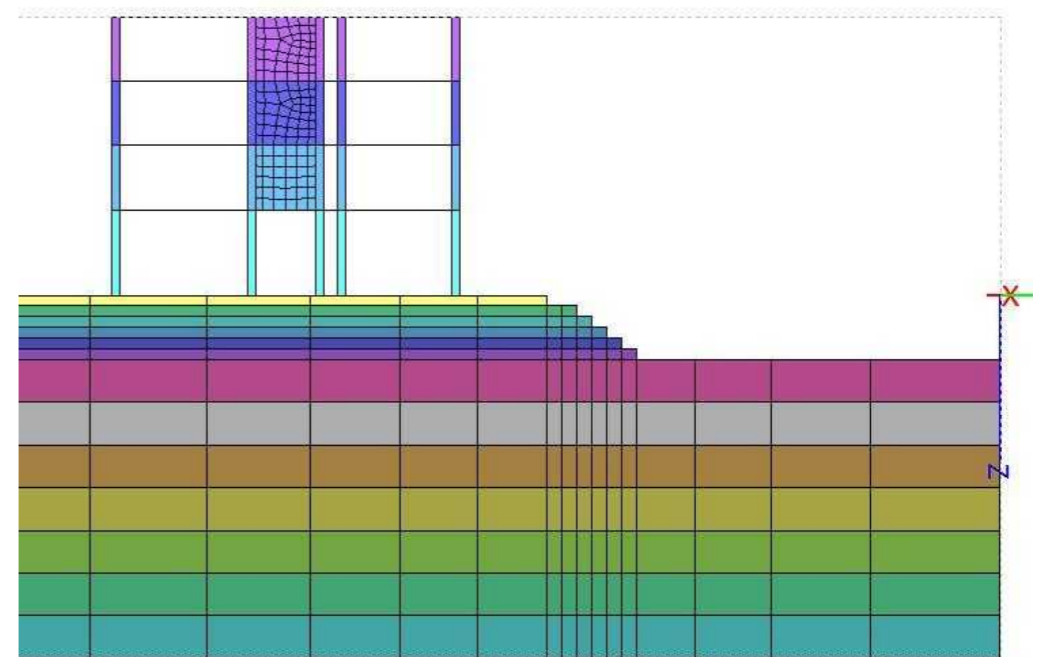
Существующее 4-этажное каркасно-монолитное Здание в непосредственной близости к откосу котлована



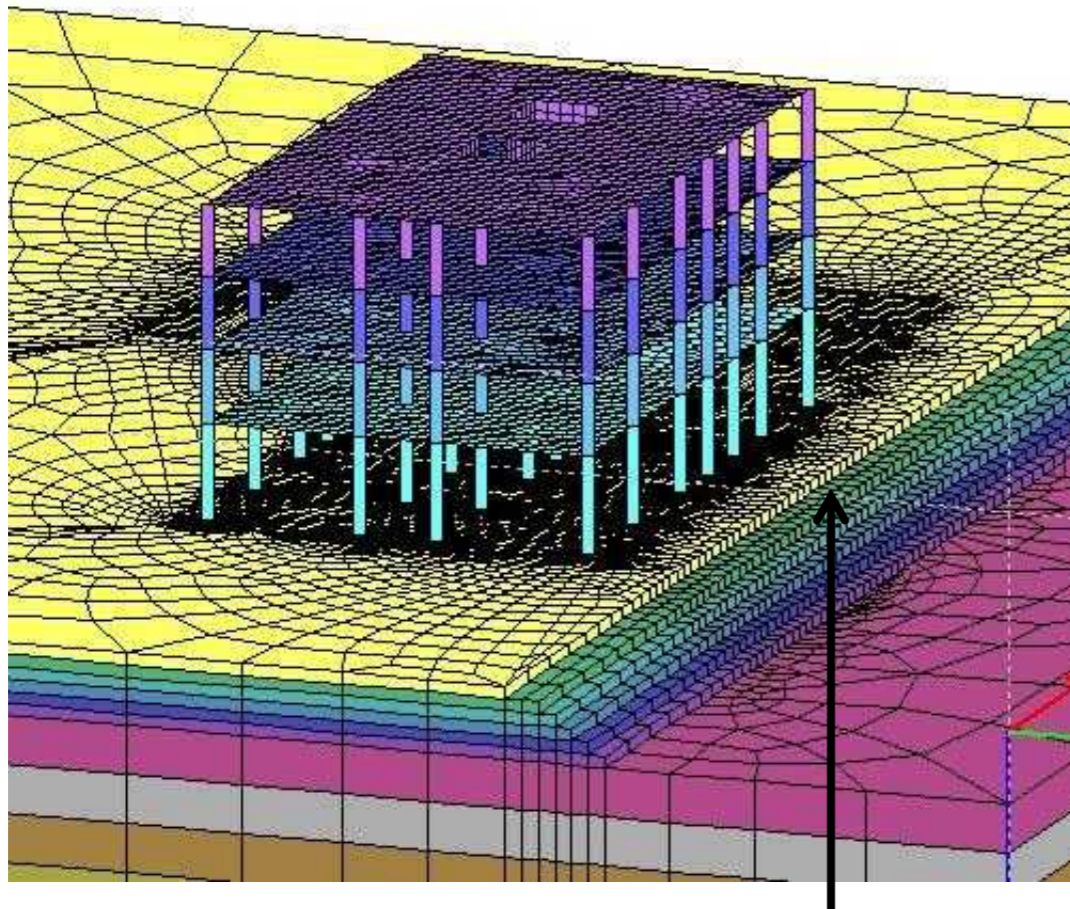
- Столбчатые фундаменты на естественном основании под колонны



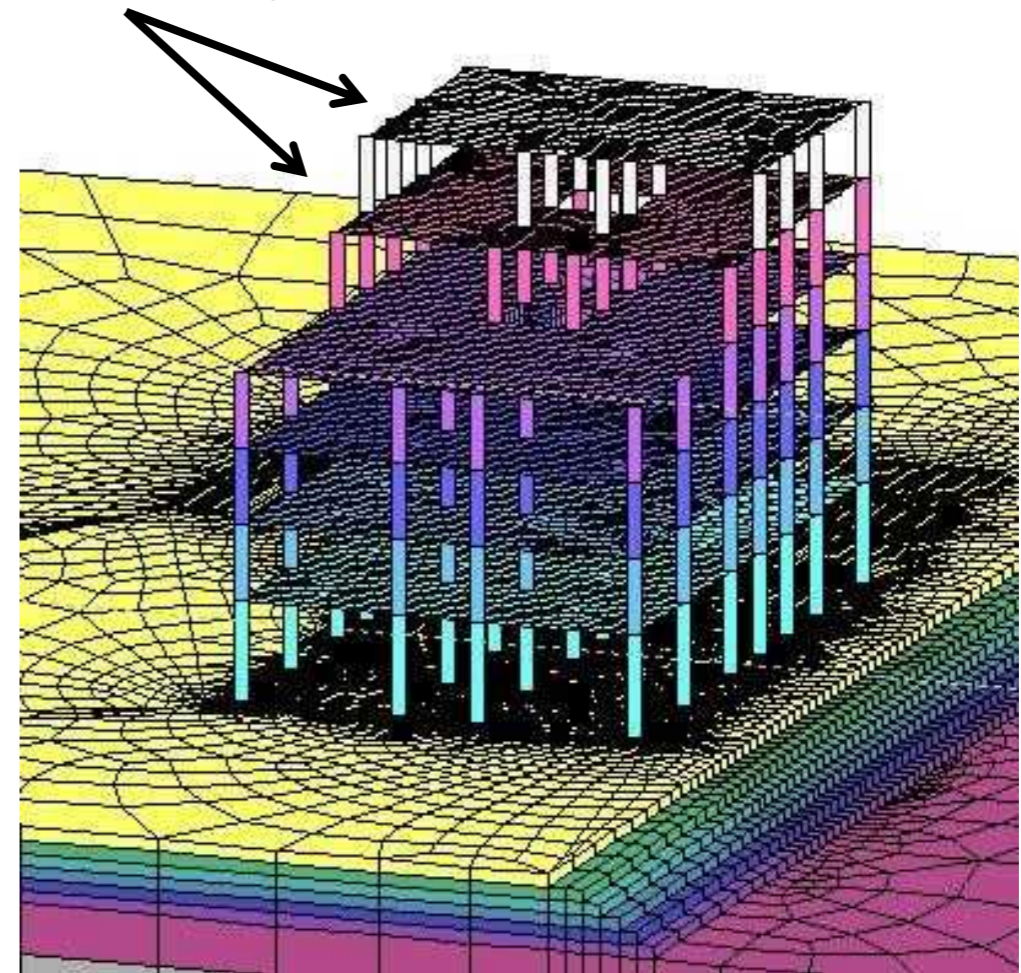
- Расстояние от края фундамента до бровки котлована = 2 метра.



