



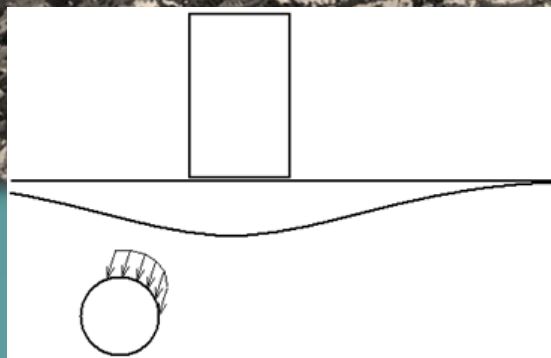
ПГУПС Императора Александра I

Геореконструкция

СПбГАСУ

В.Н.Парамонов, В.А.Васенин, И.И.Сахаров

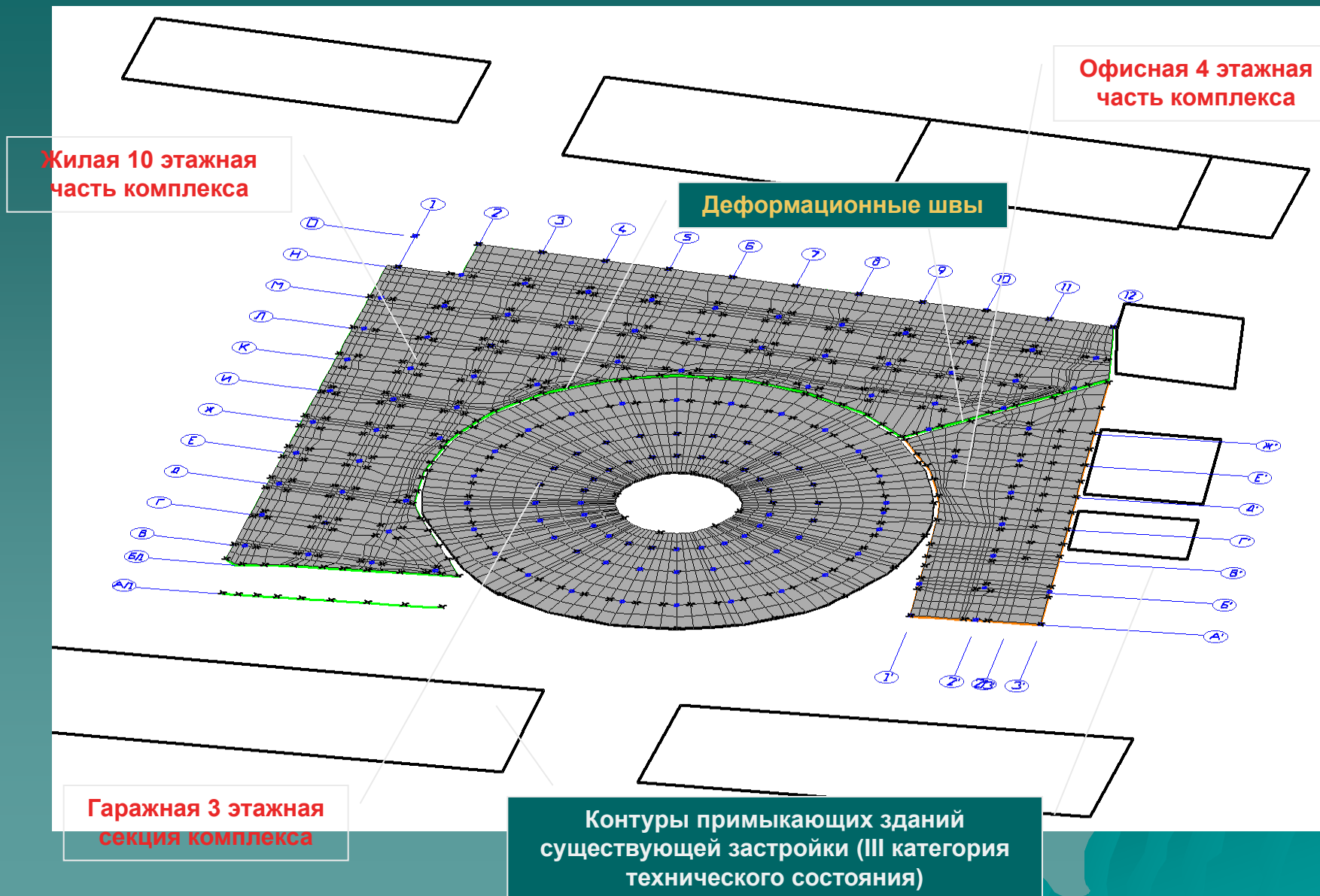
Взаимное влияние городской застройки и сооружений метрополитена

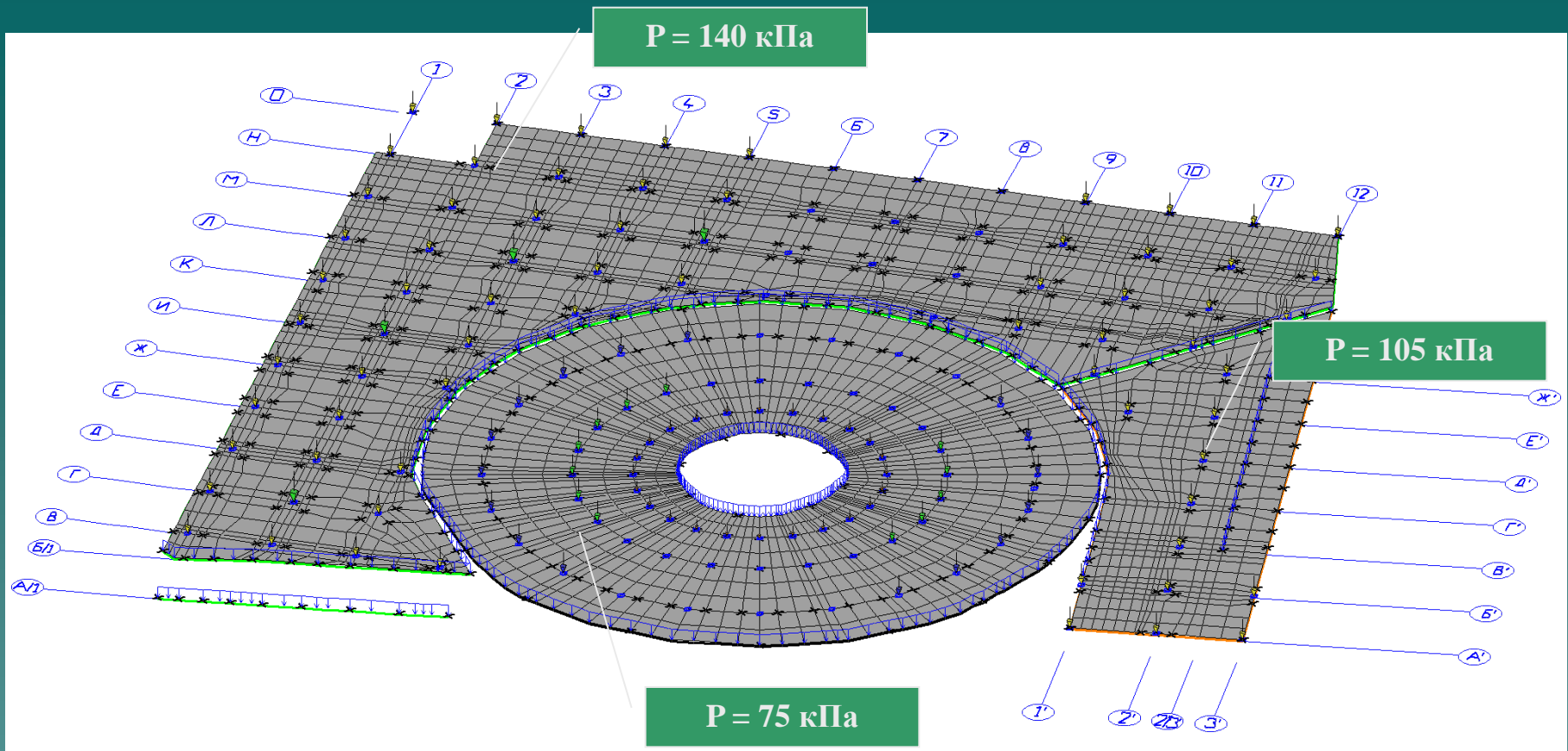


Жилой комплекс по ул. Большая Зеленина, д.10
(у станции метро “Чкаловская”)



Жилой комплекс по ул. Большая Зеленина, д.10 (у станции метро “Чкаловская”)





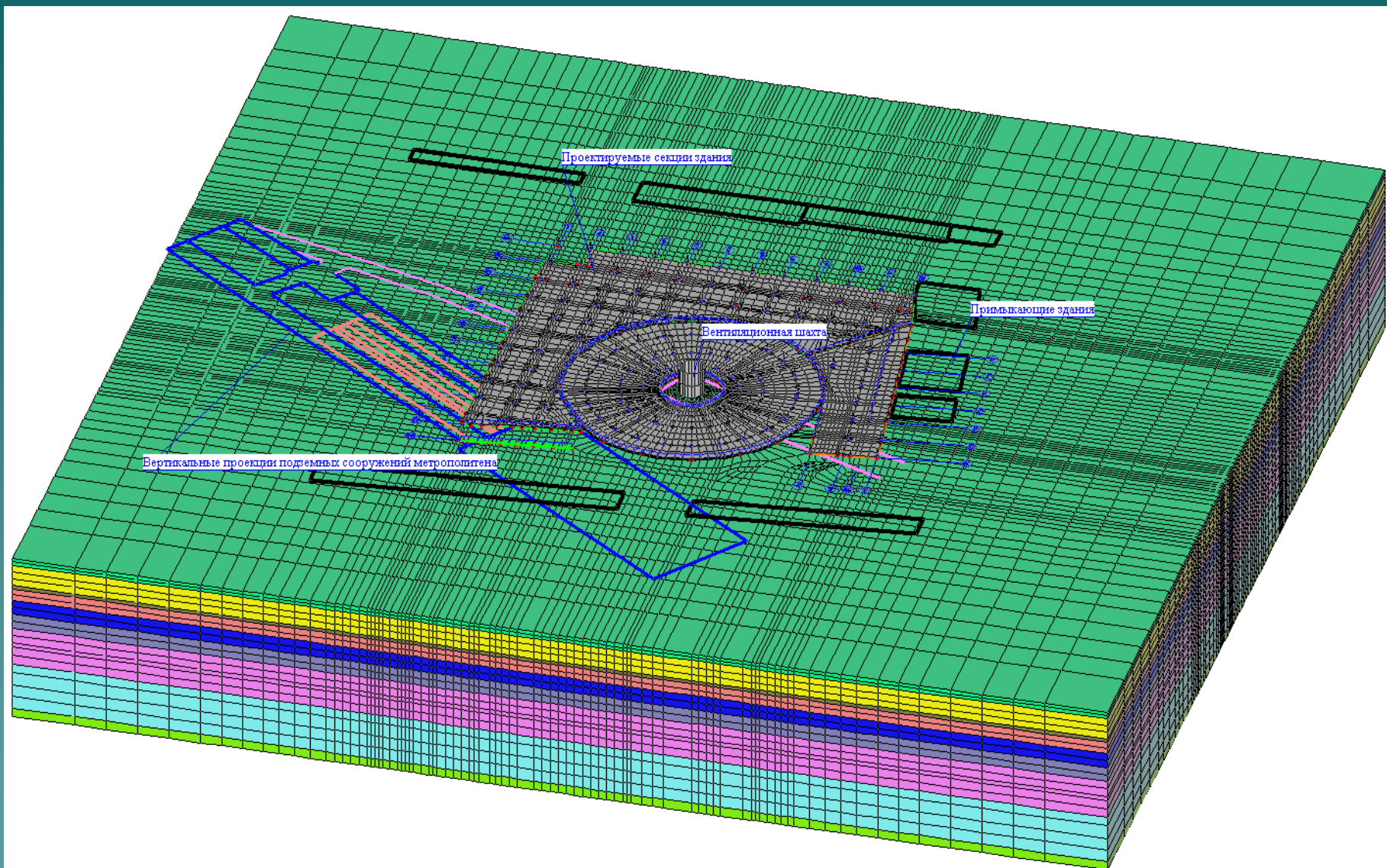
Проектный объем – 75 x 90 м.

Здания возводятся в монолитном железобетонном каркасе.

Максимальная нагрузка на колонну – 870 тс.

Фундаменты – тяжело нагруженные, с различной степенью нагружения

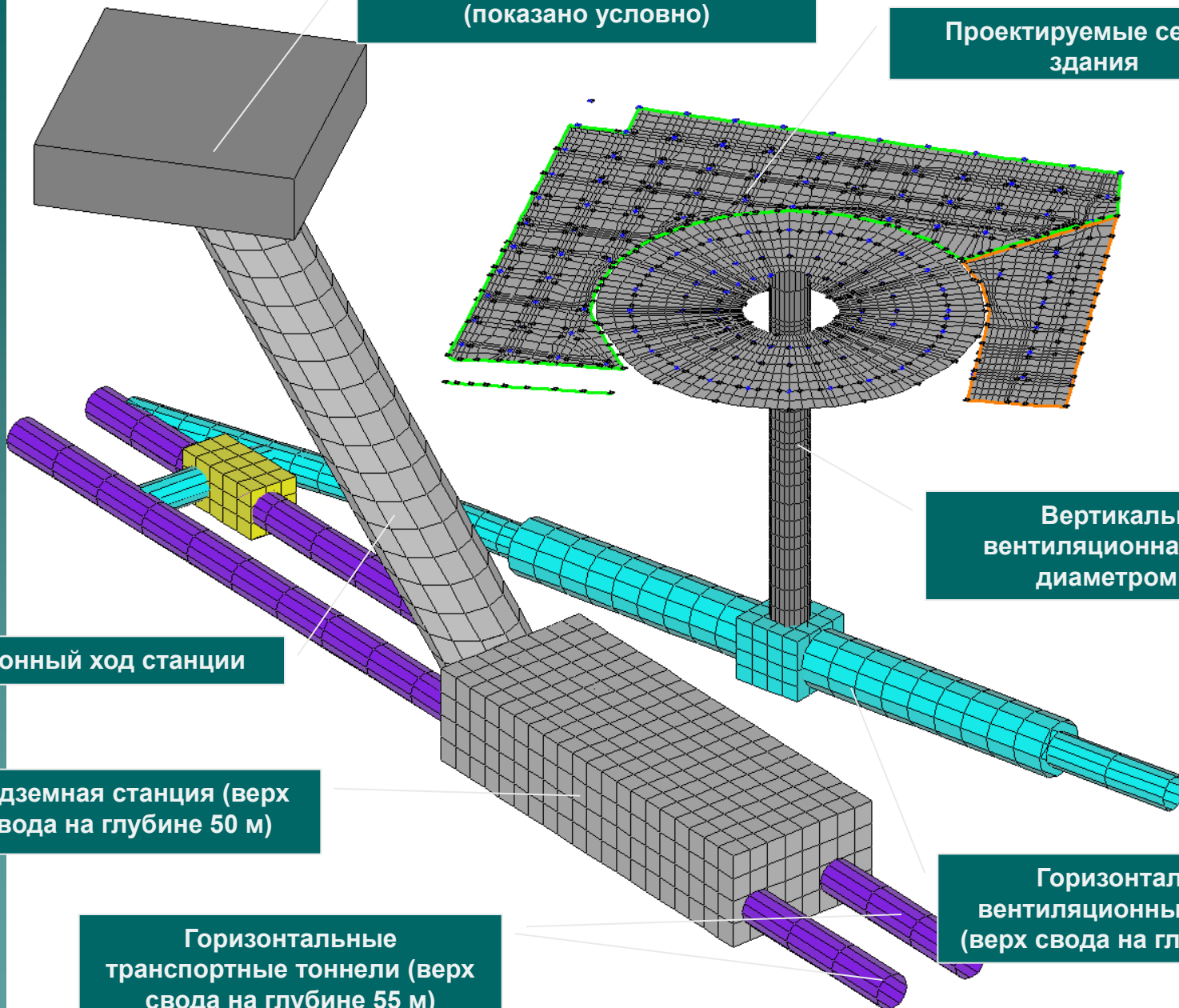
Общая мощность слабых глинистых отложений в основании здания 13-18 м.