Надстраиваемые уровни

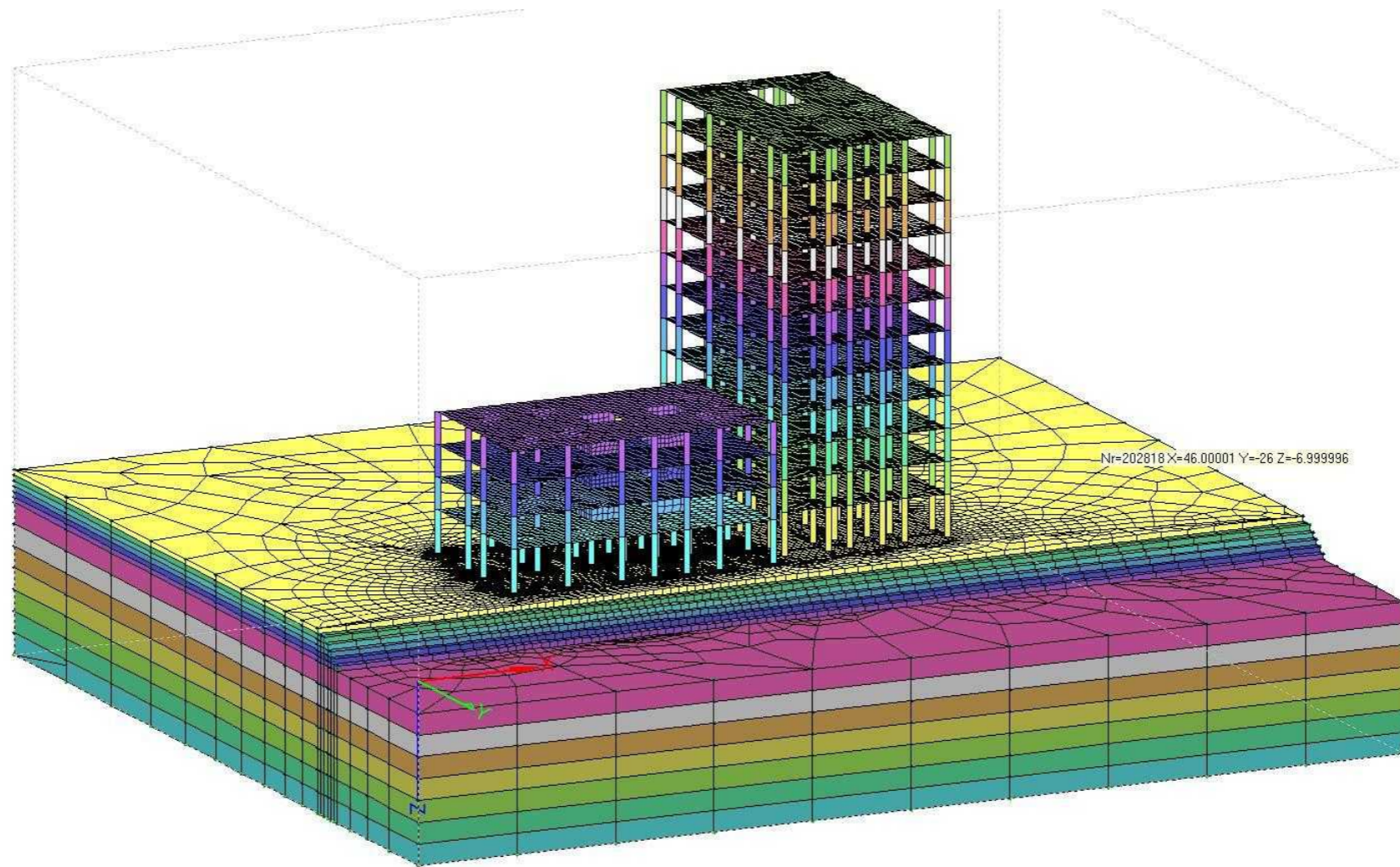


Шпунт?

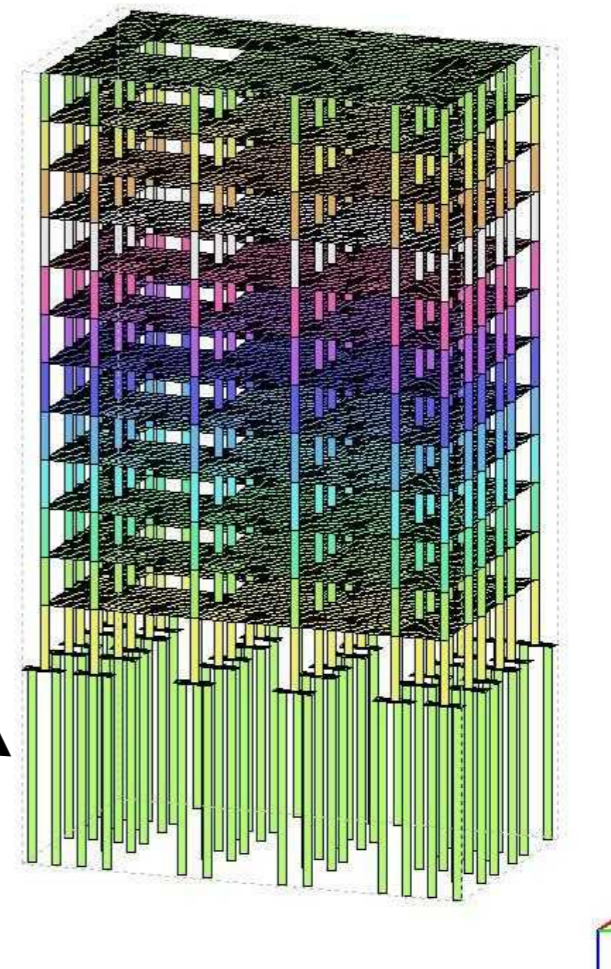
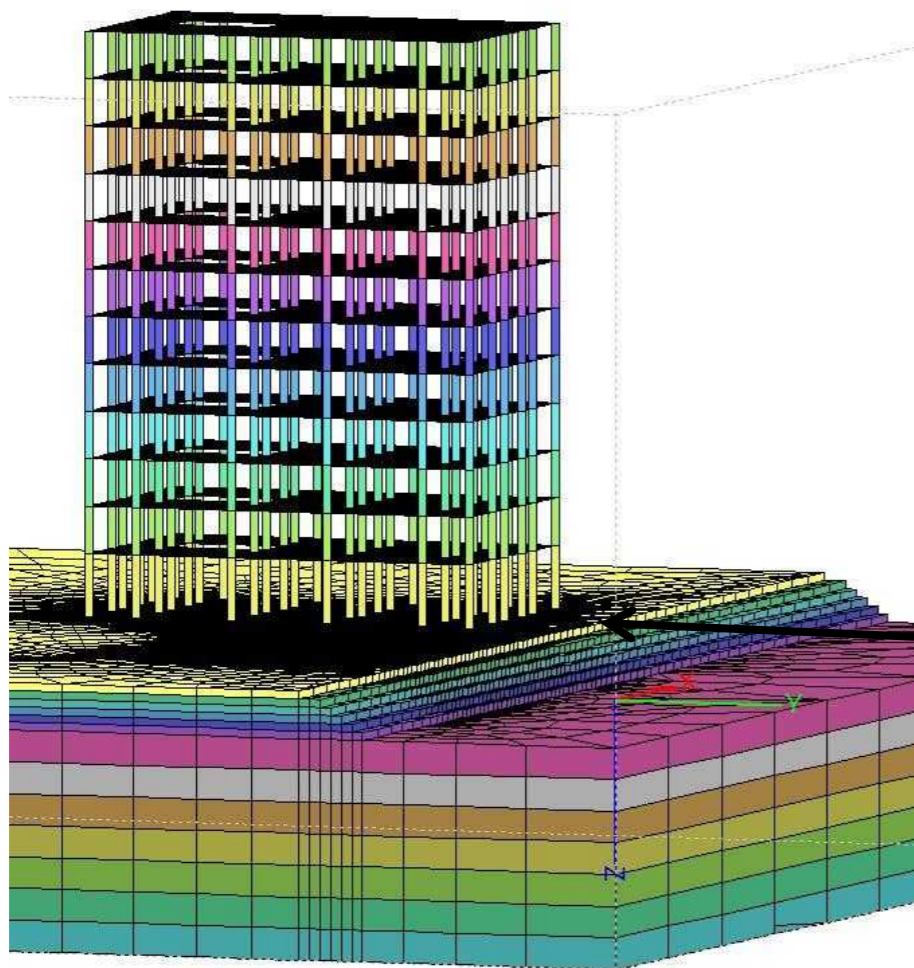


- Требуется ли устройство 9...12-метрового шпунта перед реконструкцией здания, включающей надстройку двух полуэтажей?

Пристраиваемое 12-этажное каркасно-монолитное здание в непосредственной близости к существующей постройке и к откосу котлована



- Свайный фундамент; длины свай около 9 метров



- Расстояние от края фундамента до бровки котлована = 4,5 метра.

- НЕОБХОДИМ КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ОБЪЕКТА

■ Расчёты, ранее выполненные в двух

программных комплексах показали, что:

- «Требуется предварительное устройство 9...12-метрового шпунта протяженностью около 24 метров в зоне стыка двух зданий»;
- «Требуется длительное и дорогостоящее усиление части фундамента существующего здания, для которого рекомендовано разработать специализированный проект»
- «Требуется существенное усиление монолитных конструкций 4-этажного существующего здания, по дополнительно разрабатываемому проекту»
- ОСОБЕННОСТЯМИ ранее выполненных расчётов было то, что:
 - Оба здания рассчитывались в отдельных расчётных схемах с попытками смоделировать нагрузкой (?) наличие второго здания;
 - Основания зданий моделировались специальными конечными элементами (в одном случае), упругими объёмными элементами (в другом случае);
 - Попытка учесть взаимное влияние зданий реализована единовременным приложением полных нагрузок на одно здание (включая новые этажи) и полной массы второго на место его планового положения.
 - Расчет грунтового откоса делался из условия единовременного приложения полной нагрузки от зданий и от строительной техники.

СРАВНЕНИЕ СРОКОВ:

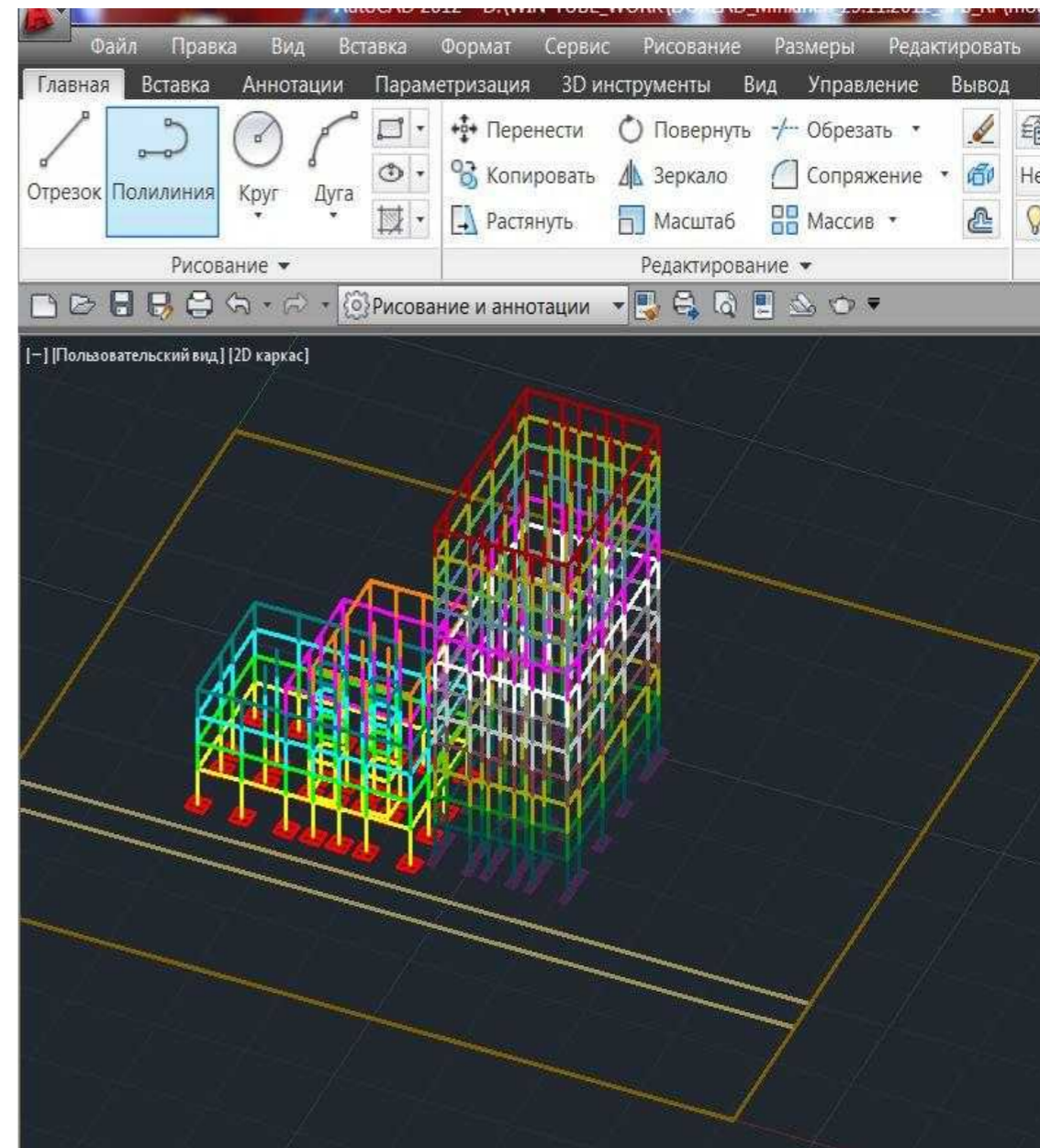
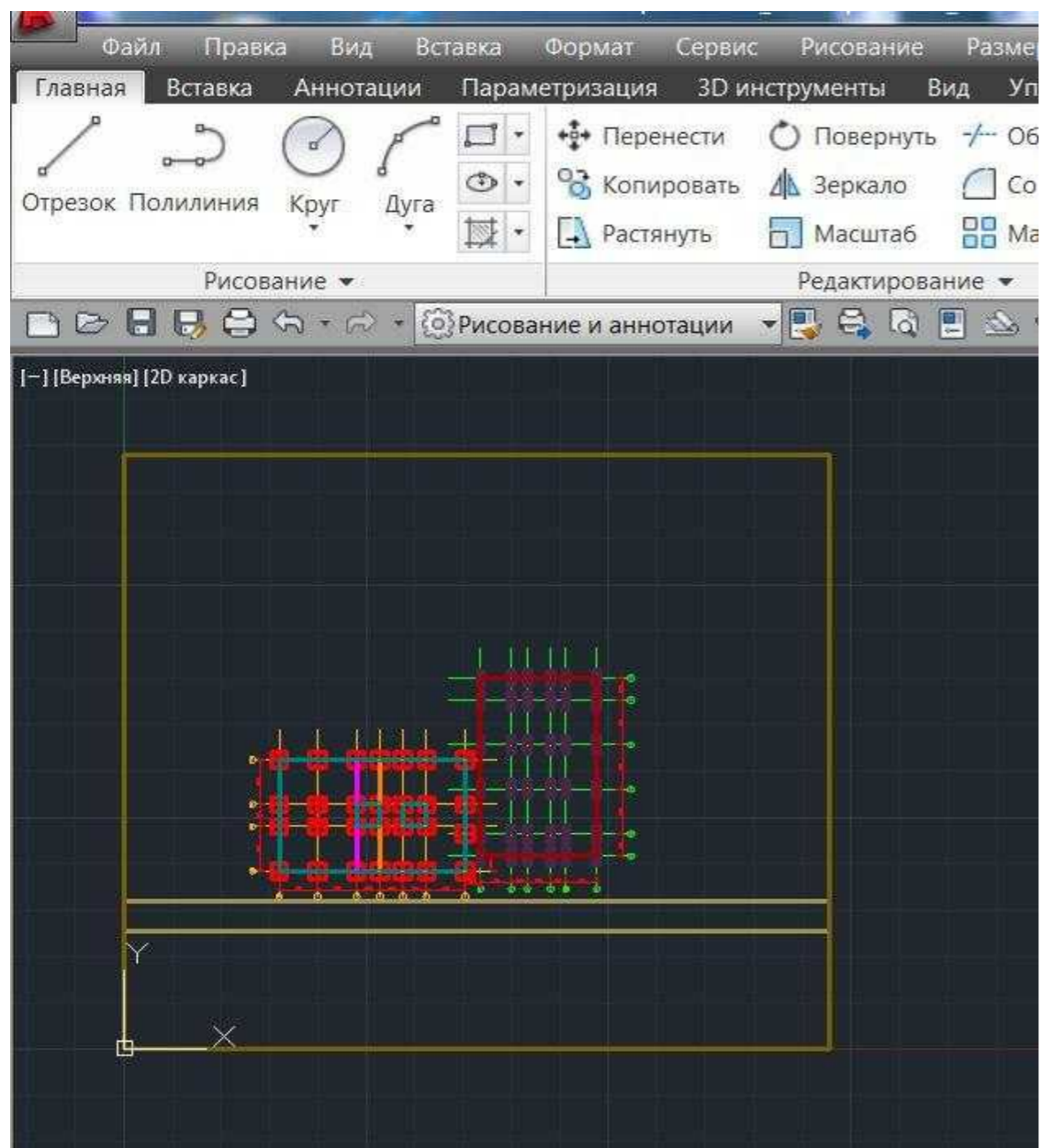
Цикл «собственные расчёты генпроектировщика – выдача результата Заказчику - обращение Заказчика к другой организации за дополнительным (альтернативным) расчётом - выдача альтернативного результата Заказчику» составил около 2,5 месяцев.

По результатам основного и альтернативного расчета Заказчик был поставлен перед «необходимостью» разрабатывать проект масштабных дополнительных усилений существующего здания, удлинить на 3 метра сваи пристраиваемого 12-этажного дома и выполнять шпунт.

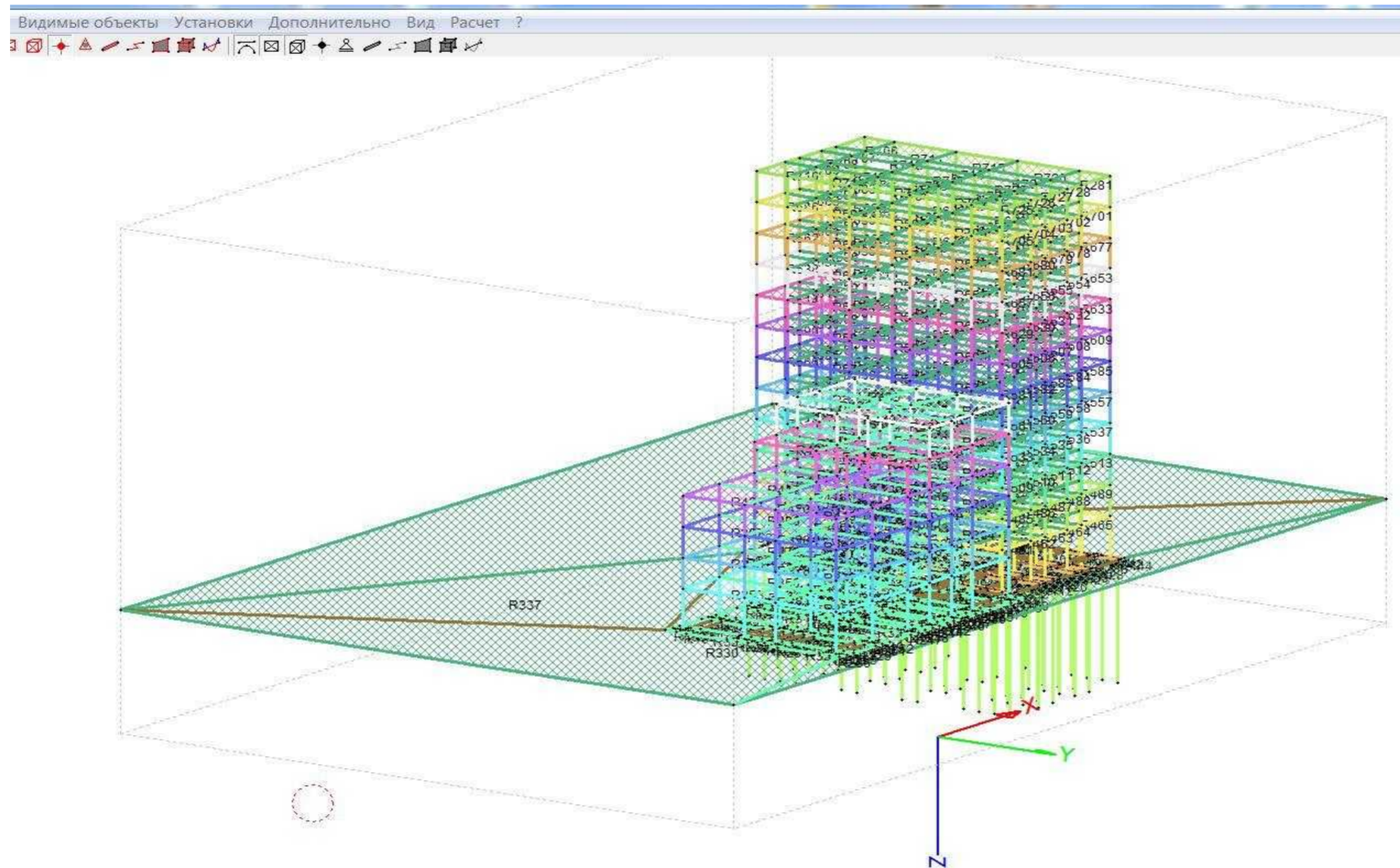
С применением технологии BIM, ПК SOFISTIK и модуля для создания геотехнических моделей WinTUBE:

Задача решена в течении 3 суток (!) с момента обращения до момента представления расчётно-обоснованного ответа Заказчику.