Расчетная схема проектируемого комплекса

Здание вестибюля станции
(показано условно)

Проектируемые секции
здания



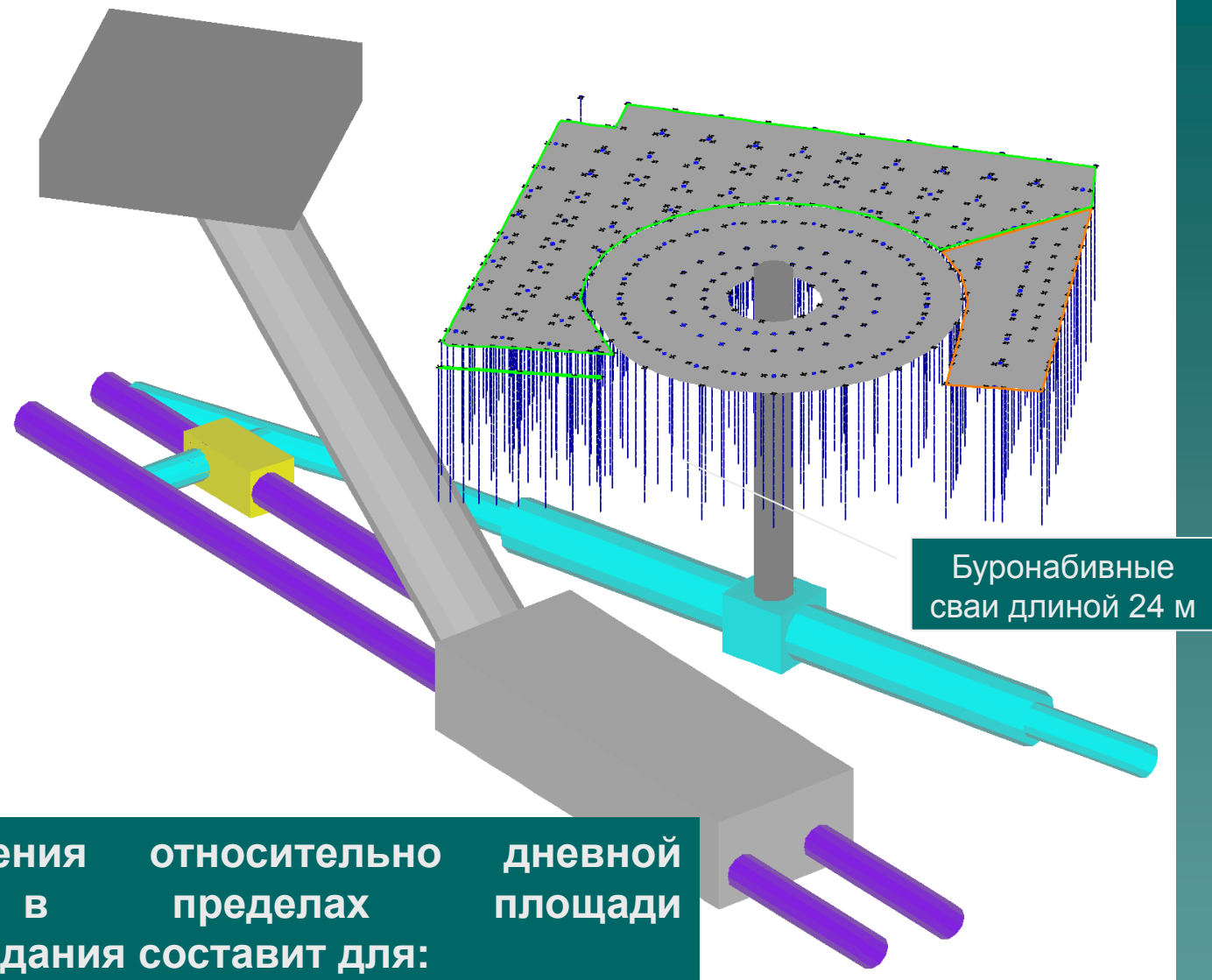
Наклонный ход станции

Подземная станция (верх
свода на глубине 50 м)

Горизонтальные
транспортные тоннели (верх
свода на глубине 55 м)

Вертикальная
вентиляционная шахта
диаметром 6 м

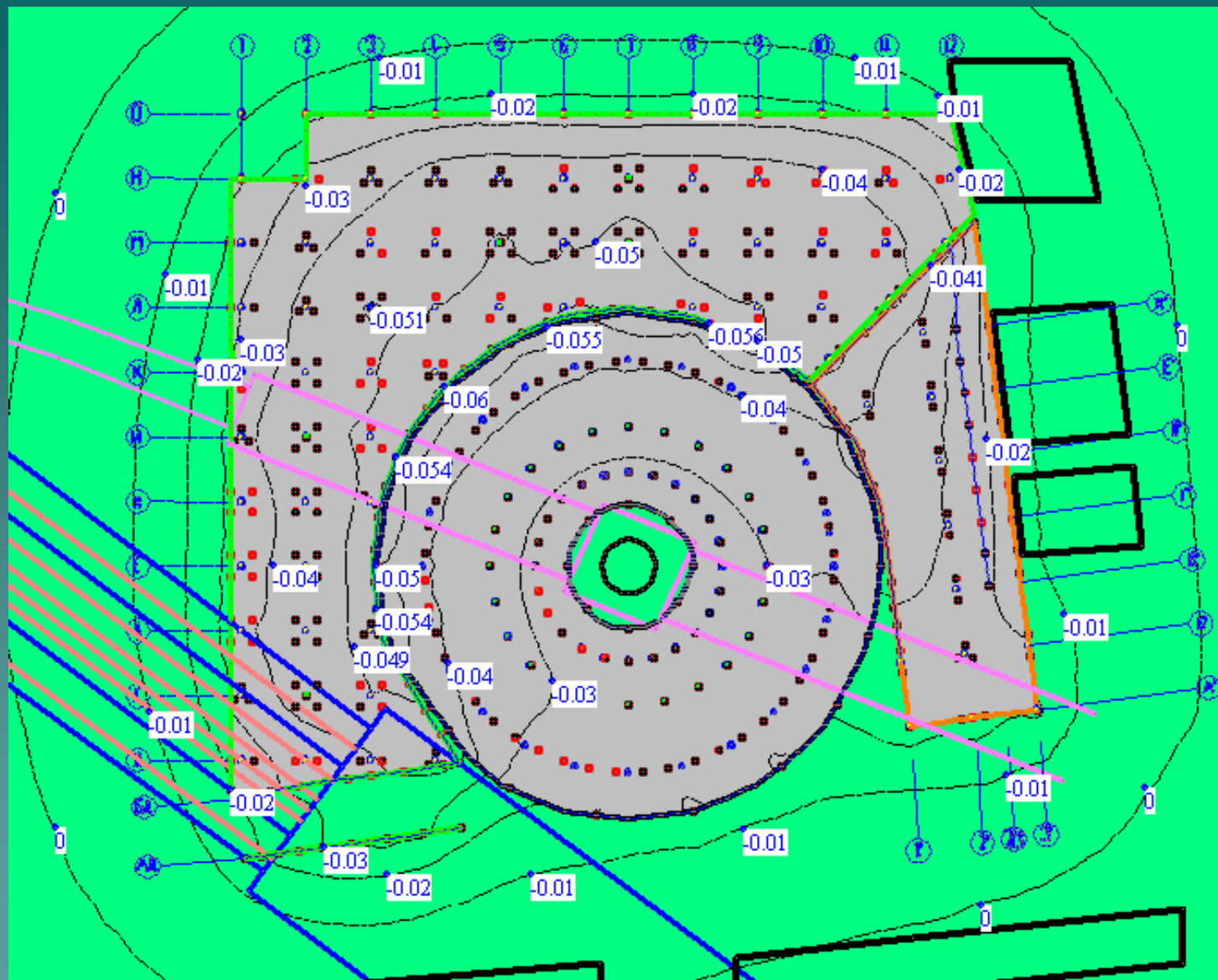
Горизонтальные
вентиляционные тоннели
(верх свода на глубине 55 м)



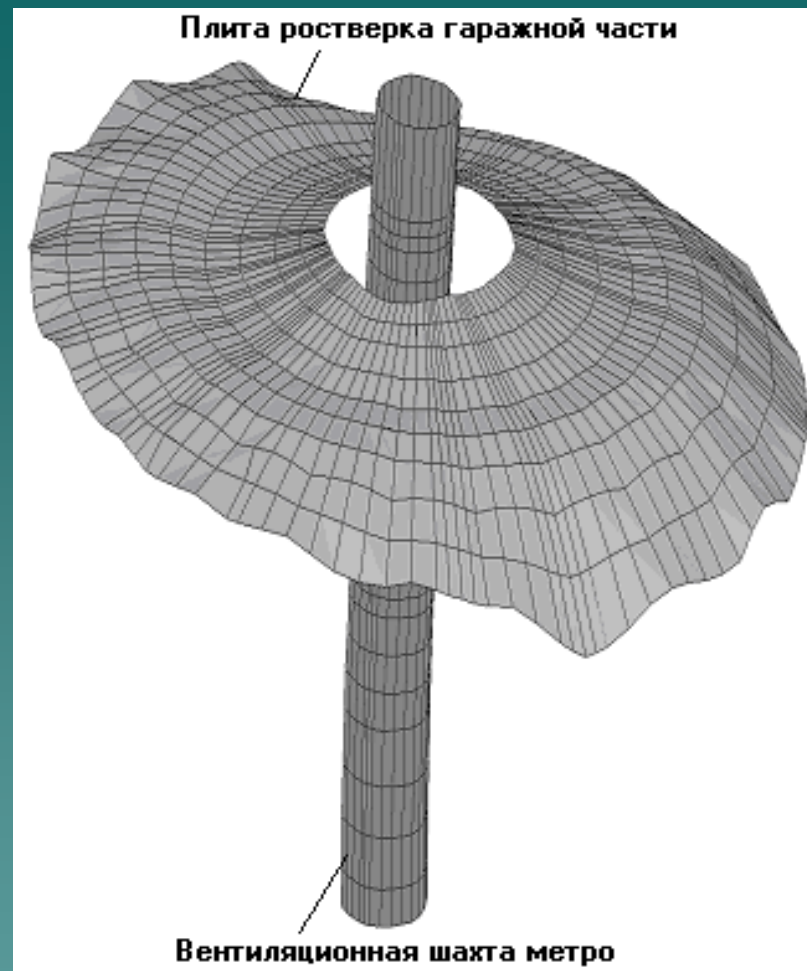
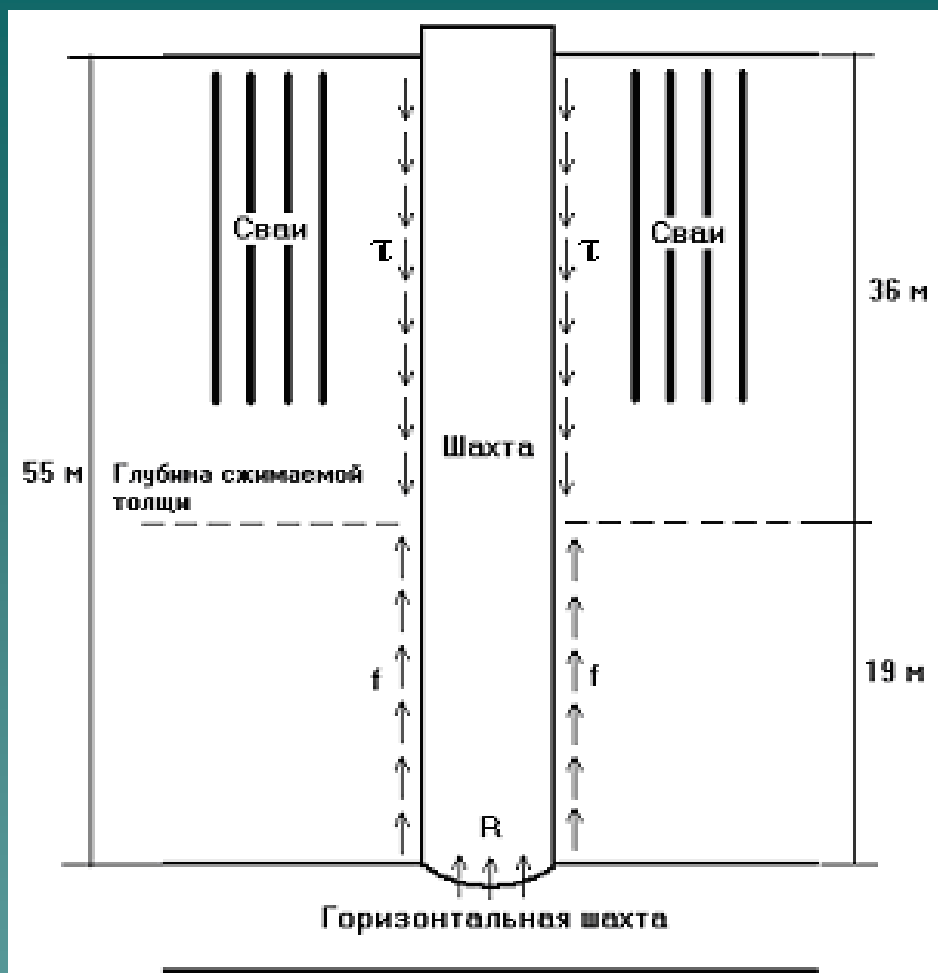
Буронабивные
сваи длиной 24 м

Глубина заложения относительно дневной поверхности в пределах проектируемого здания составит для:

- верха обделки наклонного хода станции – 40...50 м;
- верха обделки конструкций станции - 50 м;
- верха обделки горизонтальных конструкций тоннельных путей и вентиляционного хода – 55 м.

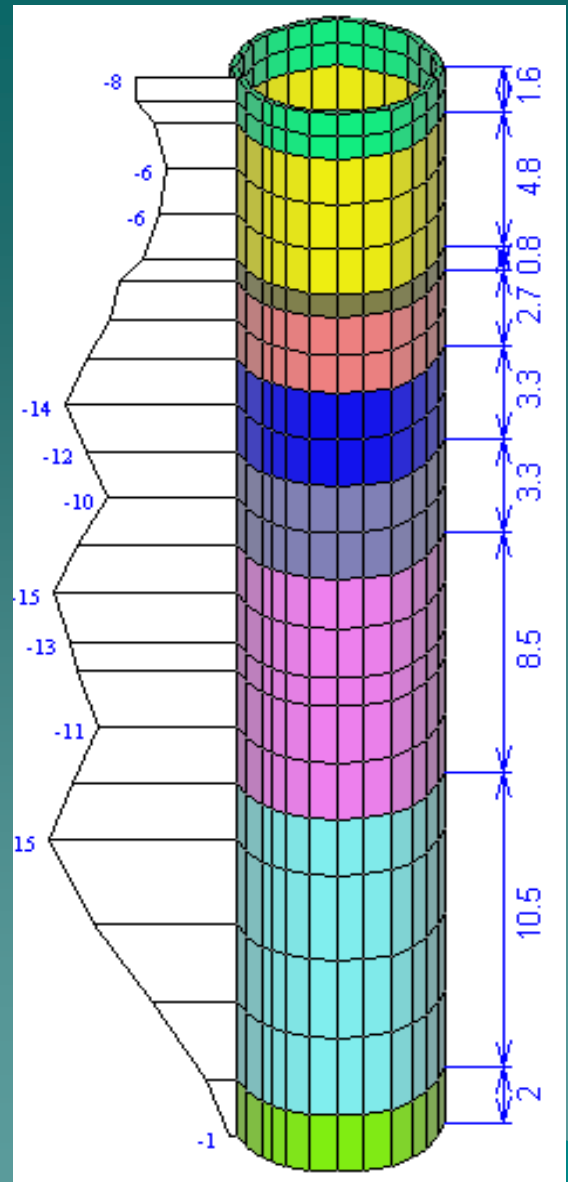
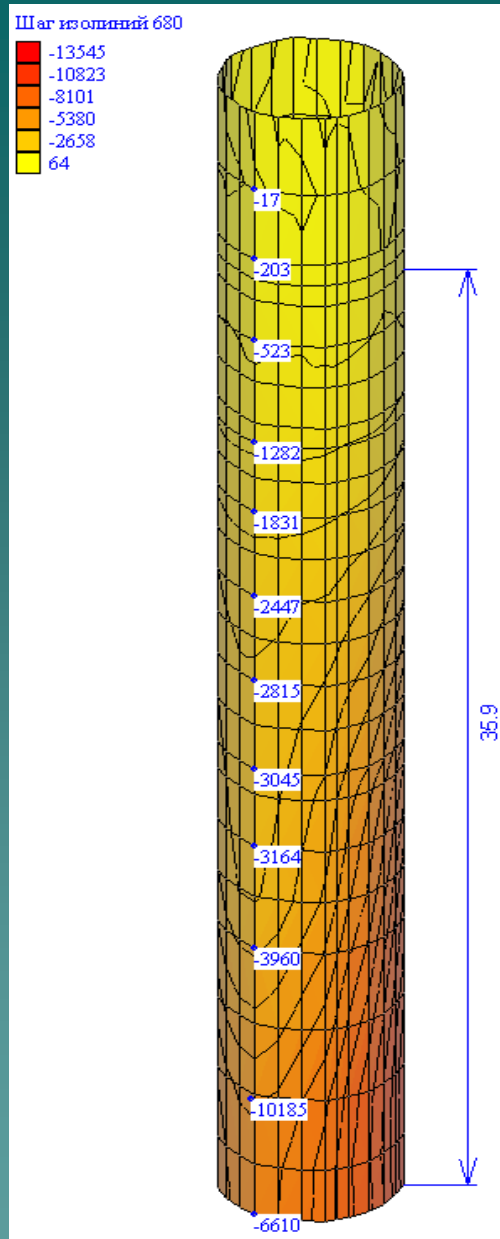
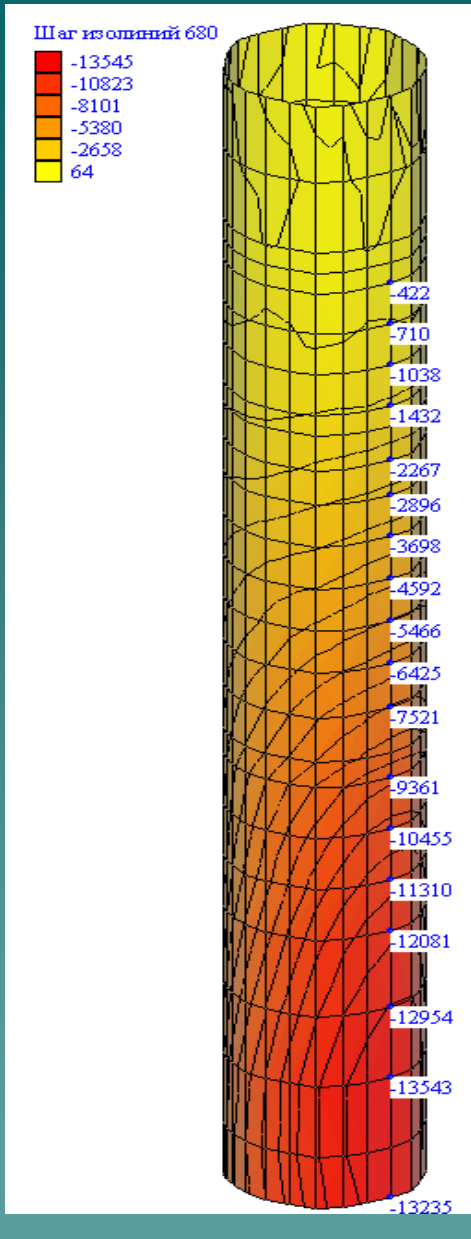