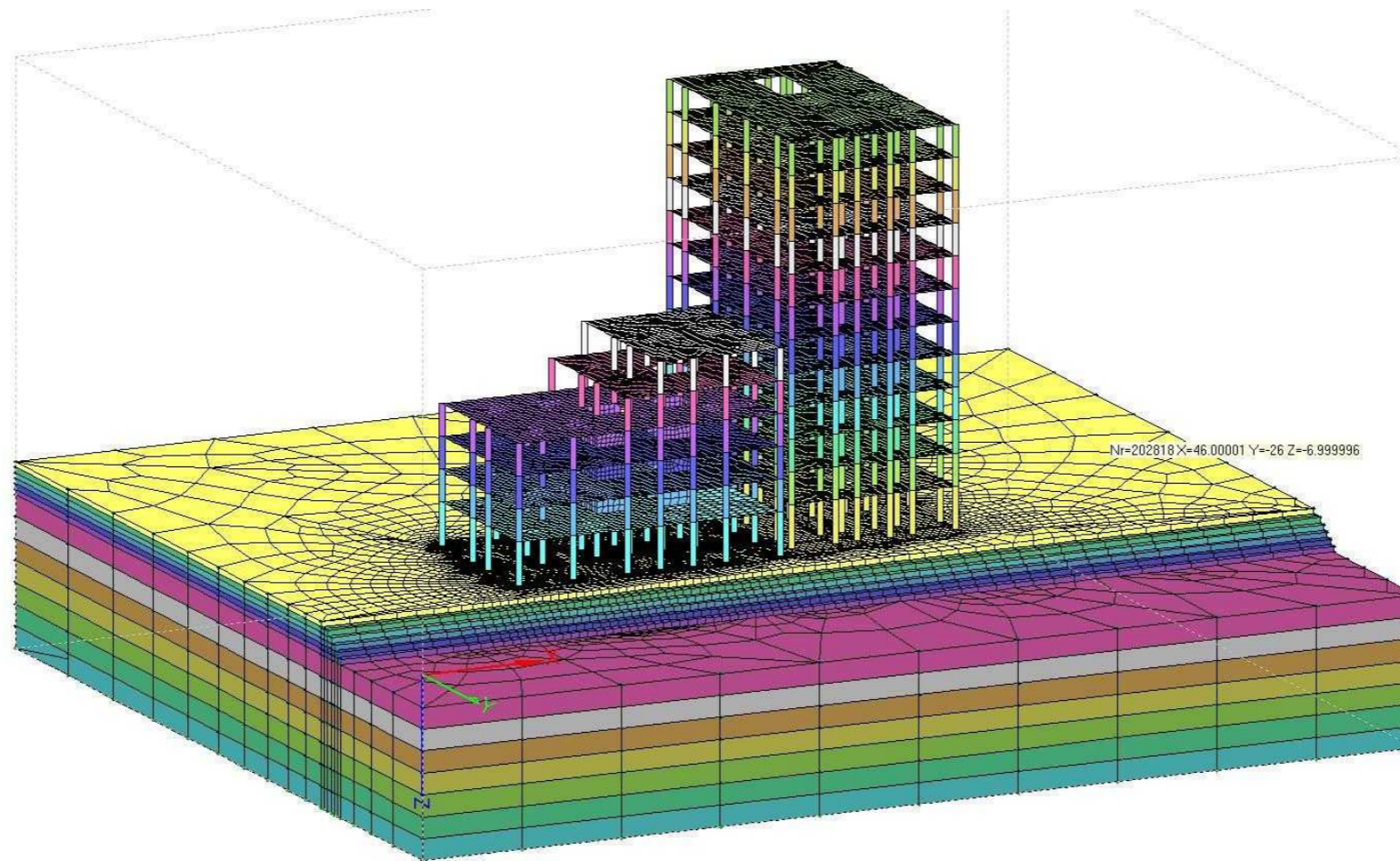
2D-чертежи преобразованы в 3D-модель:



3D-модель импортирована в модуль для создания геотехнических моделей WinTUBE:



Создана расчётная модель с учётом массива грунта,
дополнена жёсткостями и др. физ.-мех. характеристиками,
граничными условиями, нагрузками,
СОЗДАНА ИСТОРИЯ НАГРУЖЕНИЙ,
выполнен расчёт.



С применением ПК SOFISTIK обосновано, что:

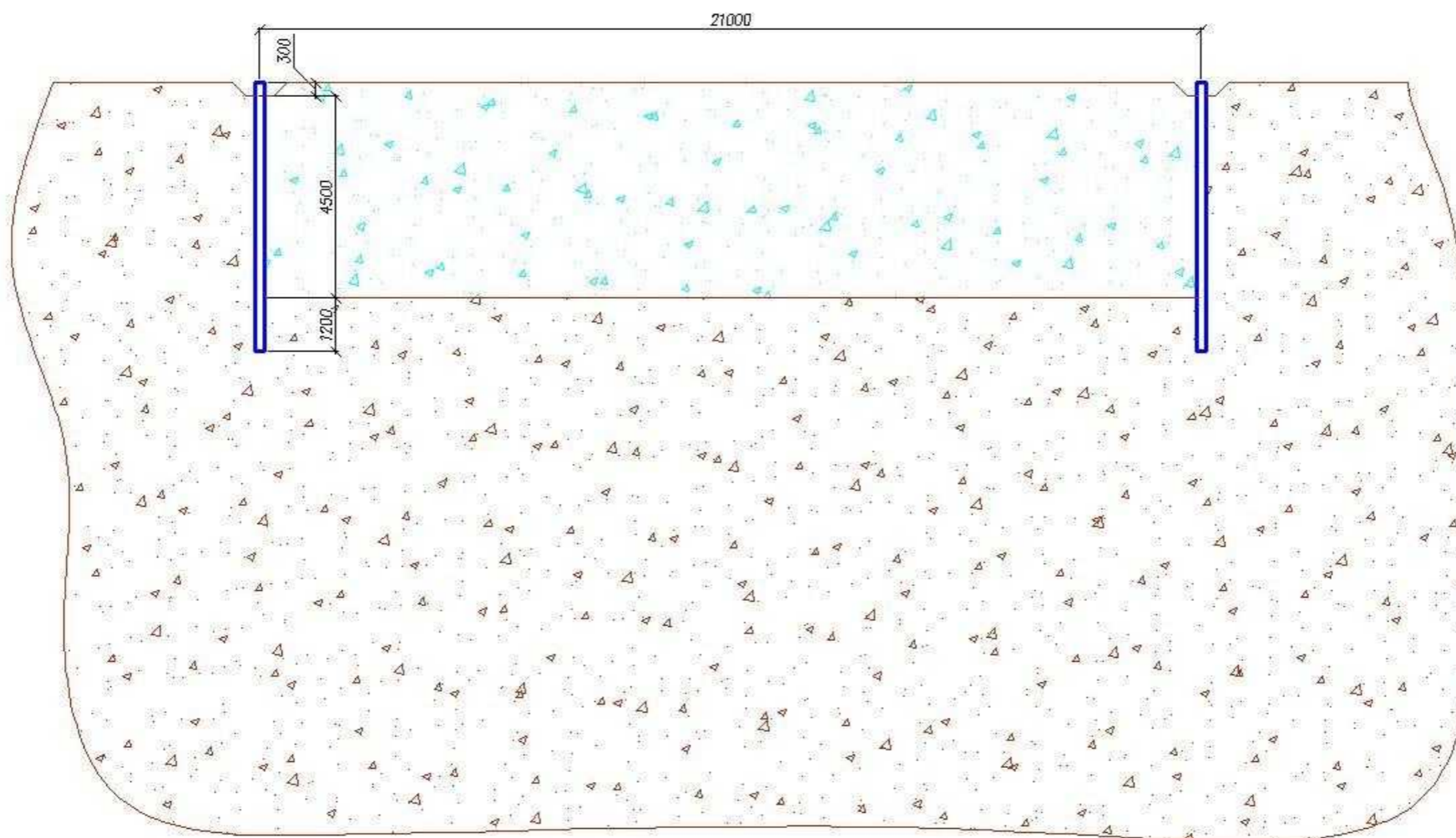
- 4-этажное здание не нуждается в длительном и дорогостоящем усилении (что показывали расчёты в иных программах, не способных на решение единой пошаговой задачи «основание+здание» в физически нелинейной постановке с выдачей адекватных усилий в существующем и возводимом здании);
- обоснован отказ от 9...12-метрового шпунта;
- обосновано уменьшение требуемой длины свай в пристраиваемом здании с 12 до 9 метров;
- получено существенное сокращение сроков проектных работ, сроков строительства и показан экономический эффект.

Задача 2.

Опыт расчёта шпунтового ограждения котлована и обоснование применения короткого шпунта с распорными балками.

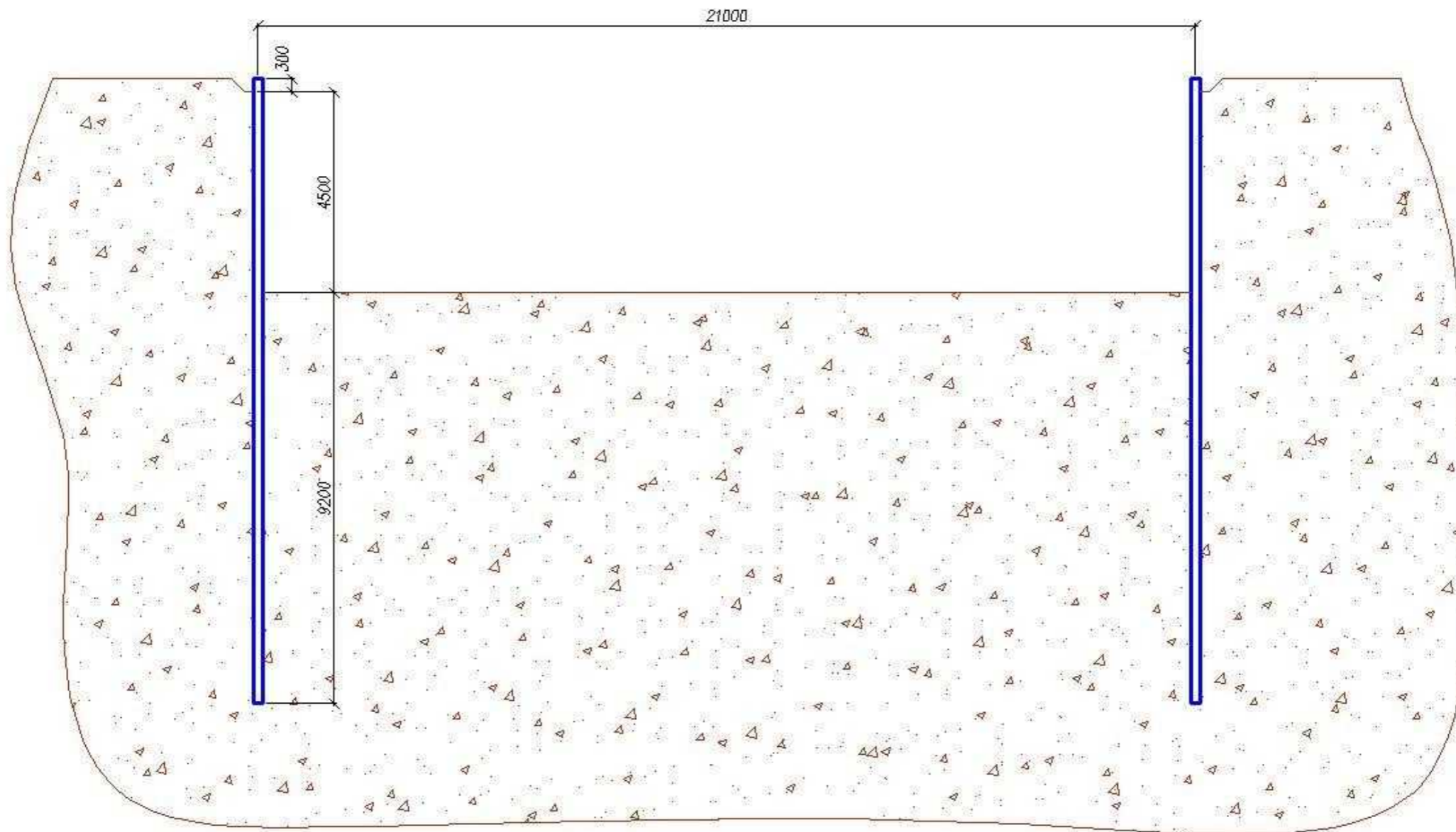
Задача:

- выполнить котлован 43х21м, глубиной 4,5м, в стеснённых условиях и в короткие сроки (нет возможность выполнять откосы и нет в наличии в требуемые сроки шпунта длиной более 6 метров).
- В котловане необходимо выполнить подвальный этаж высотой 3,8 м и в короткие сроки выполнить обратную засыпку.
- 6-метровый шпунт уже погружен.



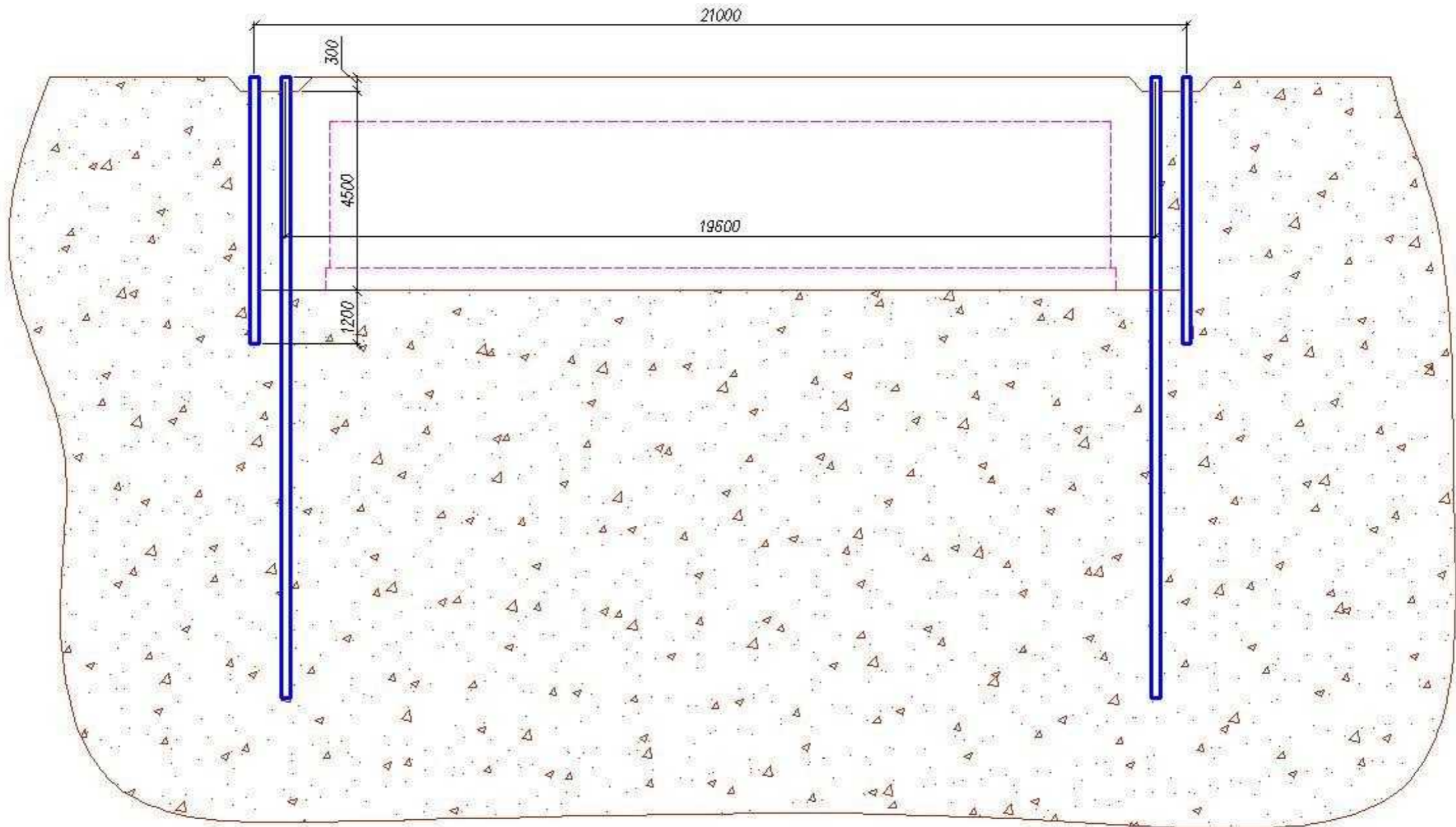
Традиционный расчёт шпунта:

- требуется применение 14-16-метрового шпунта по глубине;
- потери времени на его аренду и доставку;
- аренда и применение более мощного оборудования (работа которого была бы затруднена в стеснённых условиях);