Изолинии осадок (м) комплекса на сваях



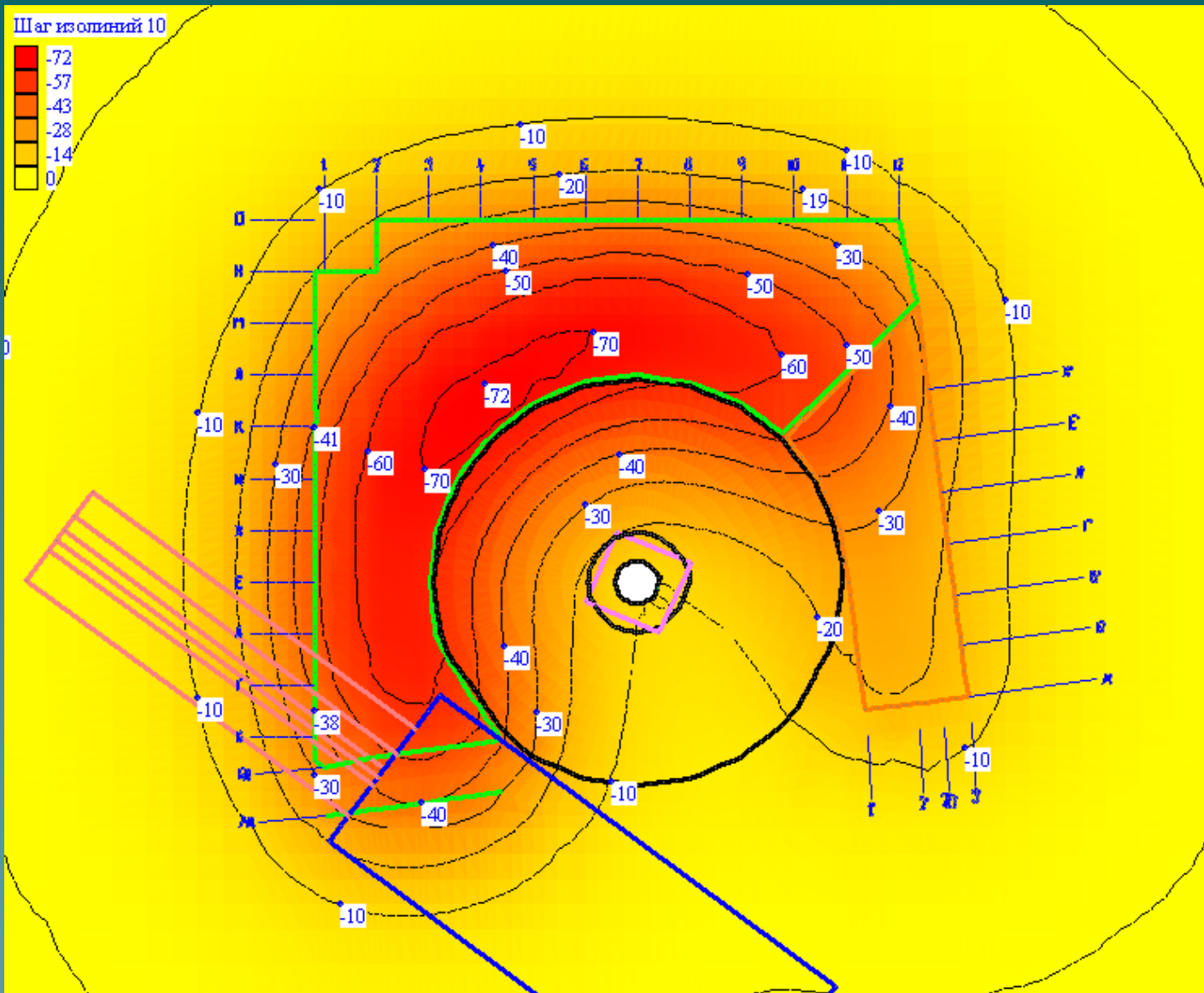
Расчетная схема к определению негативных воздействий на вентиляционную шахту

Деформированная схема гаражной части и вент. шахты станции. Масштаб деформаций увеличен.

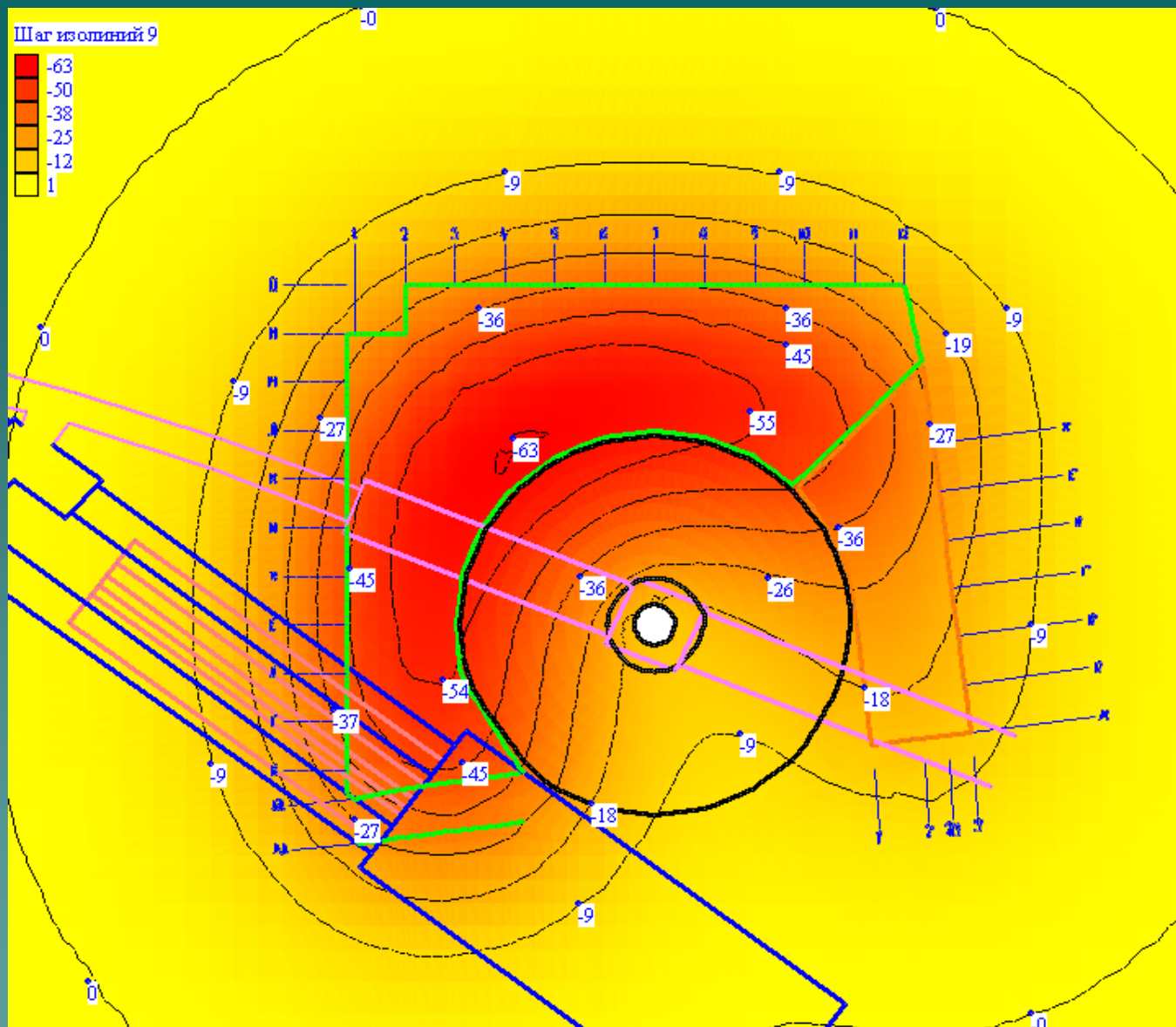


Вертикальные нормальные напряжения (кПа)
в стволе шахты

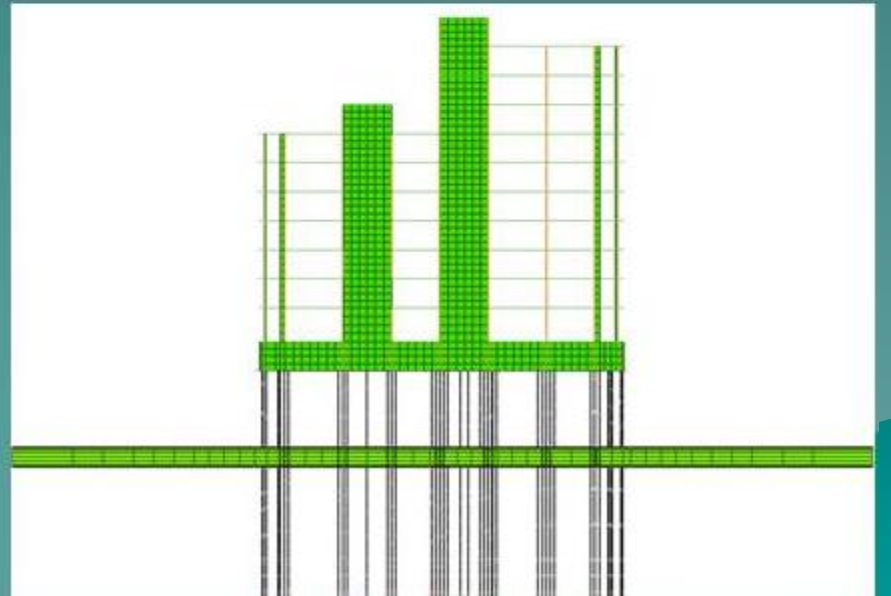
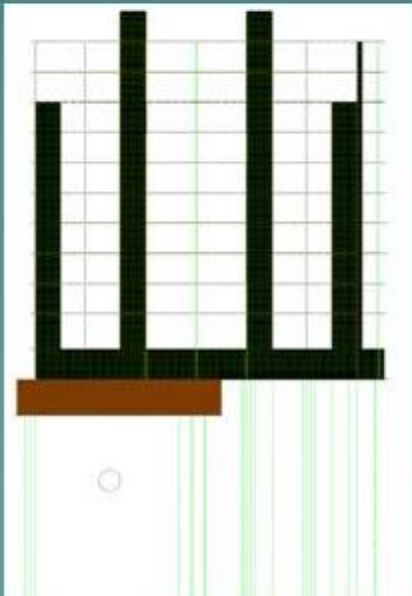
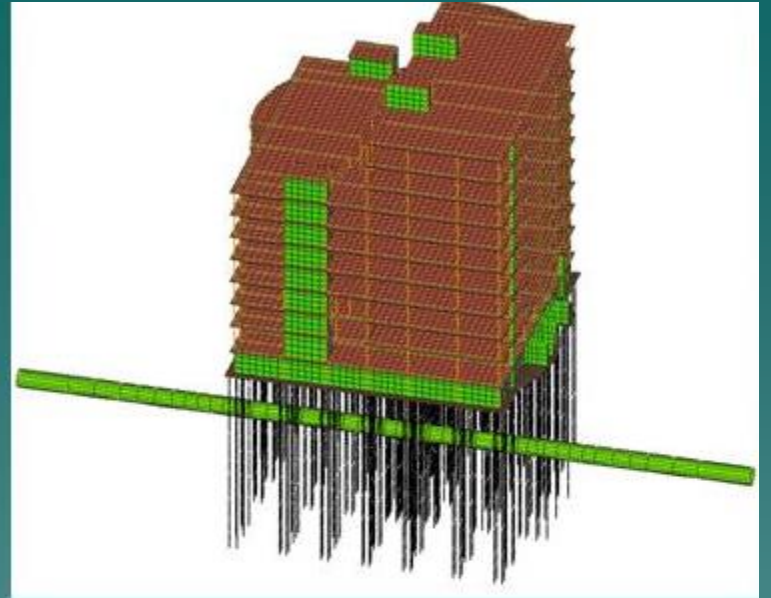
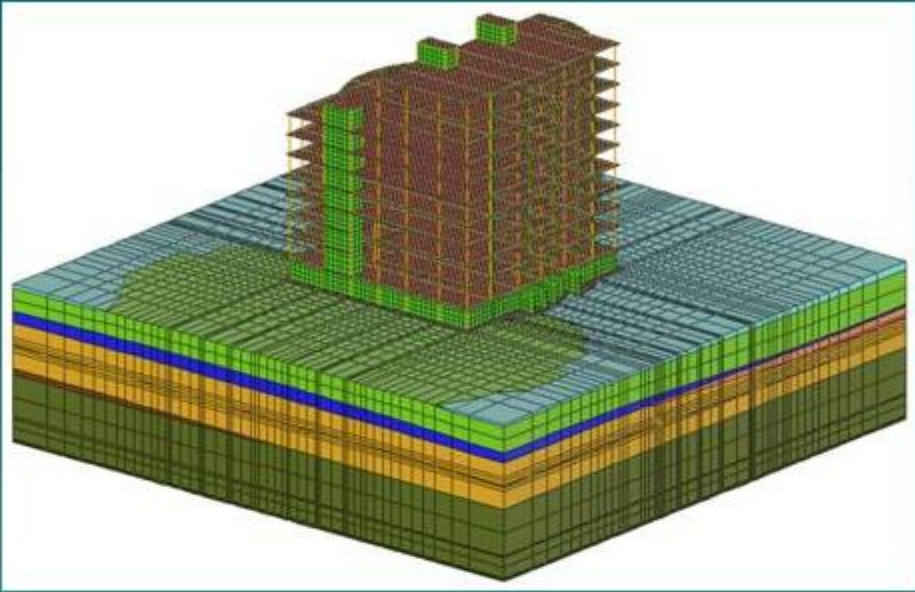
Эюра касательных напряжений (кПа)
в контактном слое у ствола шахты



Изолинии дополнительных вертикальных напряжений на глубине 40 м (кПа) от проектных нагрузок на основание



Изолинии дополнительных вертикальных напряжений на глубине 50 м (кПа) от проектных нагрузок на основание

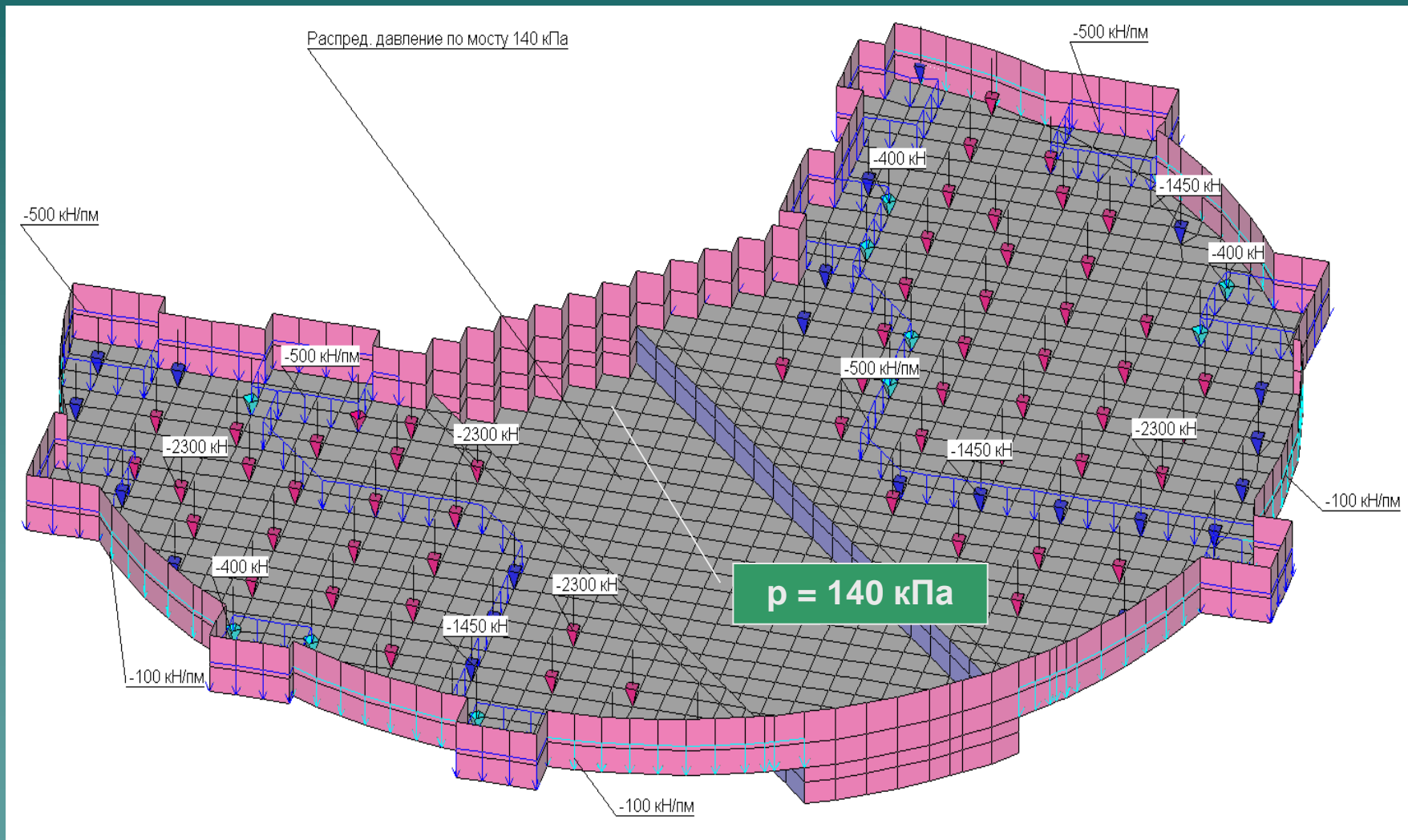




Строительство торгово-бытового комплекса в кв. 12 Шувалово-Озерки Выборгского района г. Санкт-Петербурга у вестибюля станции метро “Озерки”.