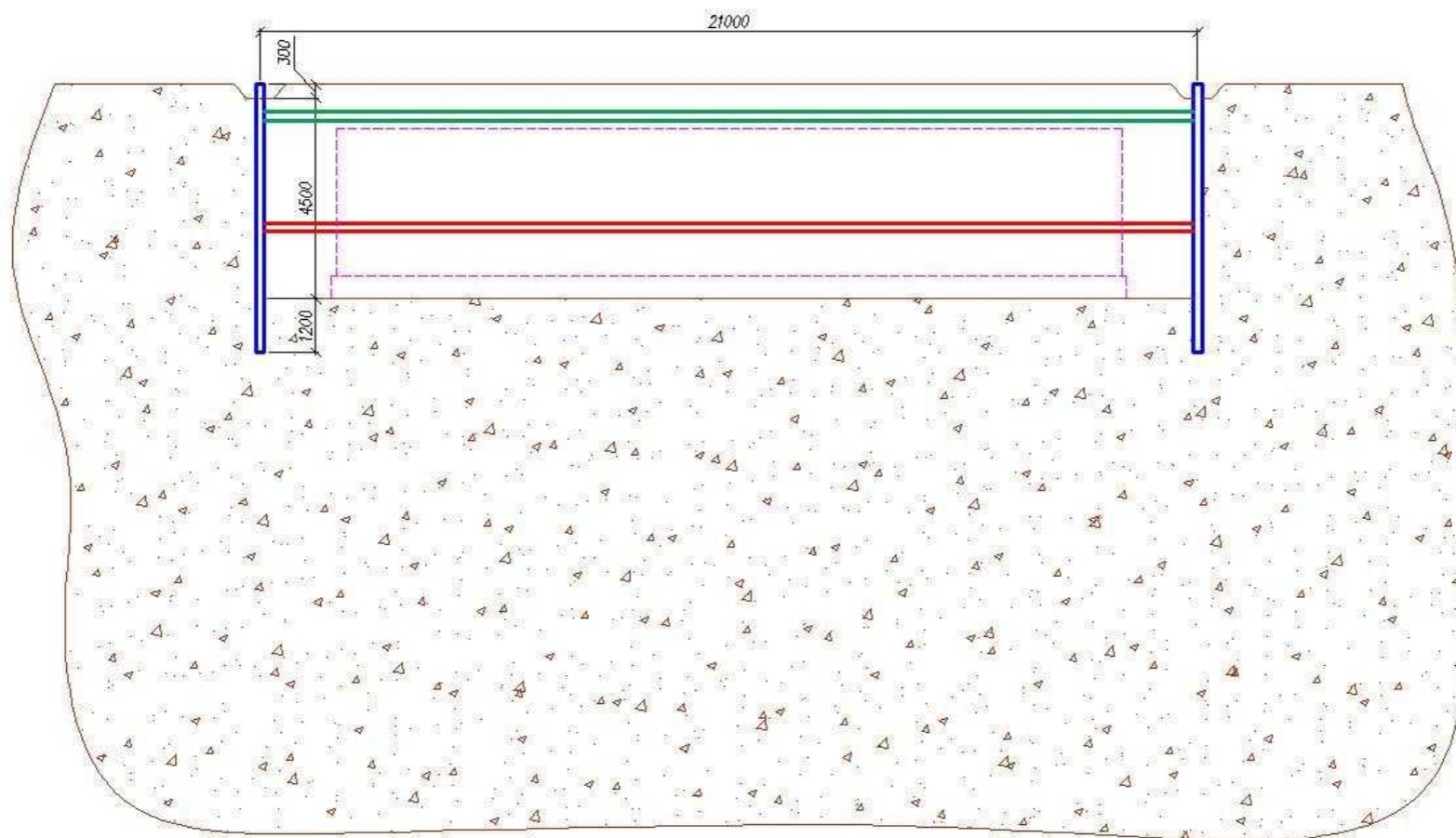
Применение длинного шпунта в сложившейся ситуации:

- погружение нового глубокого шпунта происходило бы вплотную к уже погруженному, сужая котлован.



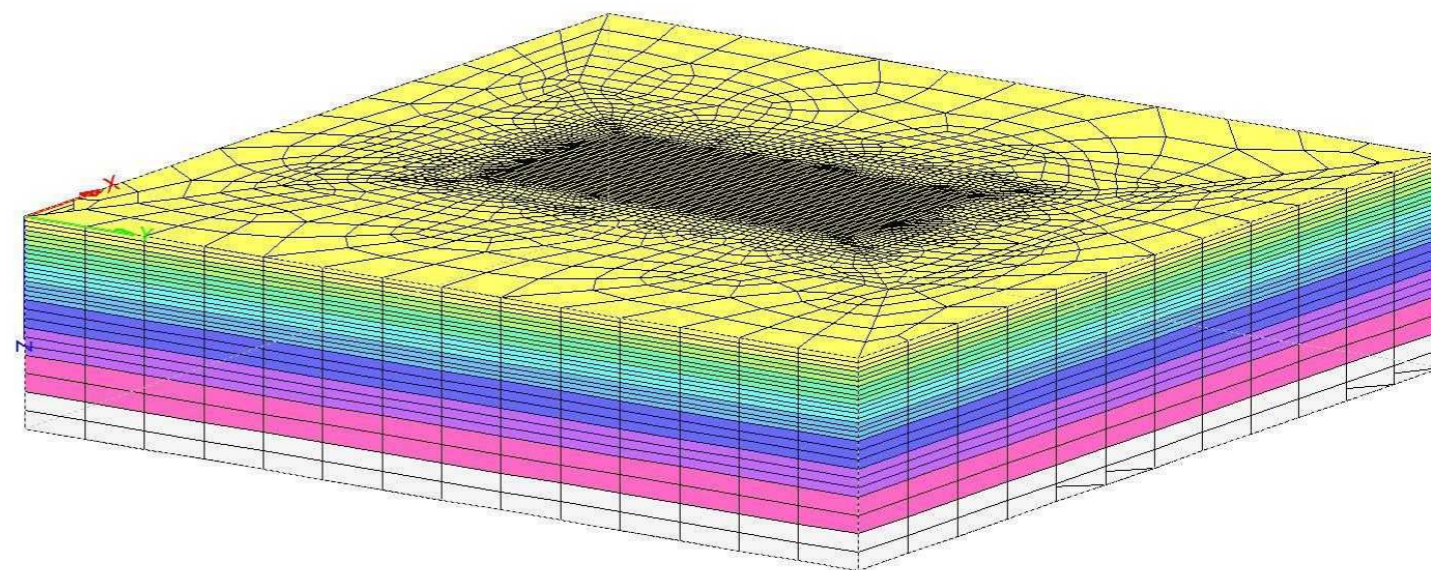
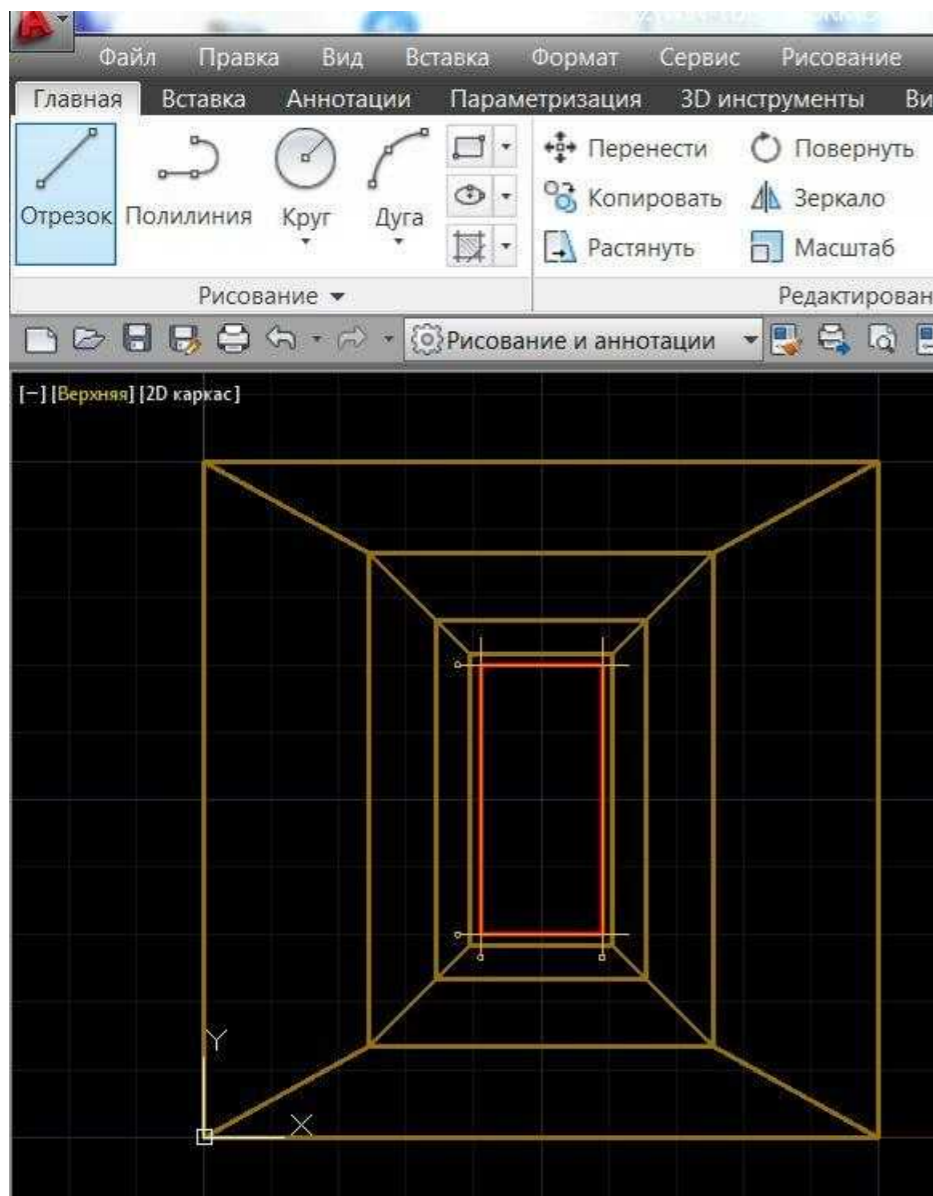
Альтернативные решения:

- Устройство распорных балок в 2 яруса (из имеющегося в наличии профиля), что **ИСКЛЮЧАЕТ** ведение в котловане работ по устройству цокольного этажа высотой 3,8 метра (неприемлемое для Заказчика решение);