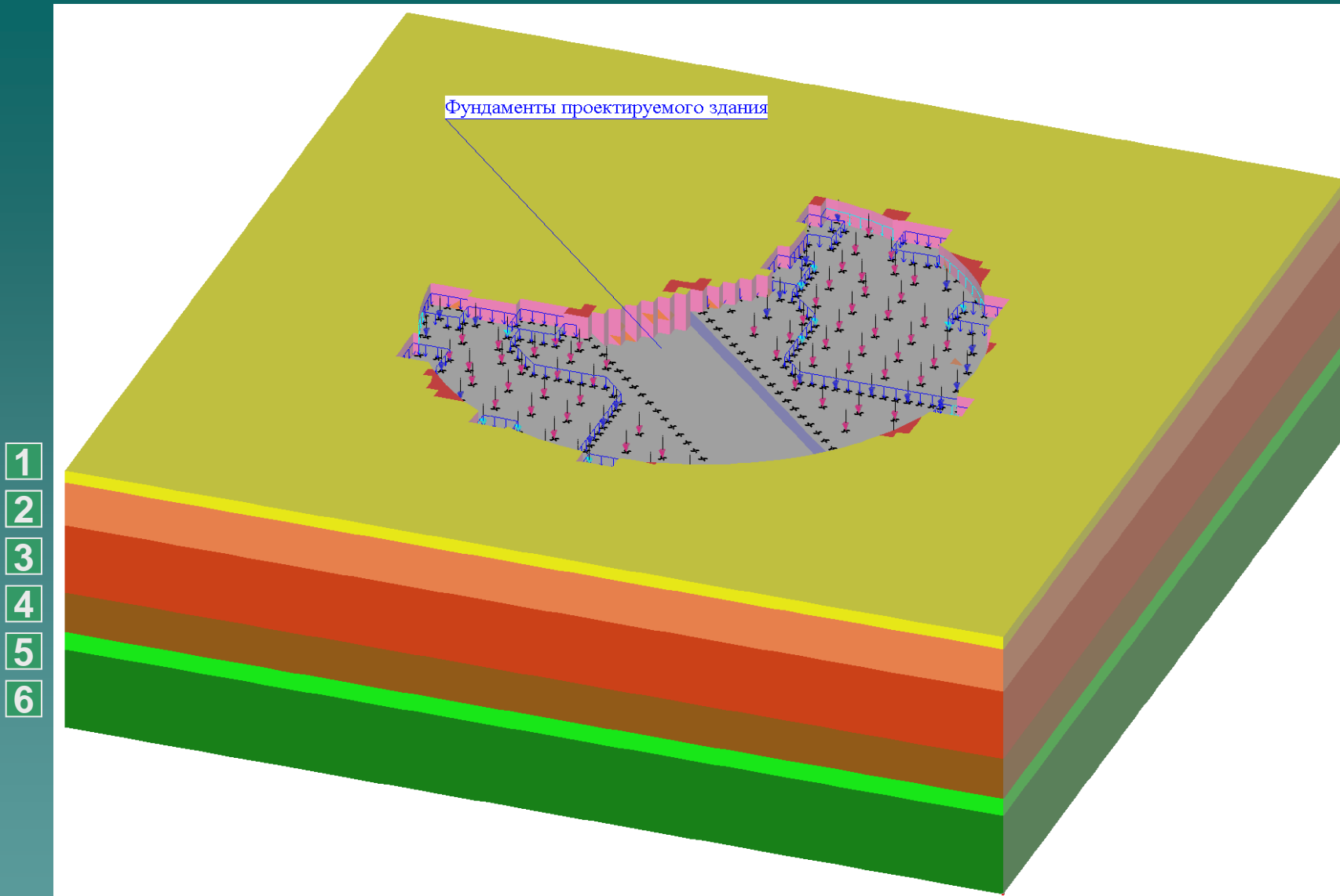
Оценка влияния проектируемого здания на подземные сооружения, попадающие в сжимаемую толщу

Строительство торгового комплекса у станции метро “Озерки”



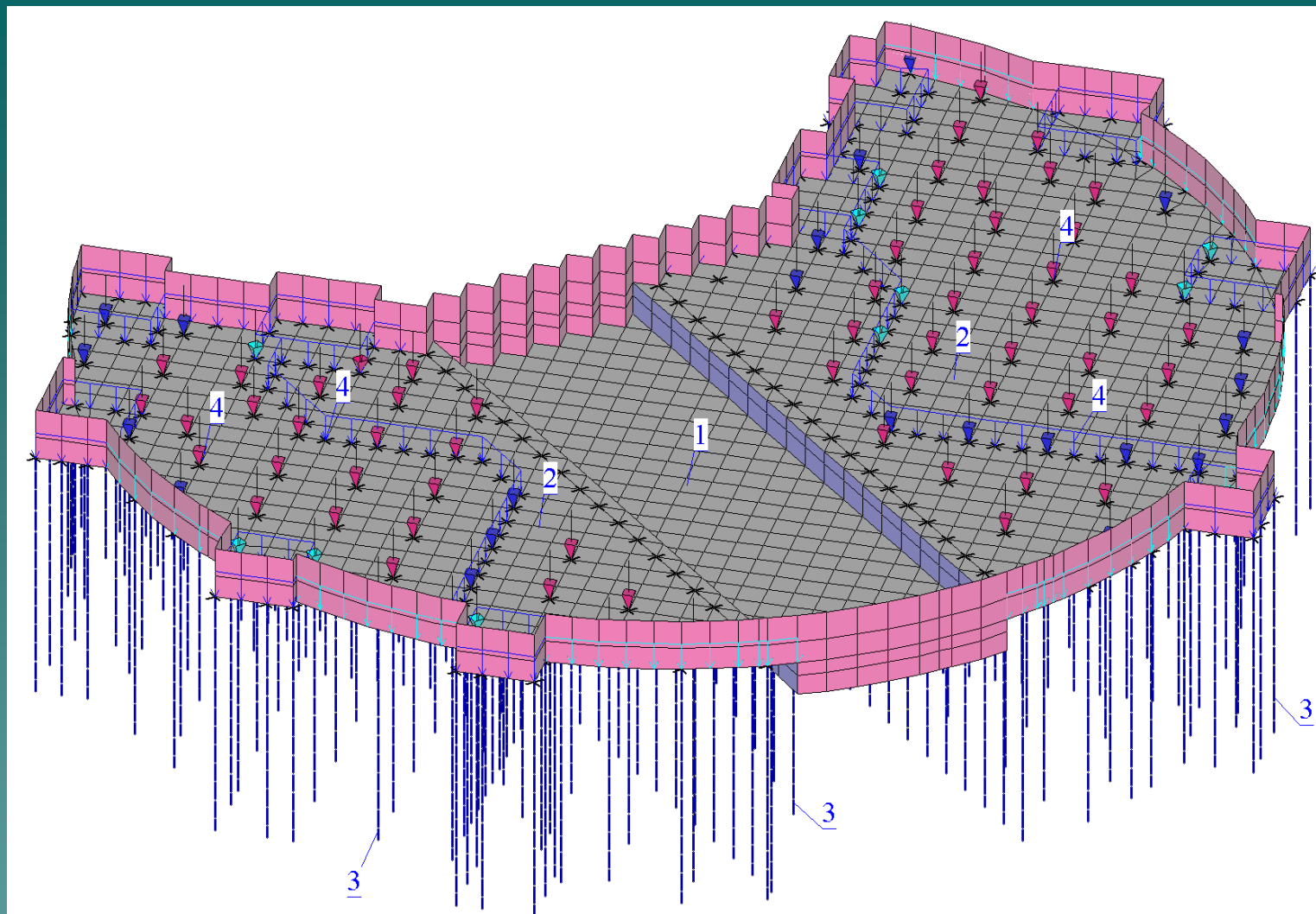
Здание высотой в 3 этажа. Подвал под основным объемом – 3,8 м, под мостовым пролетом 6,8 м.

Диаметр сооружения – 80 м.

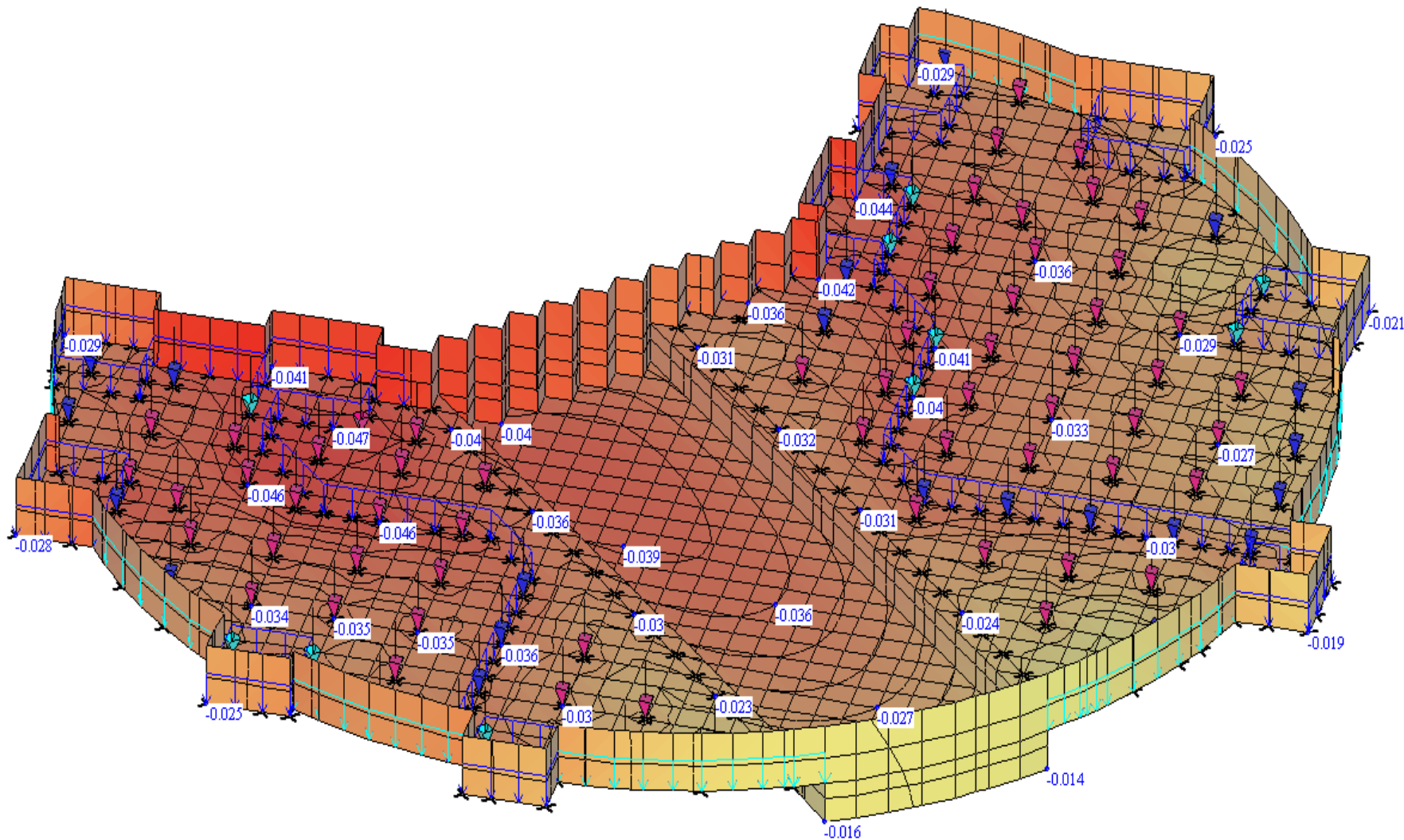


Расчетная схема

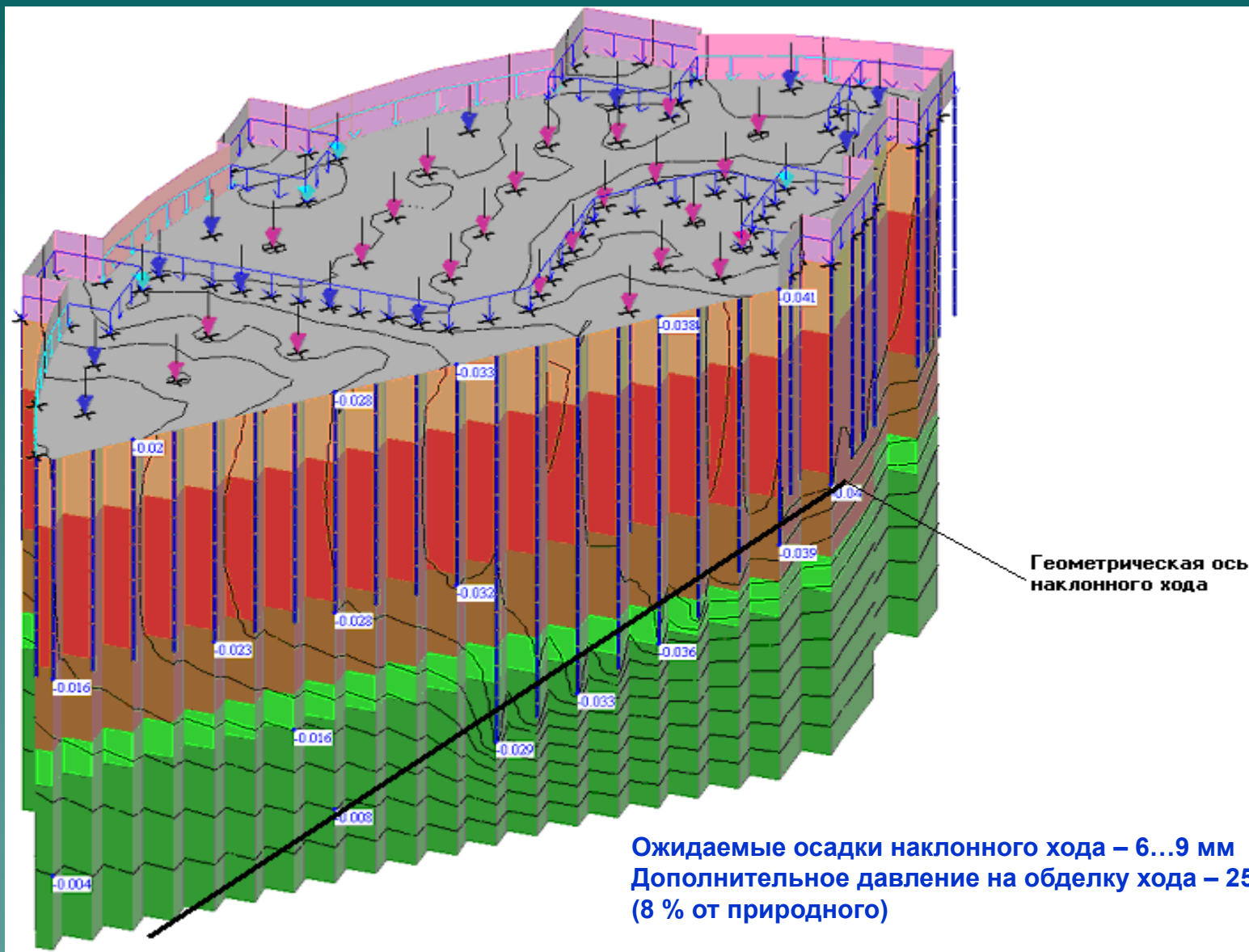
Величина дополнительного давления на основание – **65 кПа.**



Фрагмент расчетной схемы с конструкциями свайного фундамента: 1 – мостовой пролет 16 м; 2 – плитный ростверк 350 мм; 3 – сваи диаметром 620 мм длиной 17 – 32,5 м; 4 – кусты свай с нагрузкой на ростверк.



Изолинии расчетных осадок (м) фундаментов здания на свайных фундаментах



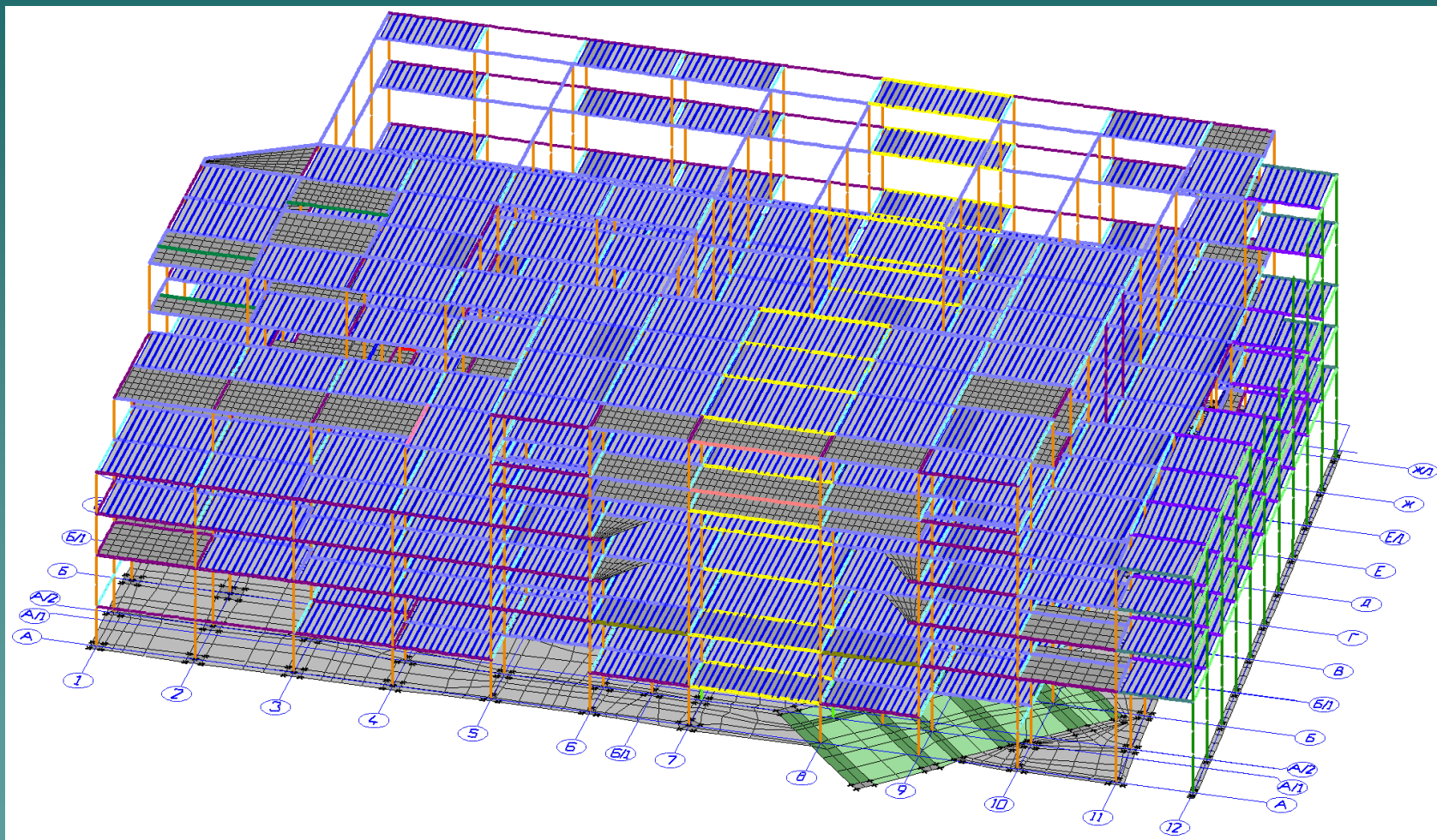
Изолинии осадок (м) свайных фундаментов в месте расположения ростверков под мостовой пролет

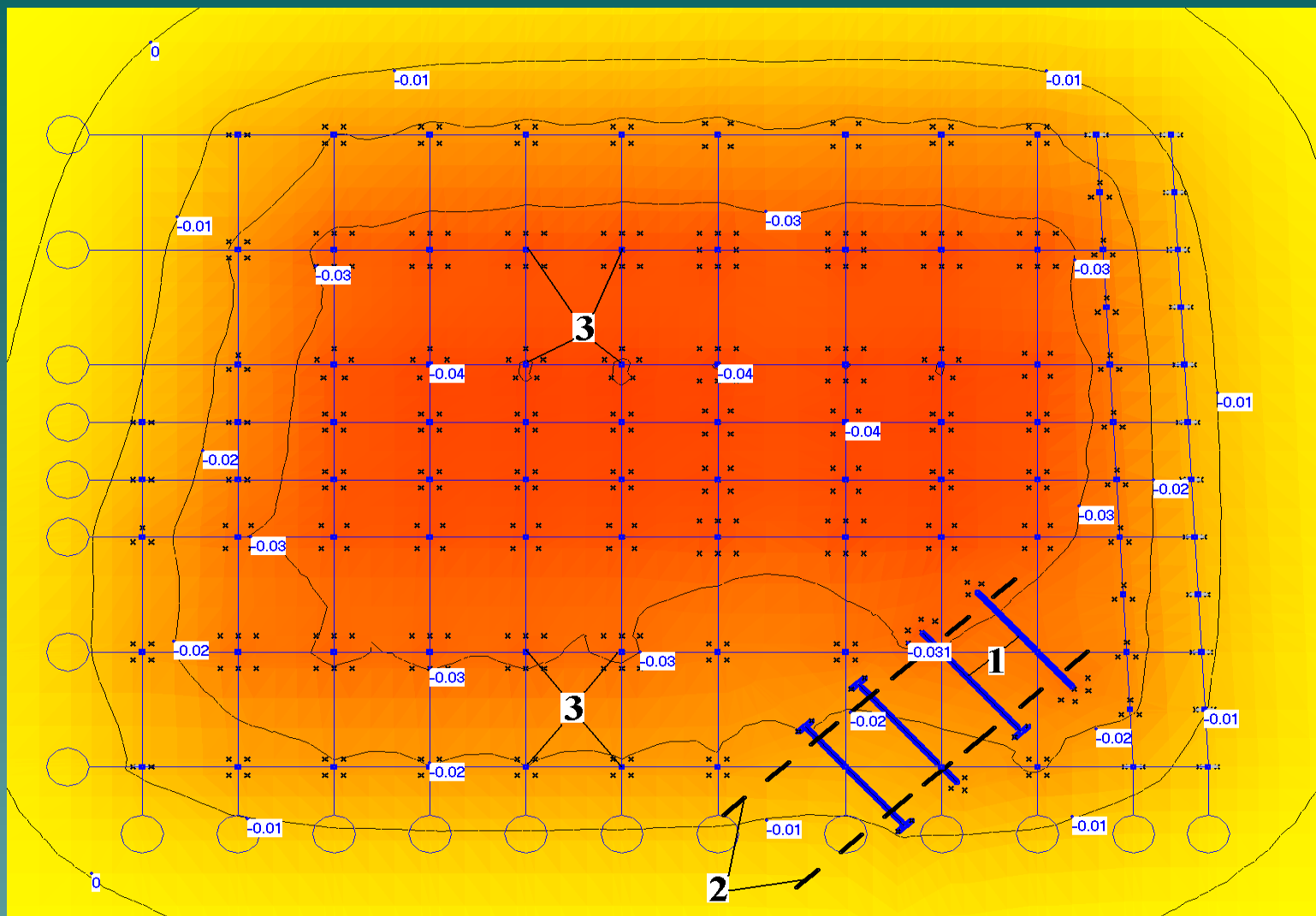


Строительство коммерческого центра у вестибюля станции метро “Сенная площадь”.

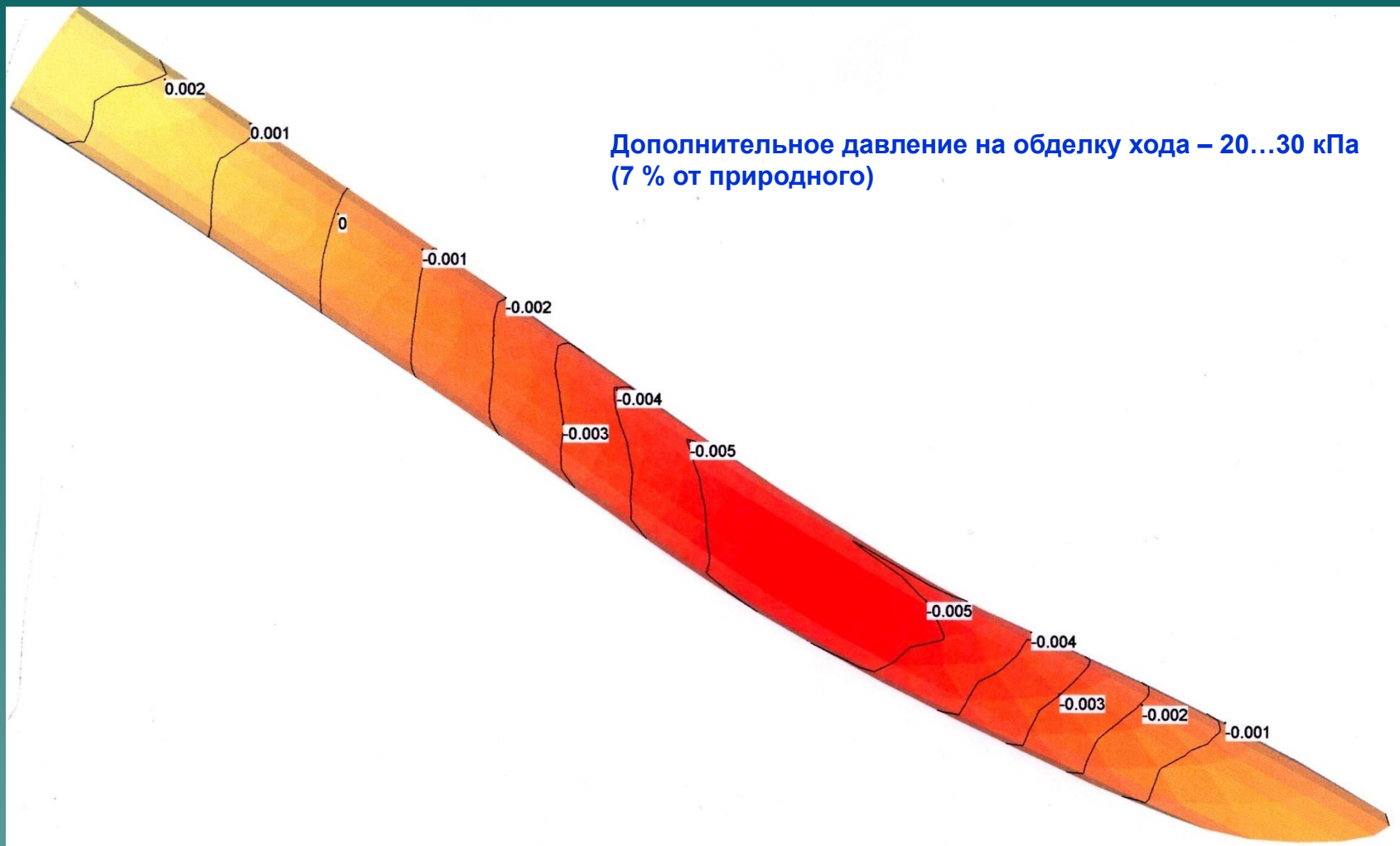
Строительство торгового комплекса “ПИК” вблизи вестибюля станции метро “Сенная площадь”

Размеры здания в плане 93 x 66 м





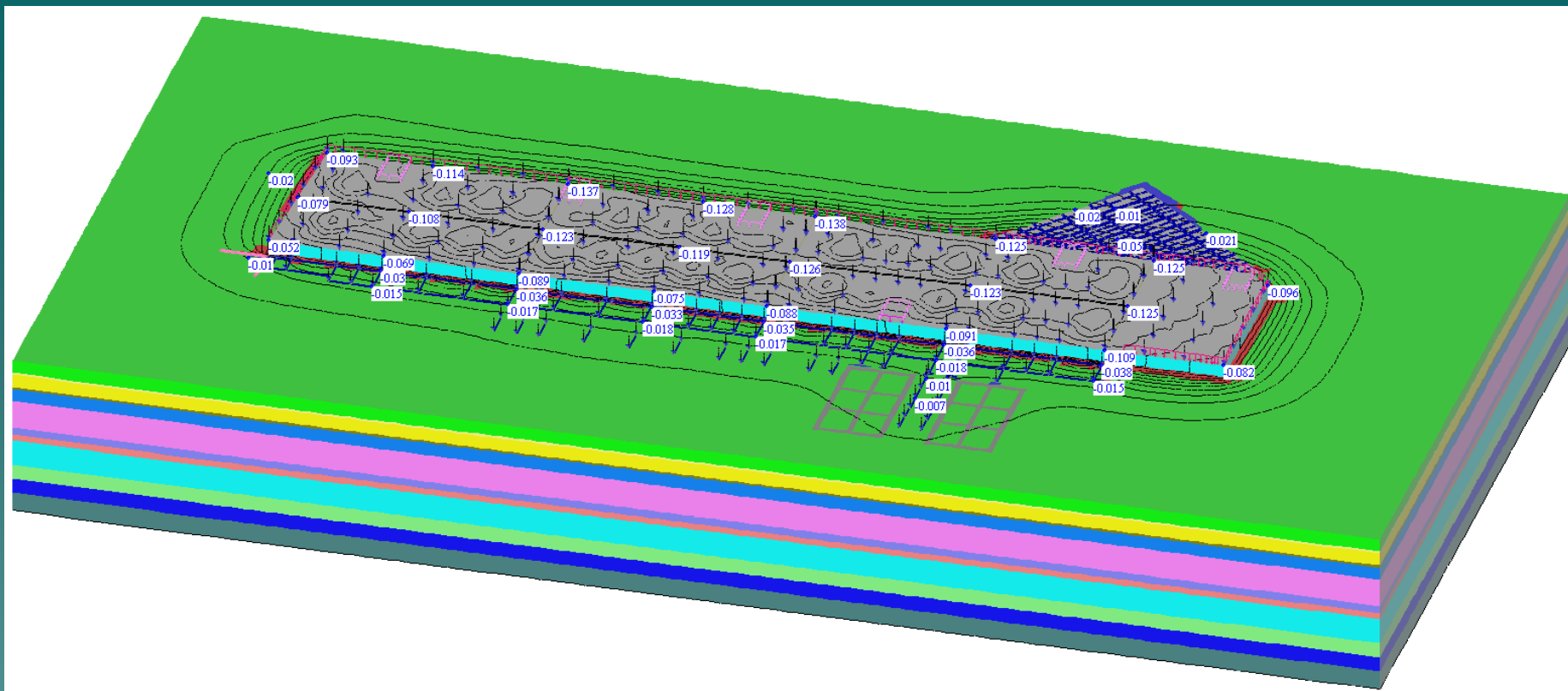
Изолинии осадок (м) фундаментной части здания коммерческого центра у вестибюля станции метро “Сенная площадь”: 1 – мостовые пролеты; 2 – контур проекции наклонного хода; 3 – кусты свай с нагрузками на ростверк.



Деформированная схема и изолинии осадок (м) наклонного хода ст. метро “Сенная площадь”.



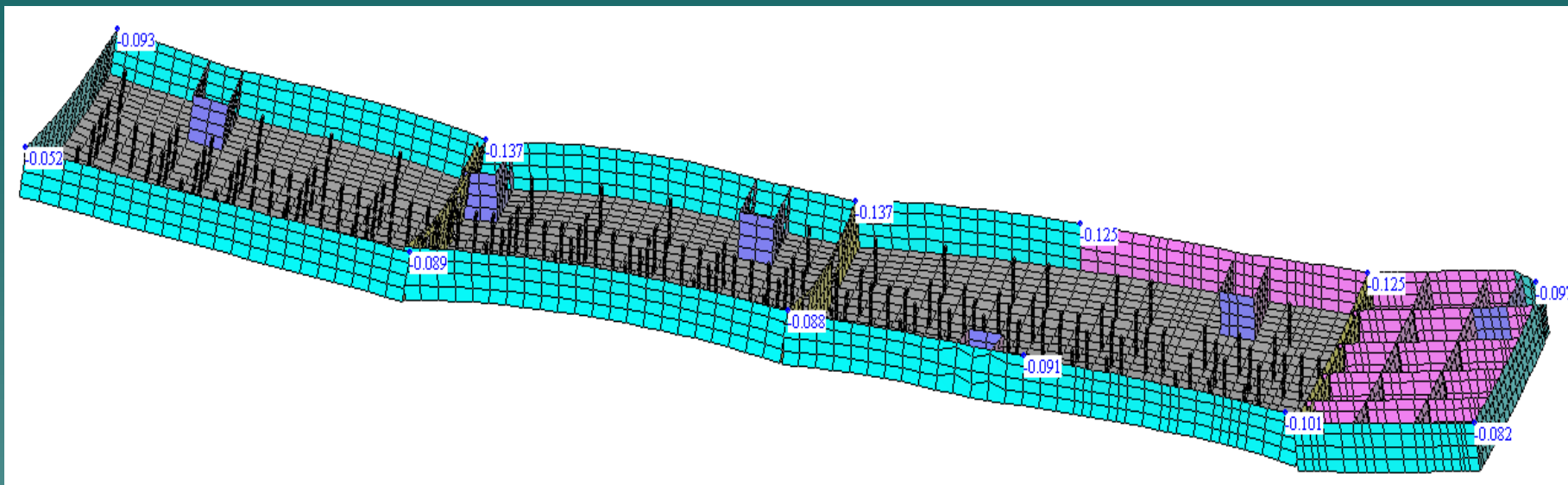
Торговый комплекс “Сенная” (Сенной рынок) у станции метро “Сенная площадь”



Изолинии осадок (м) подвальной части проектируемого здания торгового комплекса “Сенного рынка”

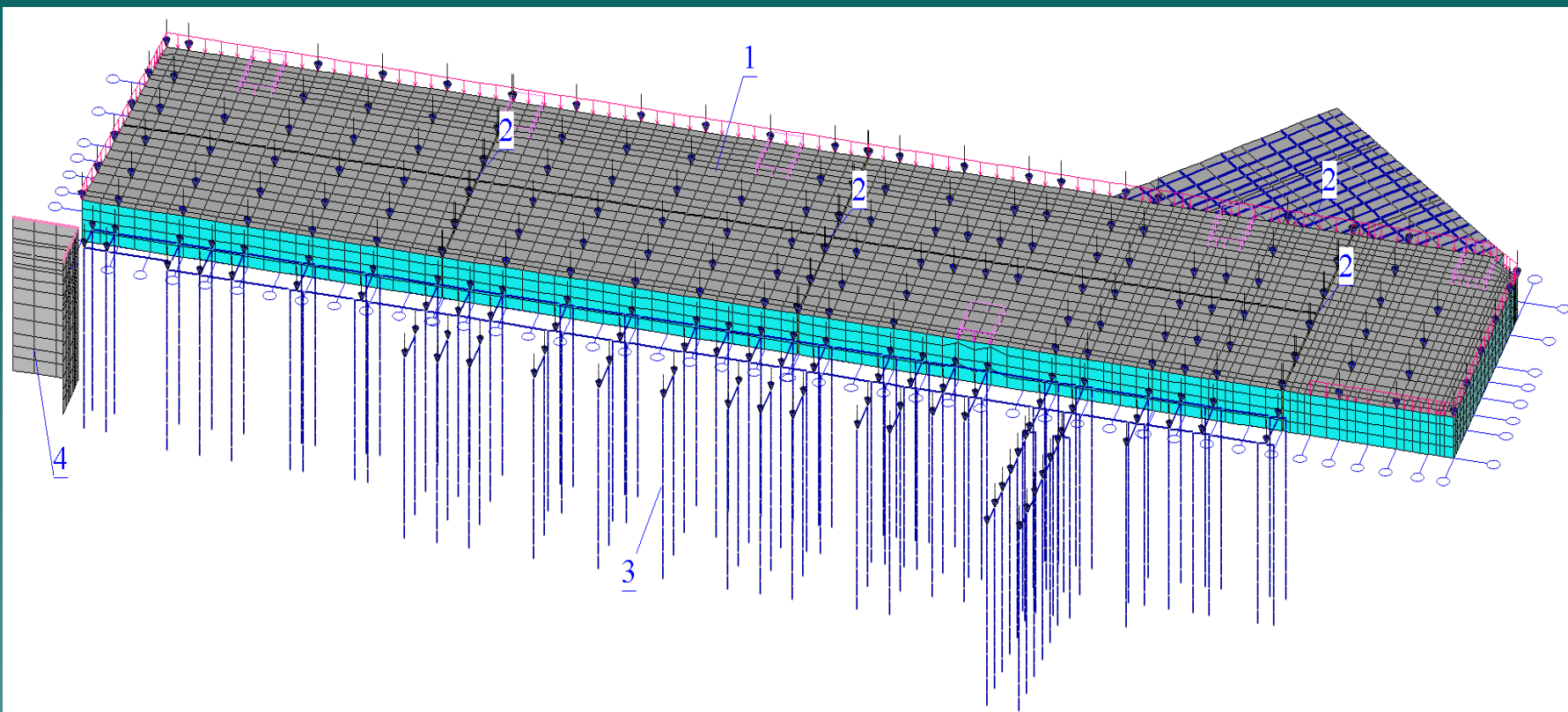
Разновысотное здание высотой 5-8 этажей в монолитном железобетонном каркасе с размерами в плане 40 x 210 м. Здание строится на существующем подземном сооружении – холодильнике, постройки начала 20 века. Глубина заложения сооружения 5,5 м ниже отметки дневной поверхности.

Дополнительное давление по подошве плиты ростверка составило до **70 кПа**.



Деформированная схема фундаментной части основного объема здания. Масштаб деформаций увеличен.

Глубина сжимаемой толщи в основании сооружения – 26 м.