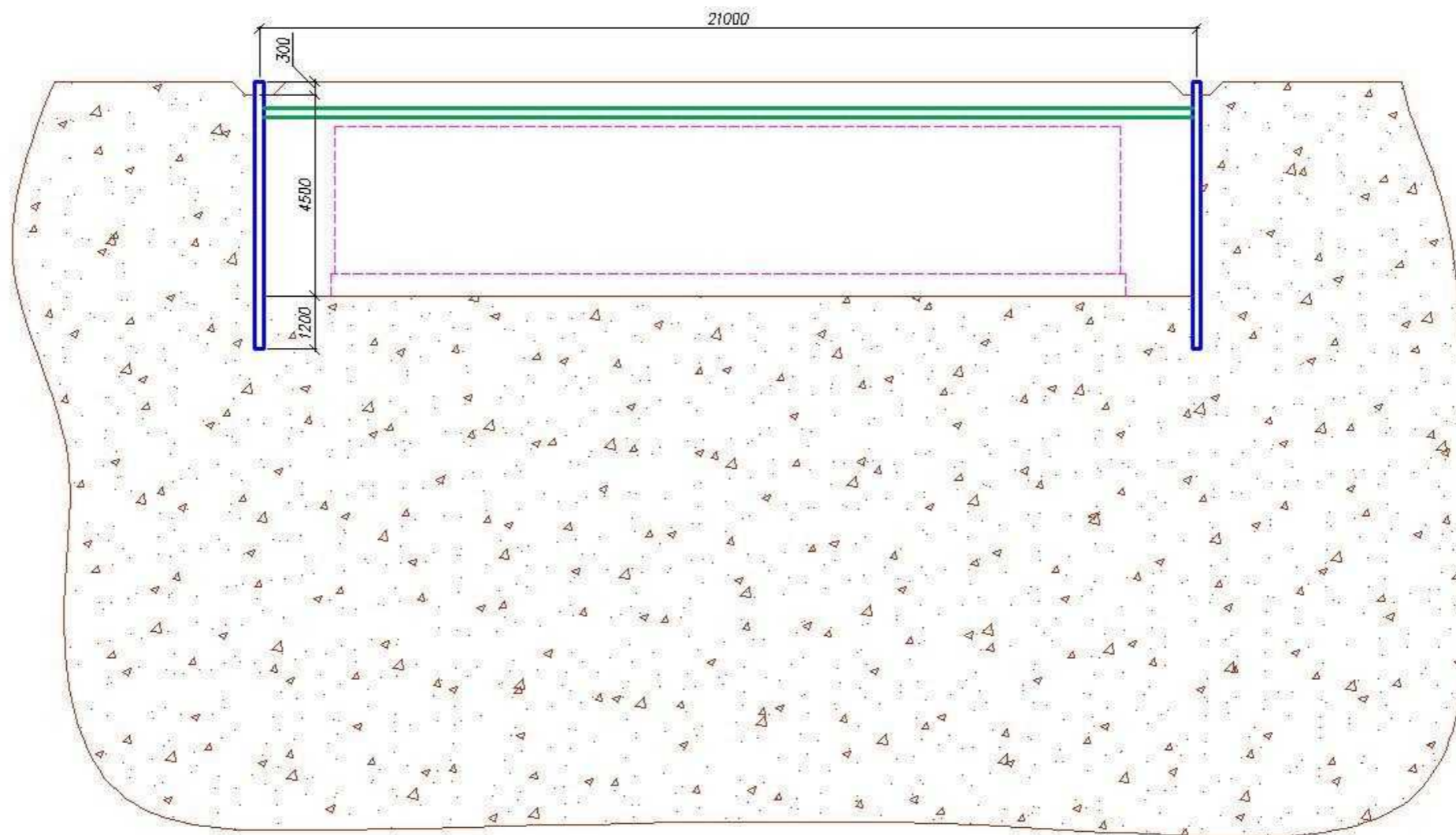
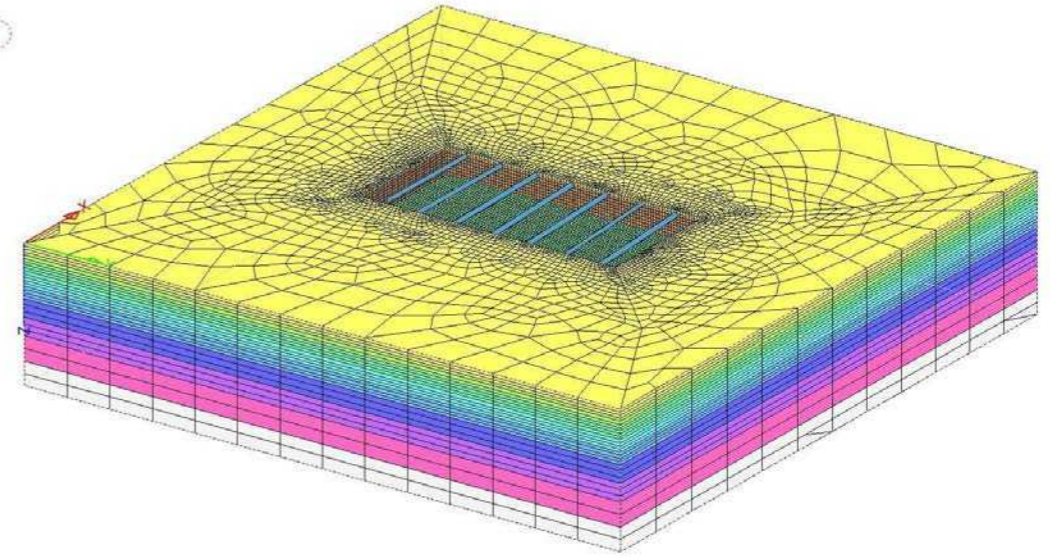
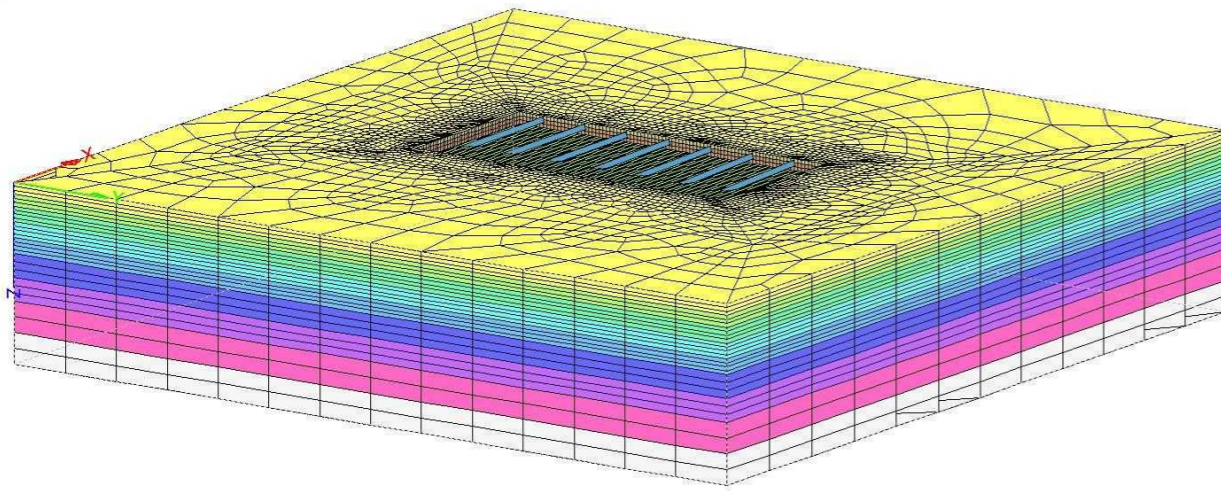


- Устройство системы анкеров вокруг котлована. Затруднено из-за стеснённых условий строительства и исключит подъезд строительной техники к котловану (неприемлемое для Заказчика решение).

С применением ПК SOFISTIK и модуля для создания геотехнических моделей WinTUBE создана расчётная модель...



... и выполнен расчёт:



С применением ПК SOFISTIK обосновано, что:

- при применении распорных балок в один ярус по высоте, имеющегося в наличии шпунта достаточно для устройства котлована;
- расположение балок в один ярус позволяет вести под ними работы по возведению подвального этажа;
- расчёт произведён в физически нелинейной постановке задачи, обоснована выемка грунта по частям в плане и послойно, путём моделирования пошагового изменения НДС;
- получено существенное сокращение сроков строительства и экономический эффект.

Задача 3.

Опыт расчёта свайного фундамента и ростверка для башенного крана.



Башенный кран
Liebherr 200 EC-H 10 (185/200 HC)

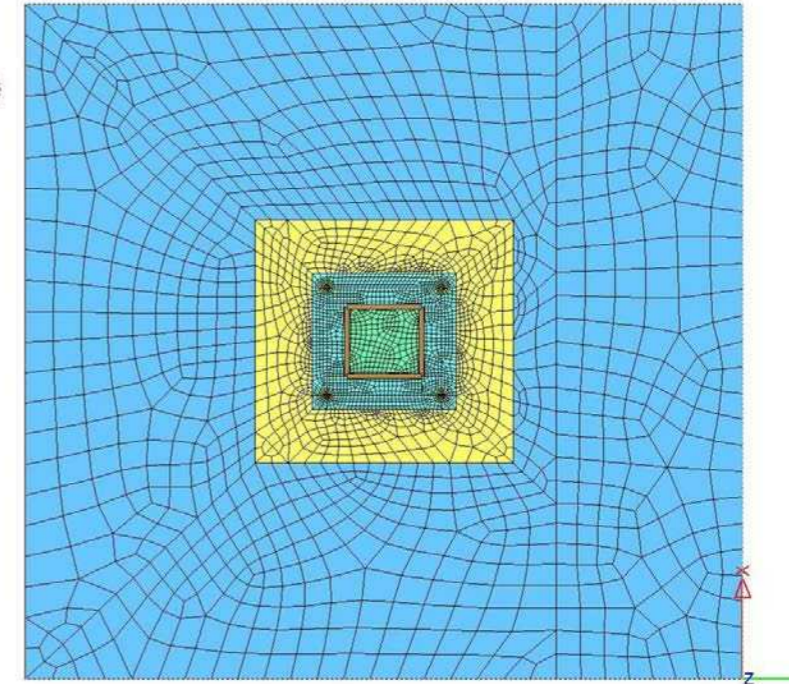
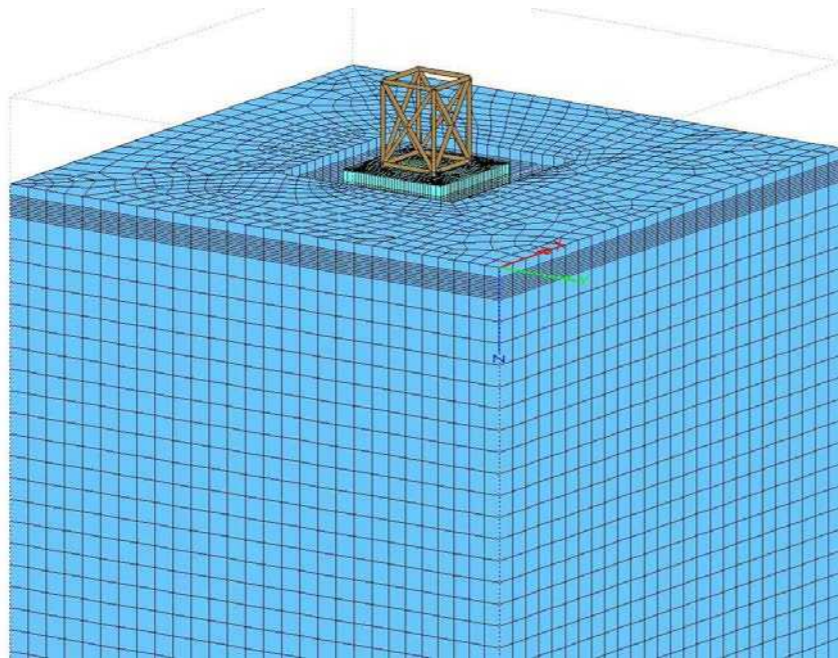
Задача:

- выполнить расчёт усилий в ростверке выполненного свайного фундамента под башенный кран.