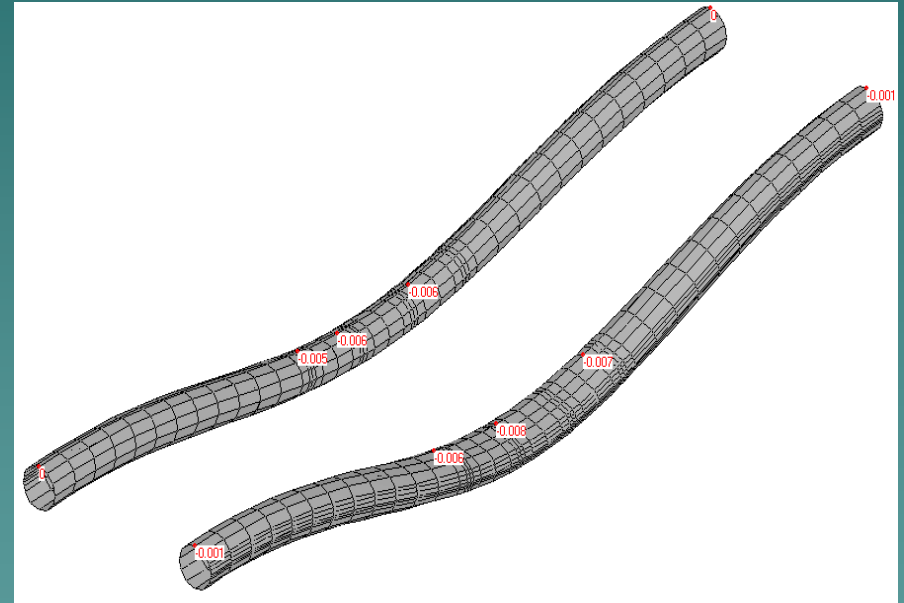
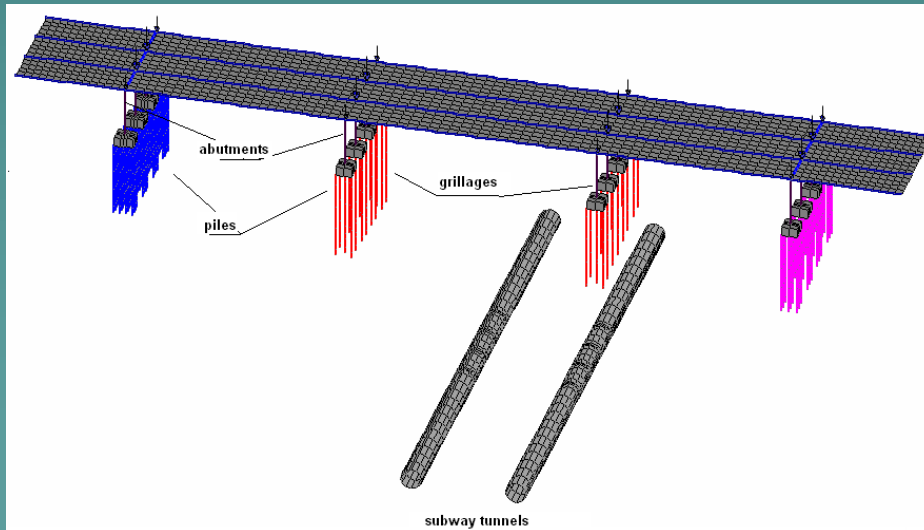
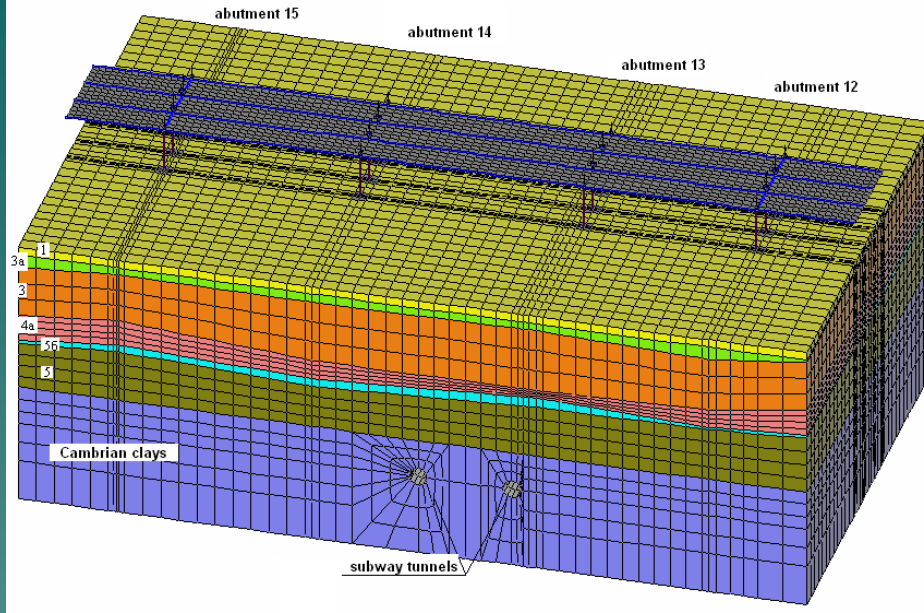


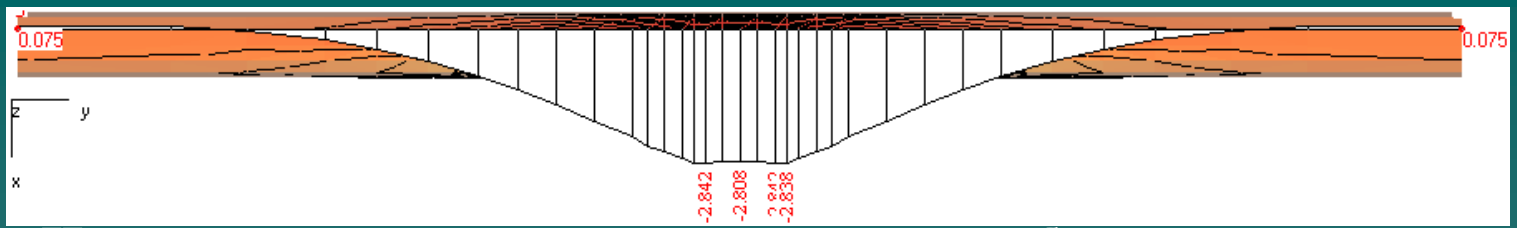
Фрагмент расчетной схемы фундаментной части торгового комплекса “Сенного рынка”: 1 – подвальная часть здания с нагрузками; 2 – деформационный шов; 3 – сваи длиной 26 м под пристройку; 4 – ограждающая шпунтовая стенка до глубины 23 м.

Величина дополнительного давления на подземные конструкции станции “Сенная площадь” (на глубине 39 м) – 45...60 кПа (7,5 % от природного)

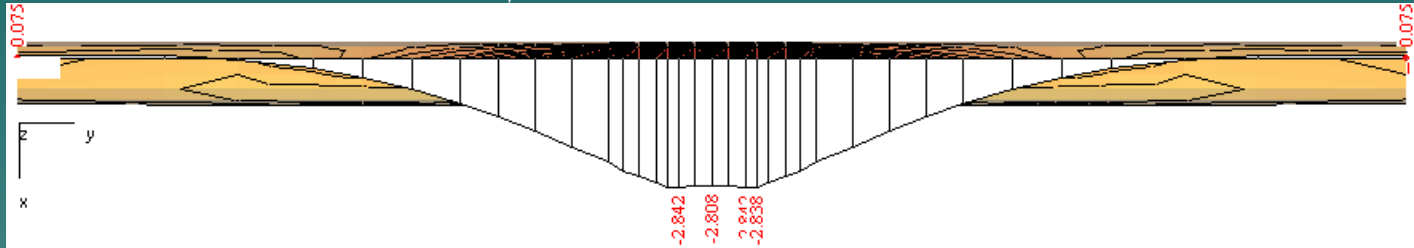


Строительство путепровода в охранной зоне перегонных тоннелей

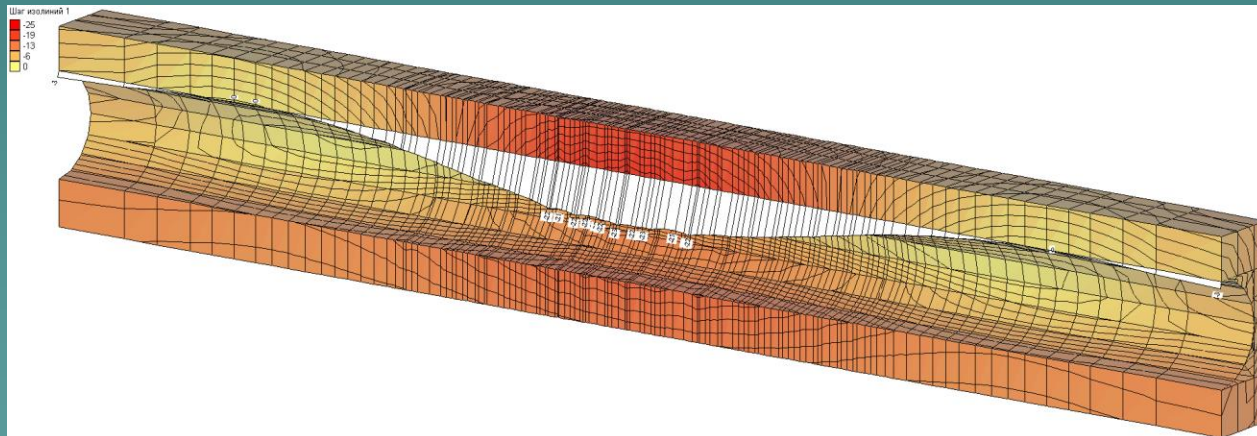




Изолинии и эпюра дополнительных изгибающих моментов M_y в обделке тоннеля

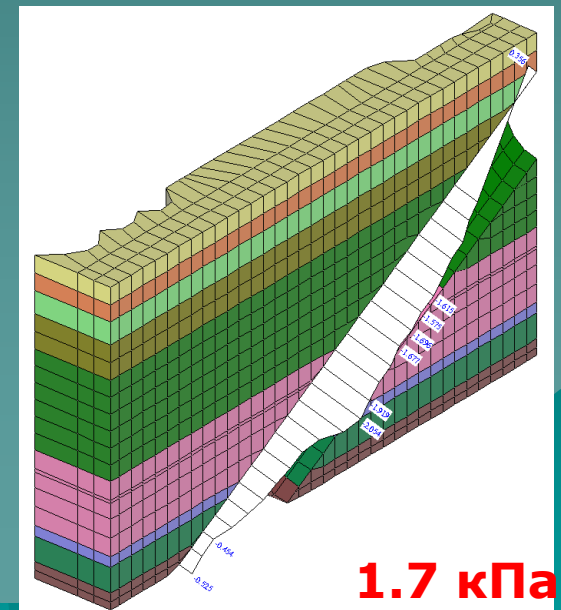
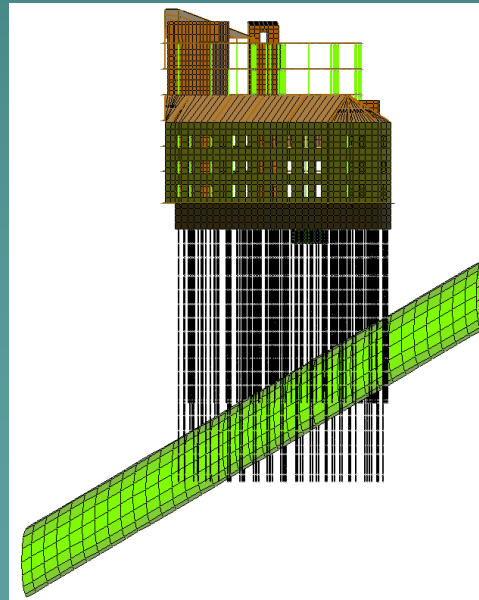
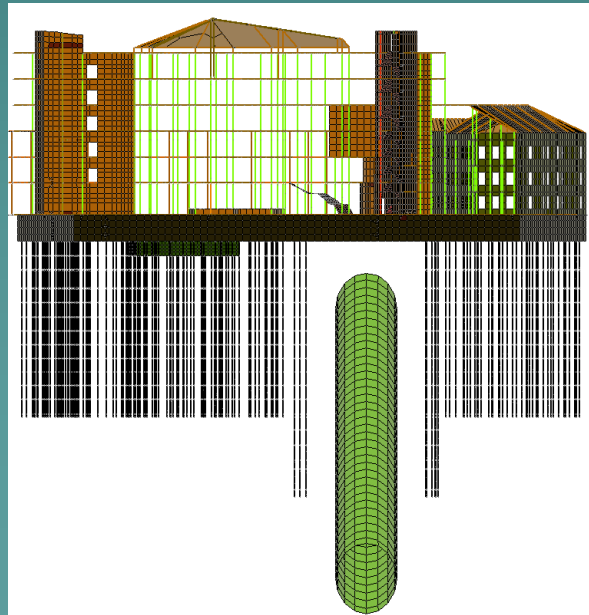
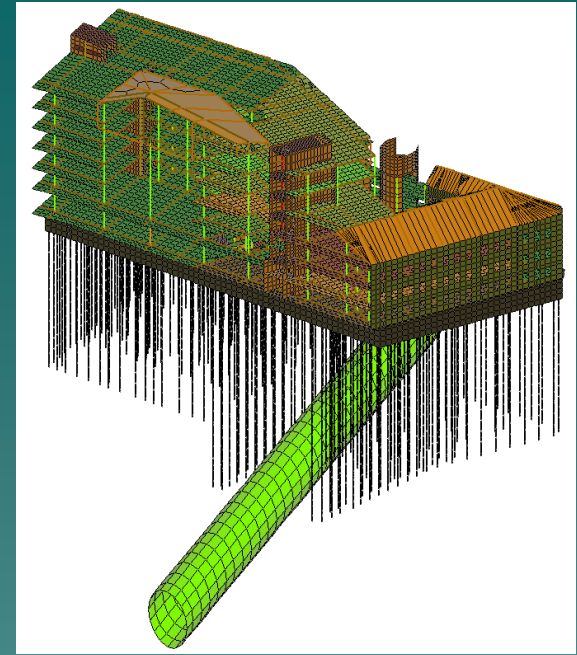
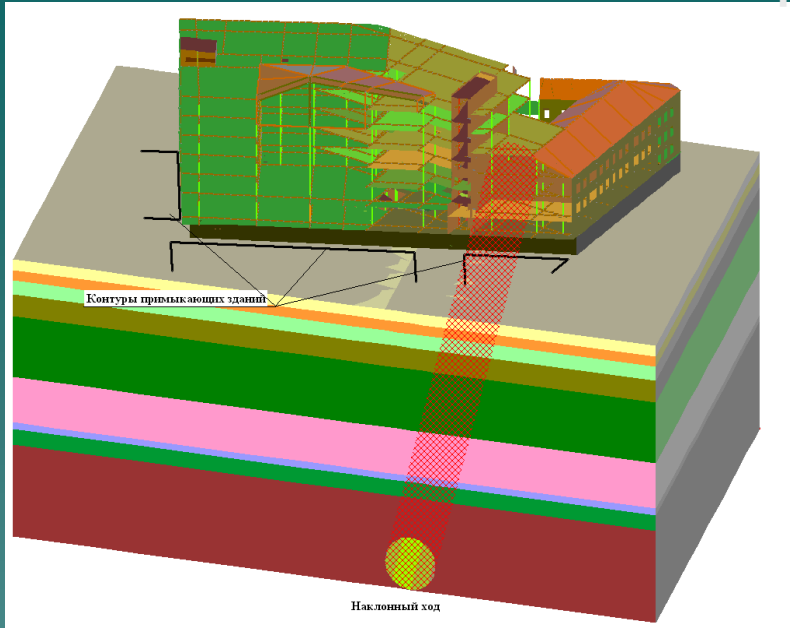