Особые условия:

- бетон ростверка не набрал проектный класс прочности;
- сваи имеют смещения от проектного положения;
- расчёты армирования ростверка под данный кран отсутствуют (проект выполнен по аналогии с ранее применявшимися решениями).

С применением ПК SOFISTIK и модуля для создания геотехнических моделей WinTUBE создана расчётная модель:

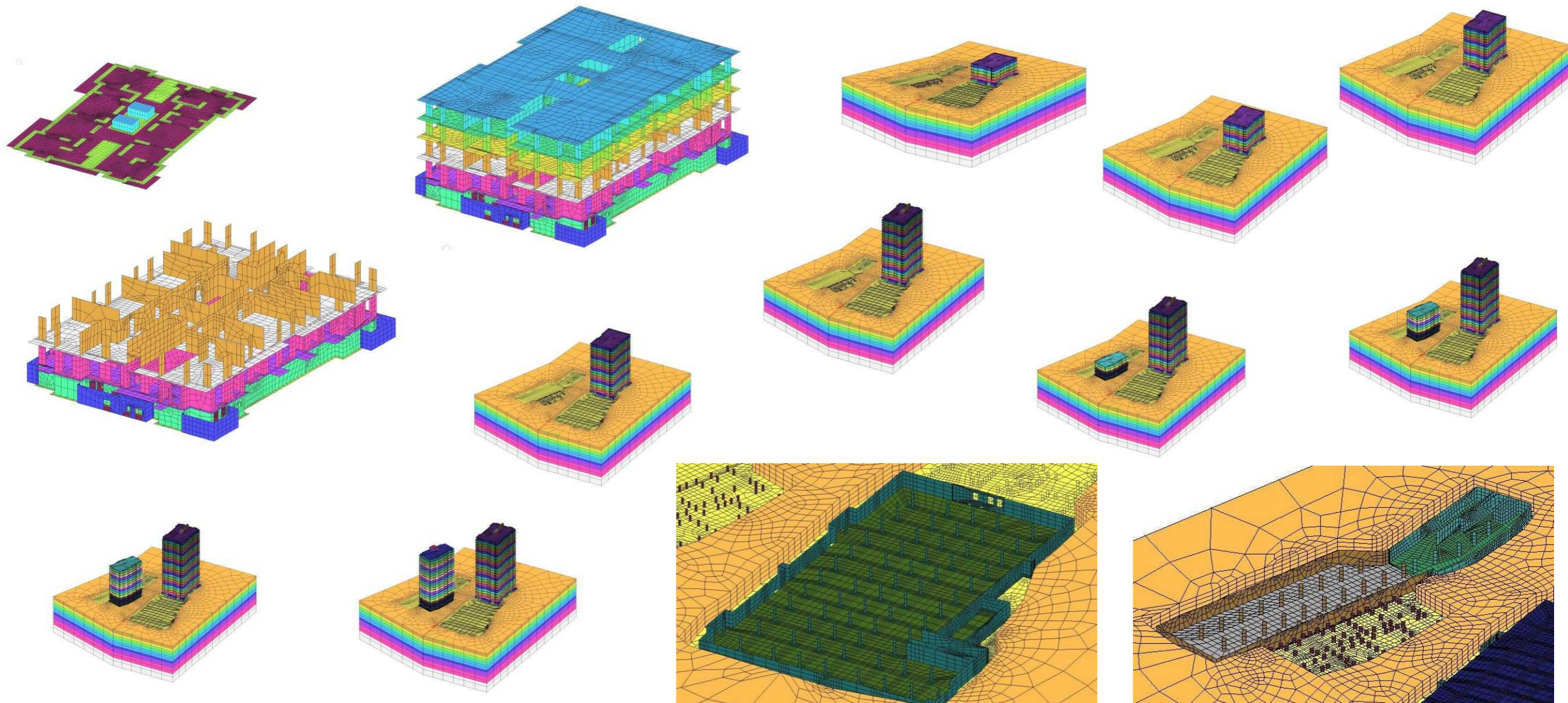


Результат:

- Получены усилия в ростверке под башенный кран с учётом смещений свай;
- По факту недобора бетоном проектной прочности и перераспределения усилий в сваях Заказчику может быть указано место, где усилия превышают расчётное сопротивление бетона и имеющийся диаметр арматуры не обеспечивает защиты от трещины;
- Для Заказчика подготовлены рекомендации о необходимости усиления угла ростверка (предотвращение продавливания и развития наклонной трещины).

Задача 4.

**Опыт расчёта группы 21...24-этажных
монолитных зданий с
пристраиваемыми заглублёнными
автостоянками (моделирование
последовательности возведения,
нелинейной работы грунтового
массива, геотехническое обоснование)**



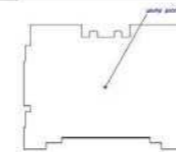
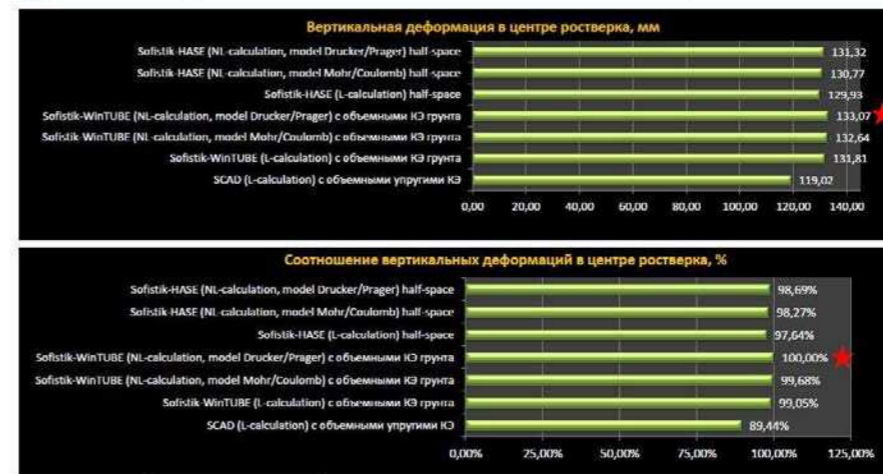
Задача решена в 7-ми постановках:

1. Sofistik-WinTUBE, линейный расчет (L-calculation) с объемными КЭ грунта.
2. Sofistik-WinTUBE, нелинейный расчет (NL-calculation, model Mohr/Coulomb) с объемными КЭ грунта.
3. Sofistik-WinTUBE, нелинейный расчет (NL-calculation, model Drucker/Prager) с объемными КЭ грунта.
- 4*. Sofistik-HASE, линейный расчет (L-calculation) с аналитической моделью полупространства грунта.
- 5*. Sofistik-HASE, нелинейный расчет (NL-calculation, model Mohr/Coulomb) с аналитической моделью полупространства грунта.
- 6*. Sofistik-HASE, нелинейный расчет (NL-calculation, model Drucker/Prager) с аналитической моделью полупространства грунта.

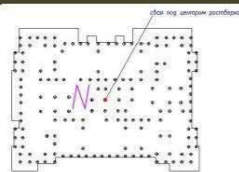
* Для возможности применения модуля Sofistik-HASE с аналитической моделью полупространства грунта в модель были внесены необходимые геометрические коррективы: ВСЕ объекты (2 здания 20-24 этажей и 3 блока паркингов) были приведены подошвами фундаментов/ростверков к единой вертикальной отметке.

7. SCAD Office, линейный расчет (L-calculation) с объемными упругими КЭ.

(для сравнения результатов)

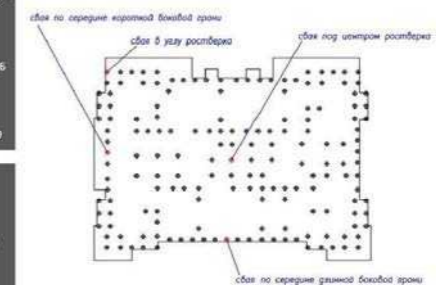


★ - за 100% условно принято значение вертикальной деформации по результату нелинейного расчёта здания на грунтовом массиве (из объемных КЭ) по модели Друкера-Прагера.



★ - за 100% условно принято значение осевого усилия в свае по результату нелинейного расчёта здания на грунтовом массиве (из объемных КЭ) по модели Друкера-Прагера.

Применительно к конкретному 24-этажному зданию, ПОСЛЕ НЕСКОЛЬКИХ ИТЕРАЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЙ ПО ПЕРЕРАССТАНОВКАМ СВАЙ (перемещения их к краям здания от центра) И ПОДБОРУ РАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И РАЦИОНАЛЬНЫХ ЖЕСТКОСТЕЙ СТЕН, получены следующие соотношения:



Приглашаем к сотрудничеству !



Визитная карточка:

Минкинен Юрий Эйнович

к.т.н., главный специалист-конструктор,
консультант компании ПСС

Проектирование объектов ПГС (расчёты и
конструирование многоэтажных зданий,
геотехнические расчёты для обоснований
проектов), преподавательская работа

E-mail: yury-m@mail.ru

Тел.моб.: 8(950) 016-64-38





ПСС

WWW.PSS.SPB.RU