Изолинии и эпюра дополнительных изгибающих моментов M_x в обделке тоннеля

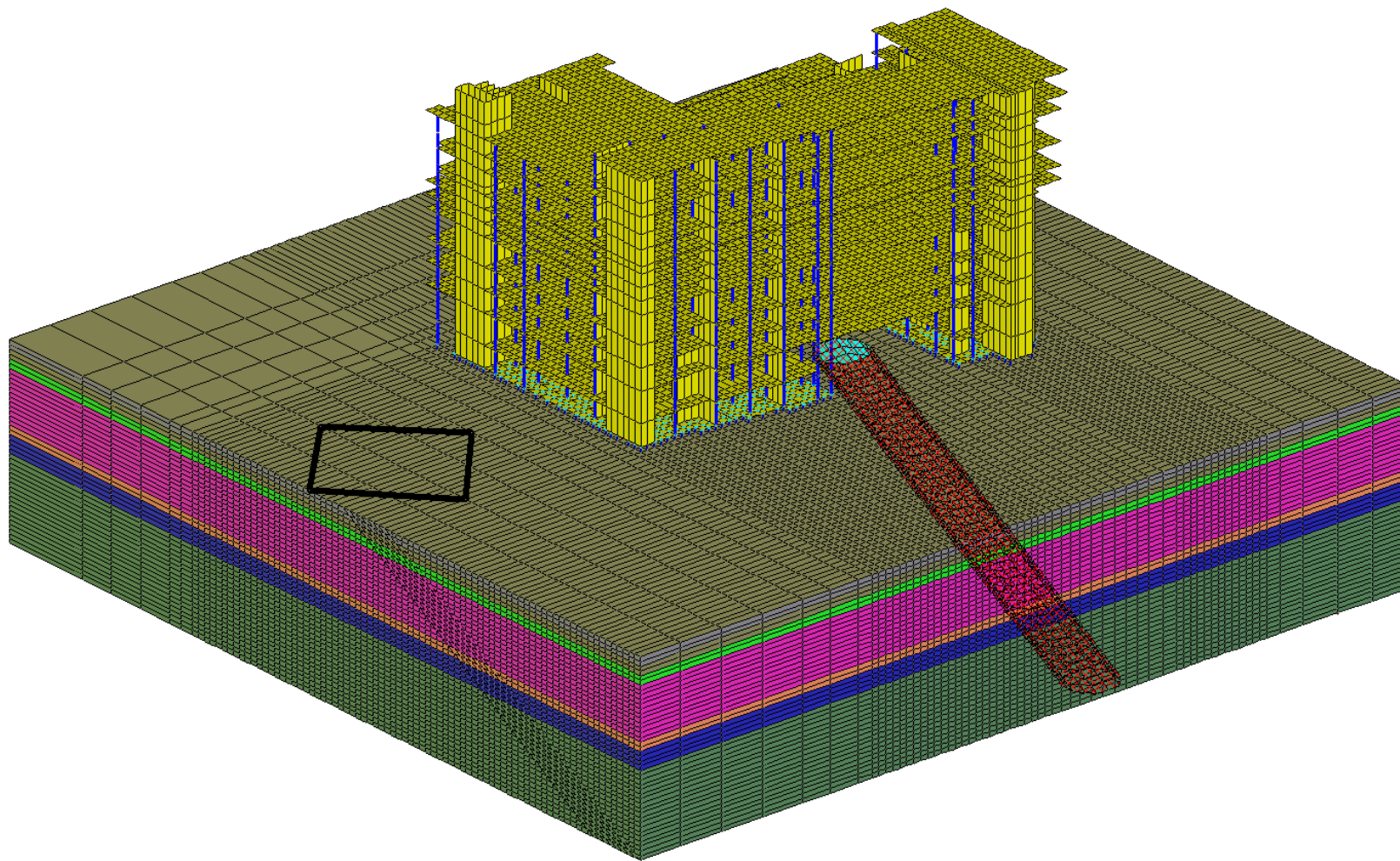


Изолинии и эпюра максимальных дополнительных напряжений на обделку тоннеля

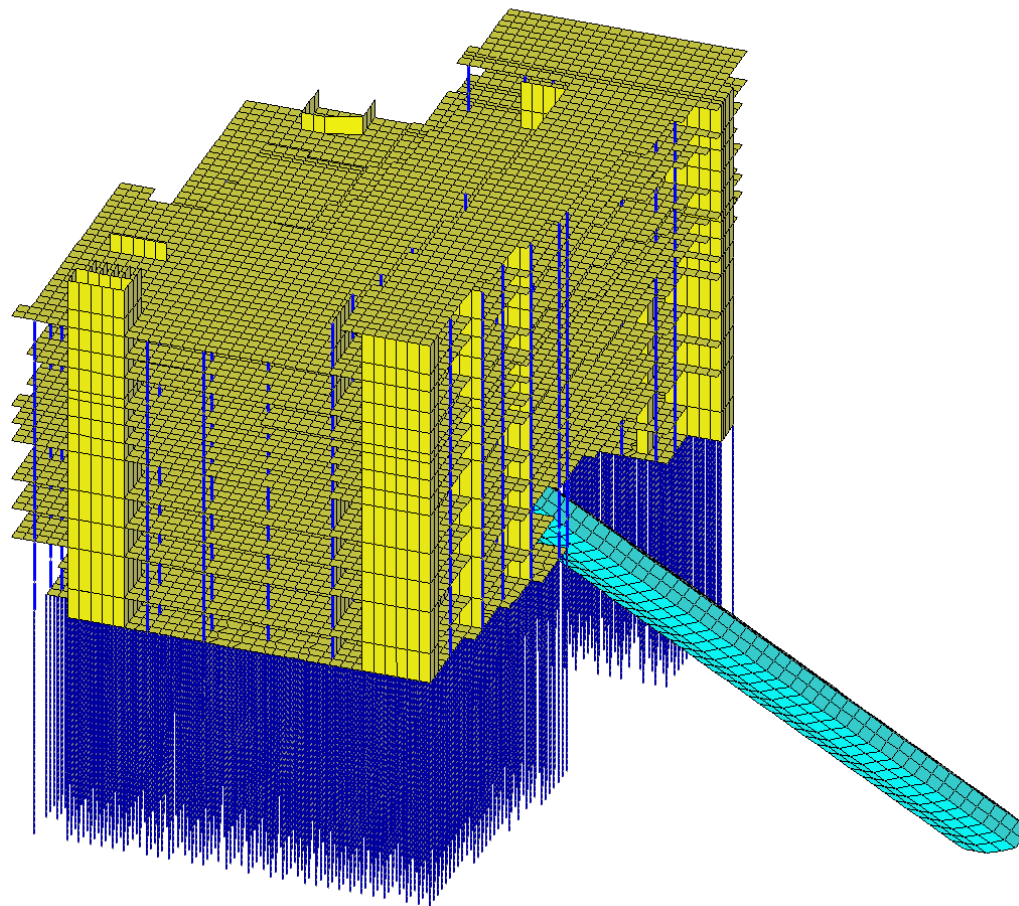
Строительство здания над наклонным ходом метрополитена



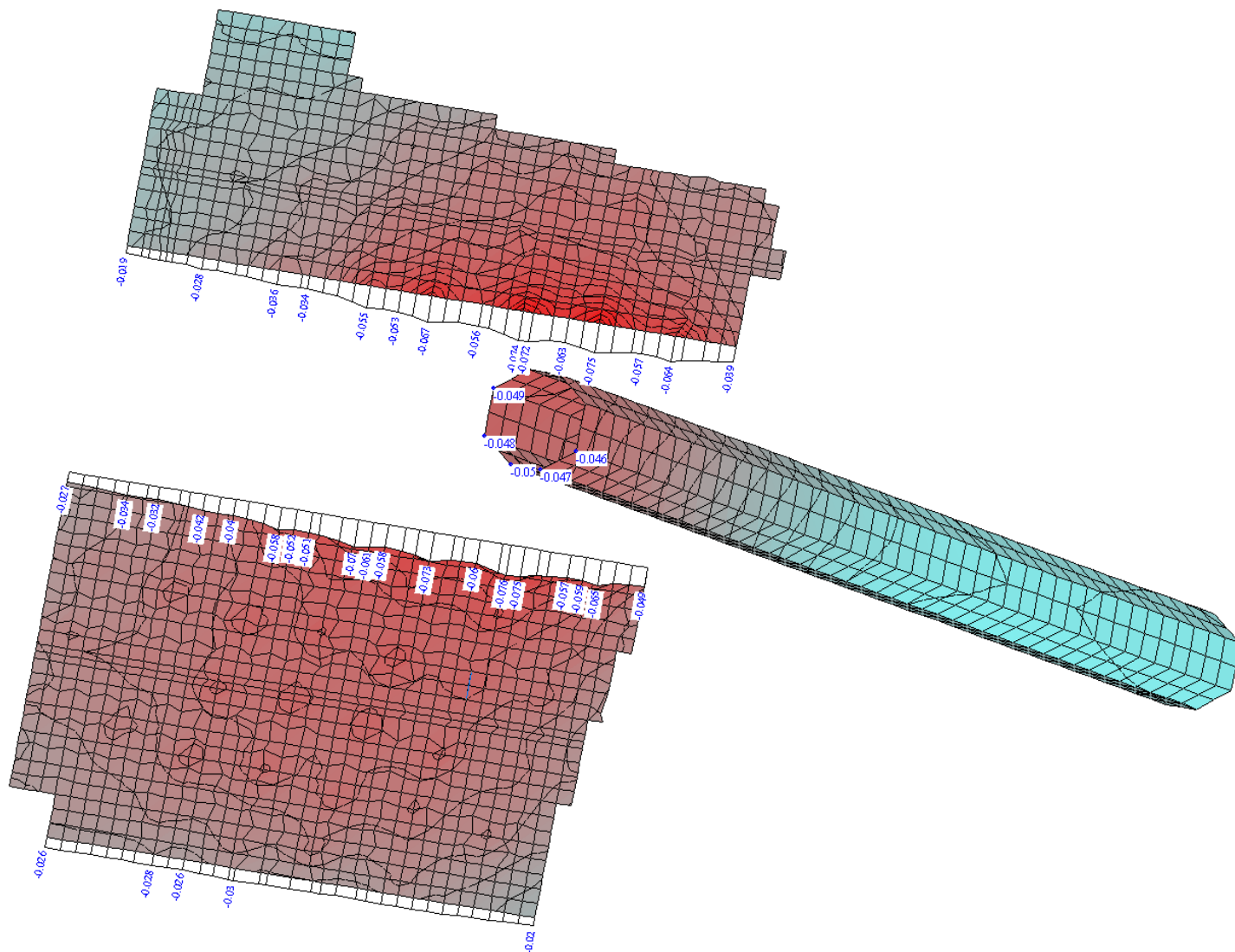
Оценка взаимного влияния проектируемого торгового
комплекса и наклонного хода станции метро
«Международная». Расчетная схема



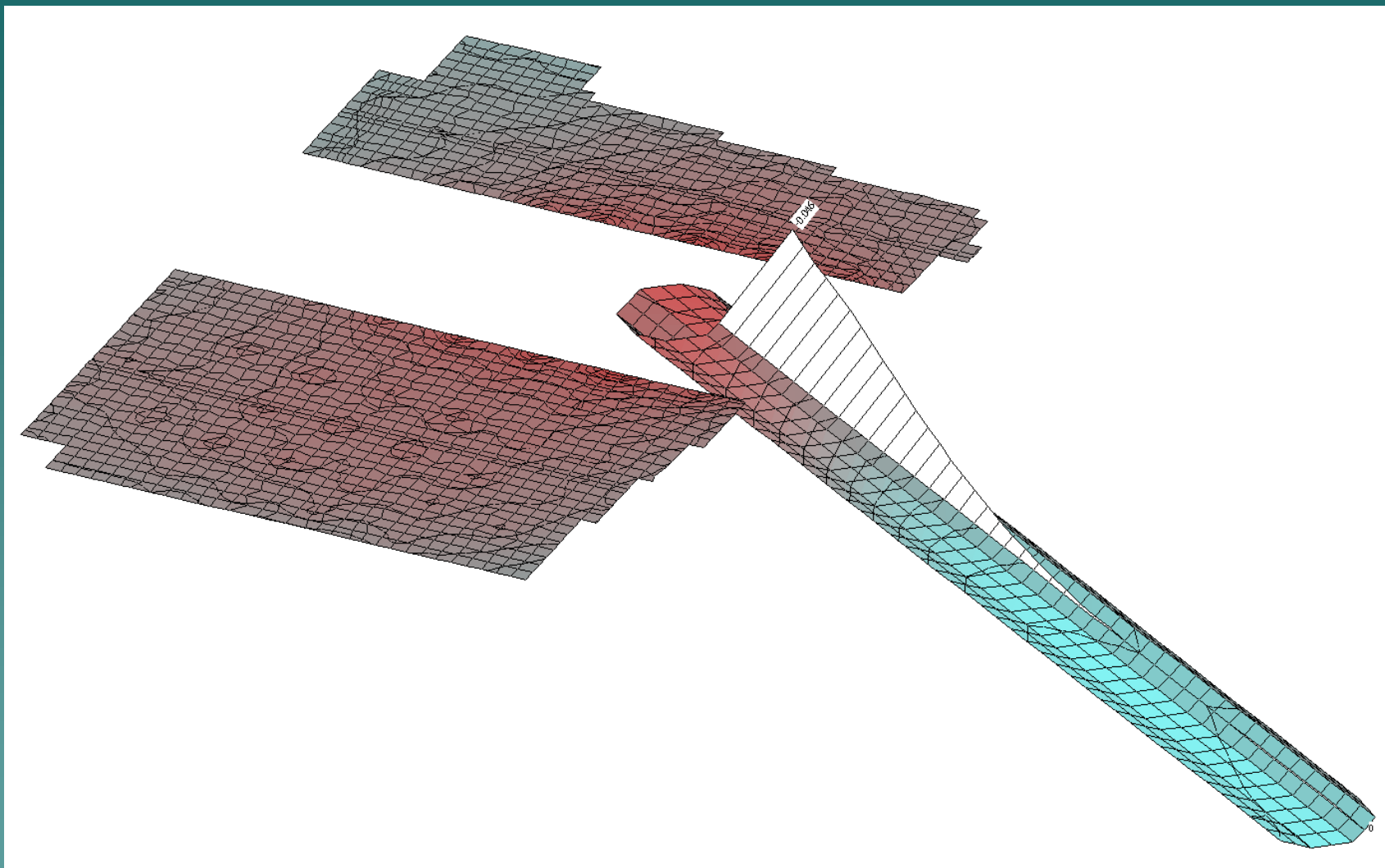
Оценка взаимного влияния проектируемого торгового комплекса и наклонного хода станции метро «Международная». Взаимное расположение здания и наклонного хода



Изолинии осадок ростверка проектируемого здания (до 8 см) и наклонного тоннеля, м (до 5 см)

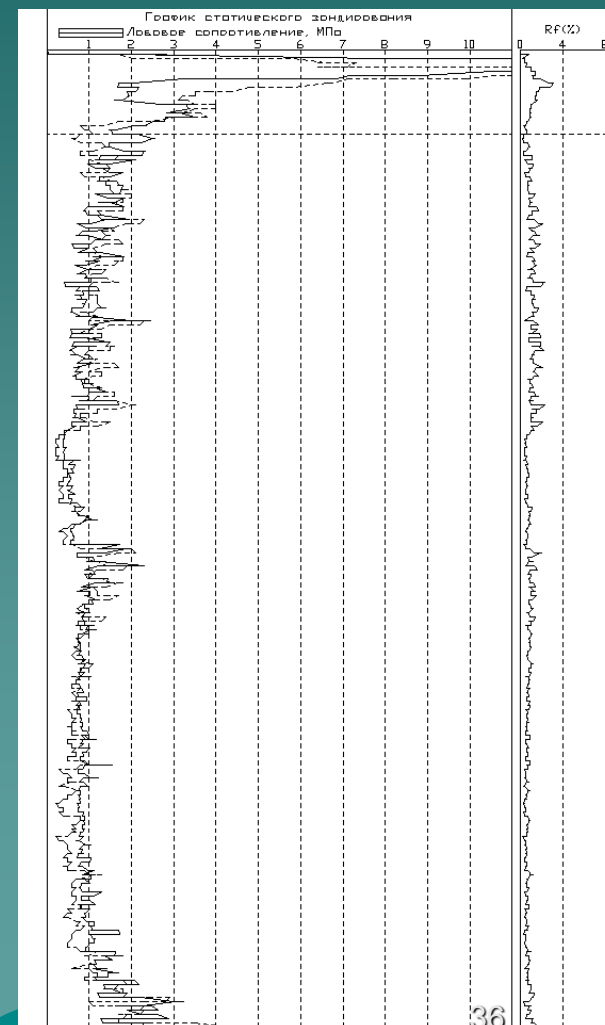
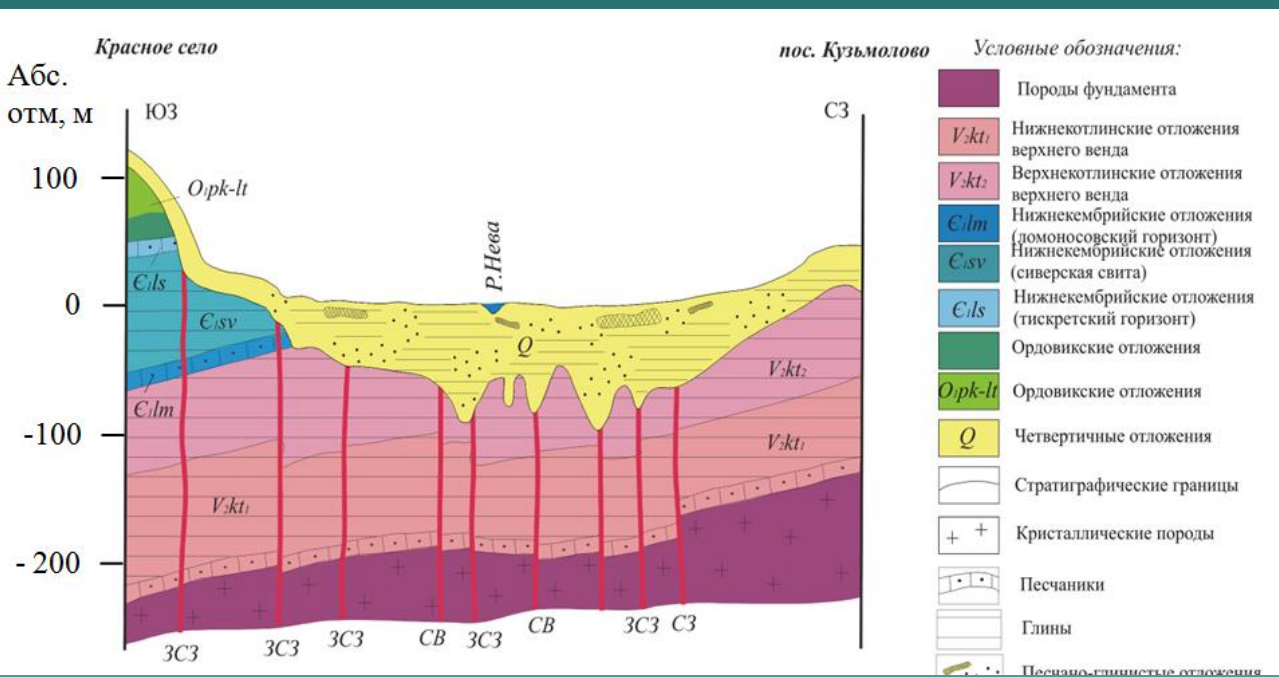


Эпюра дополнительных осадок наклонного тоннеля, м





Инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга

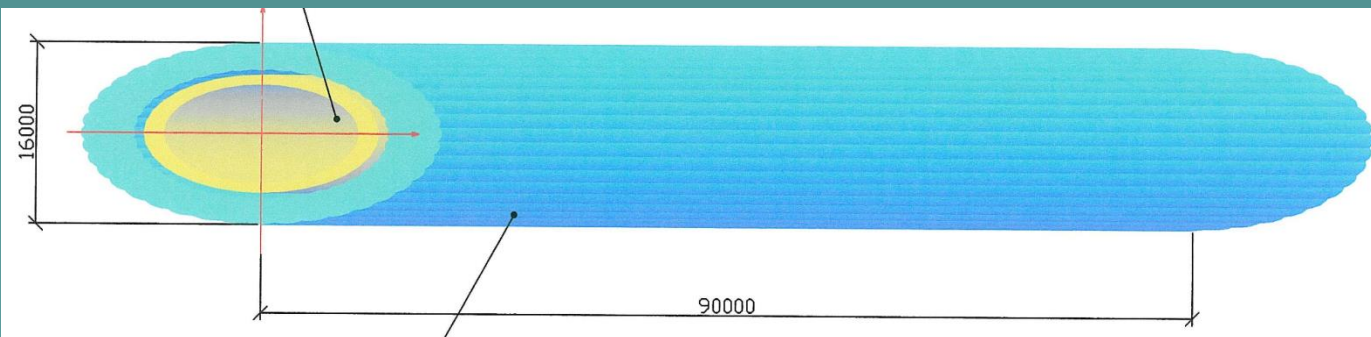
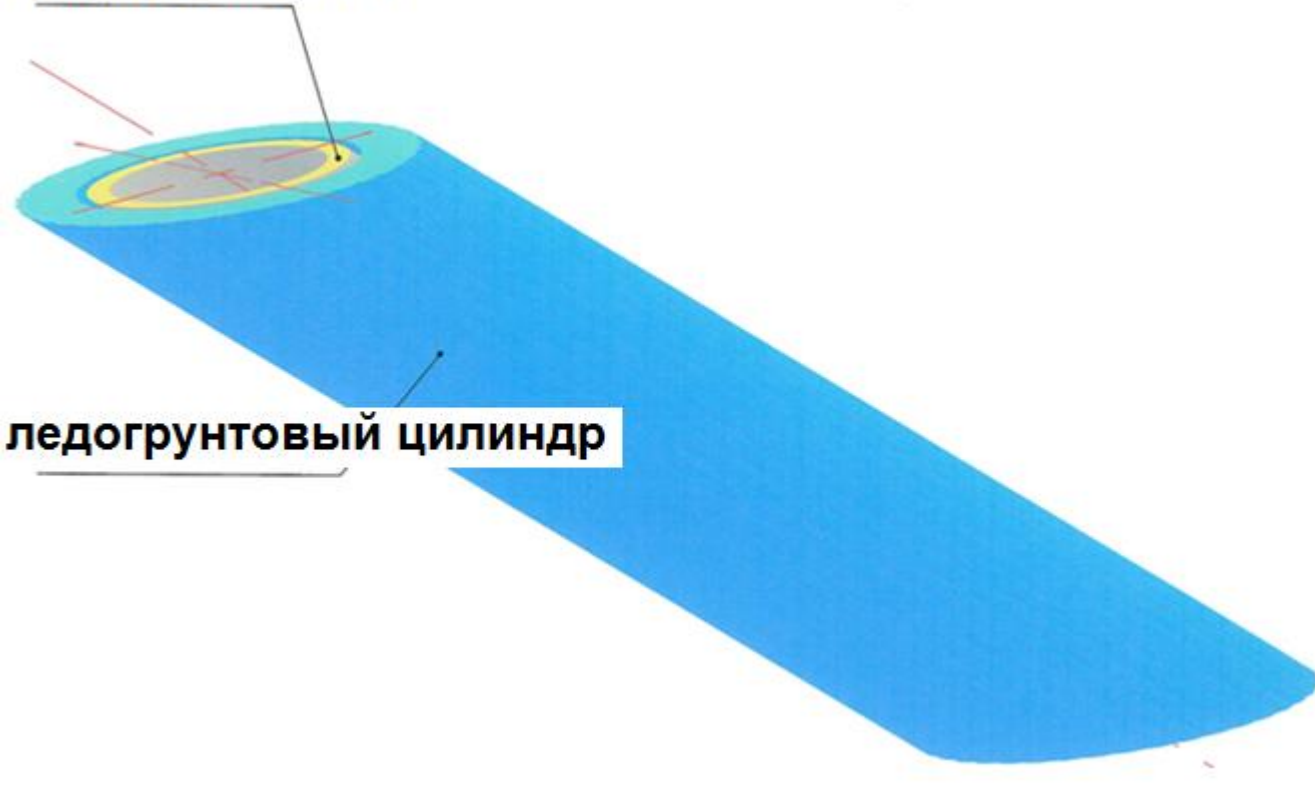


Инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга

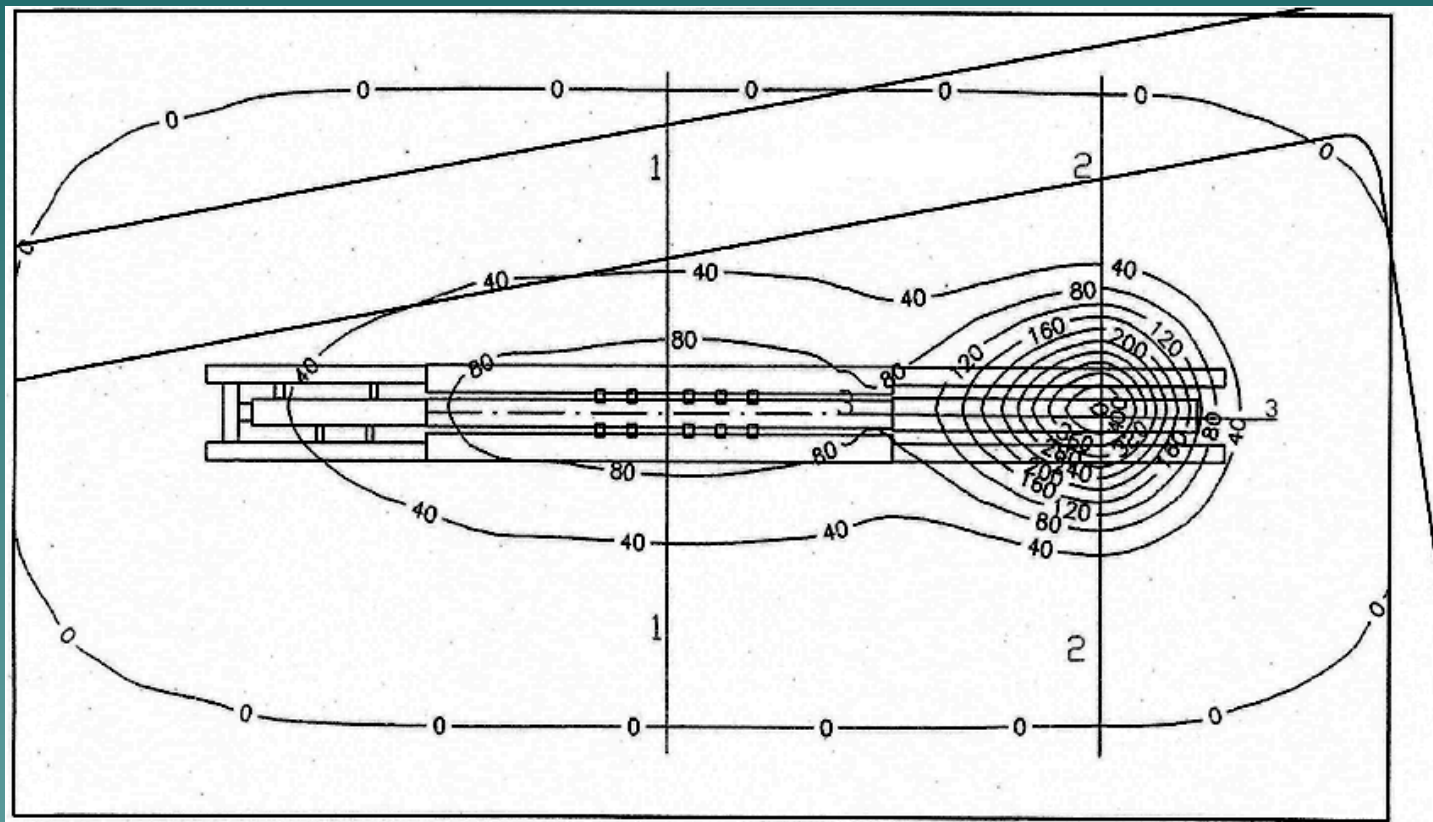


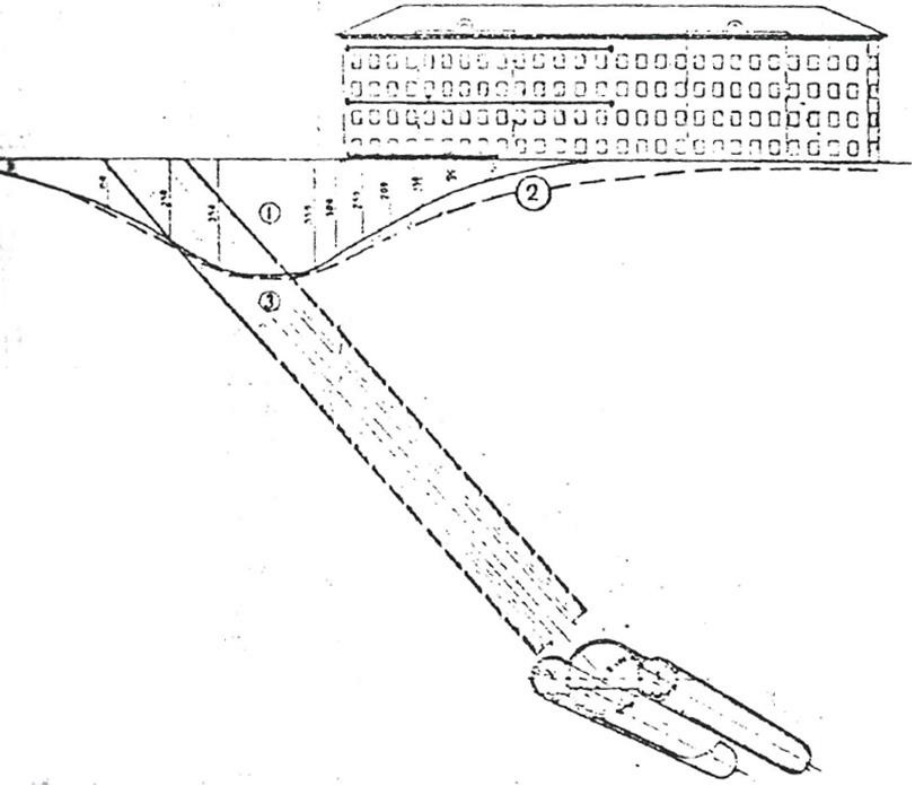


Наклонный ход



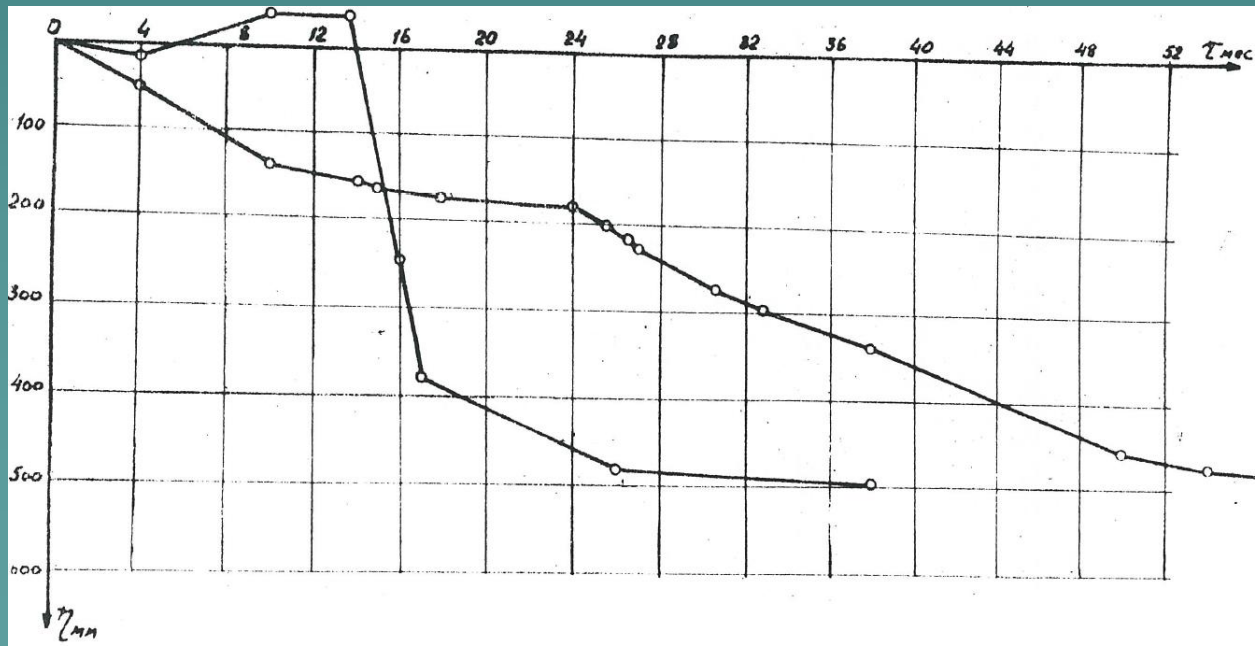
Изолинии осадок поверхности грунта при оттаивании ледогрунтового цилиндра





Воронка оседания

Развитие осадок во времени



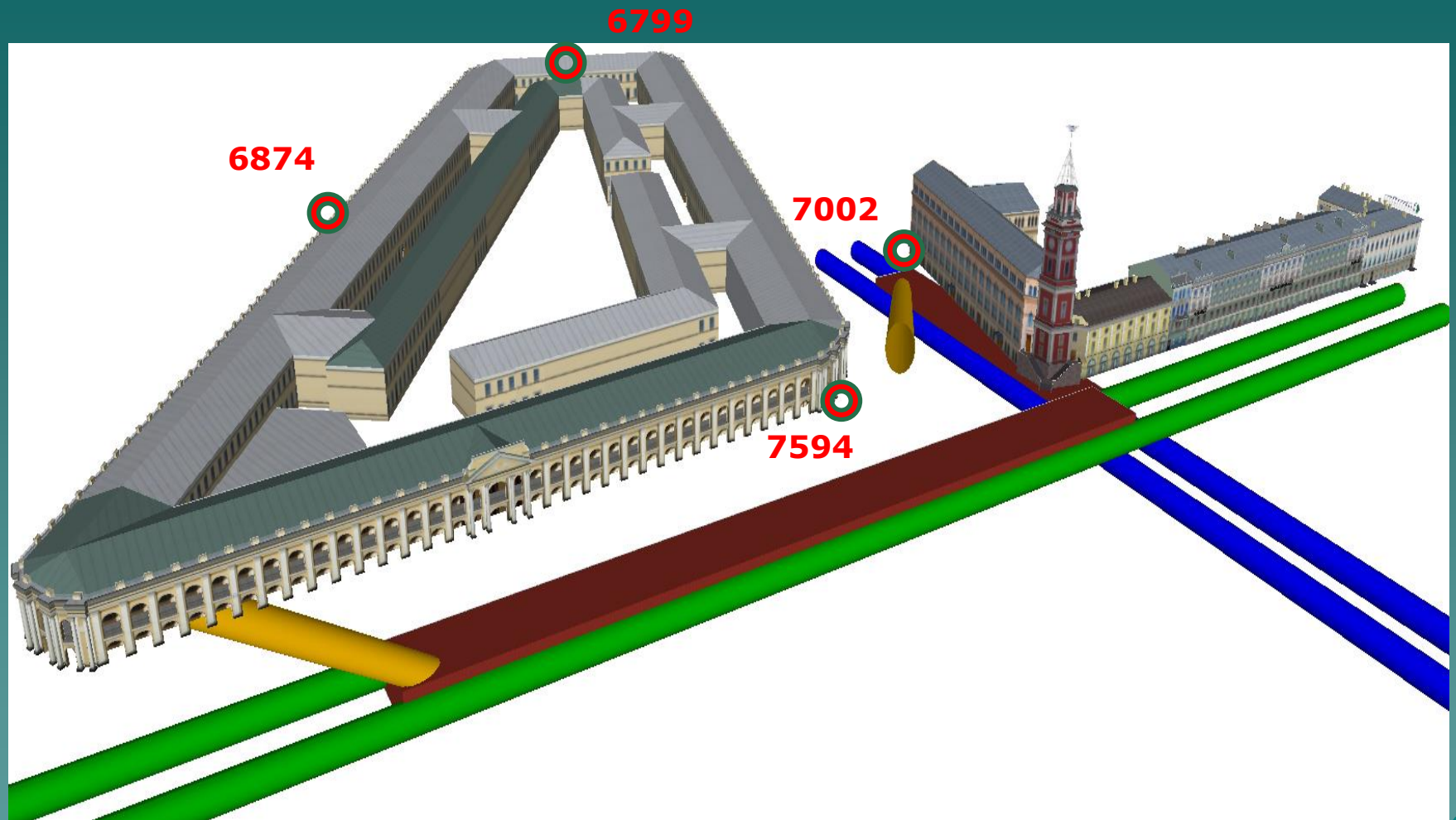
Деформации здания вблизи наклонного хода метрополитена

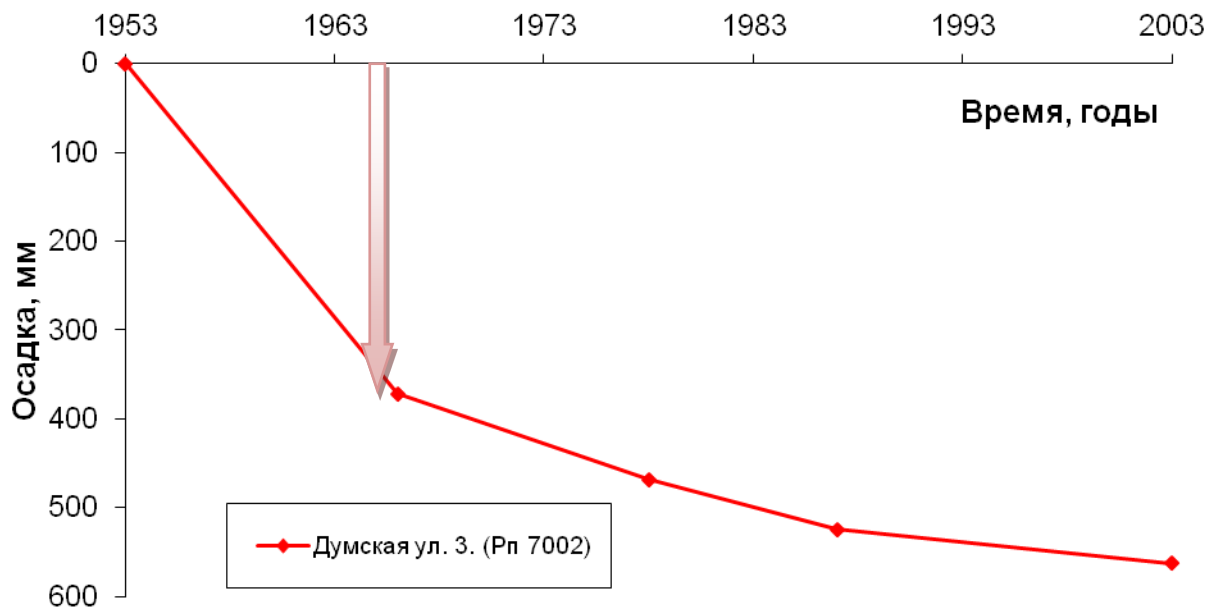
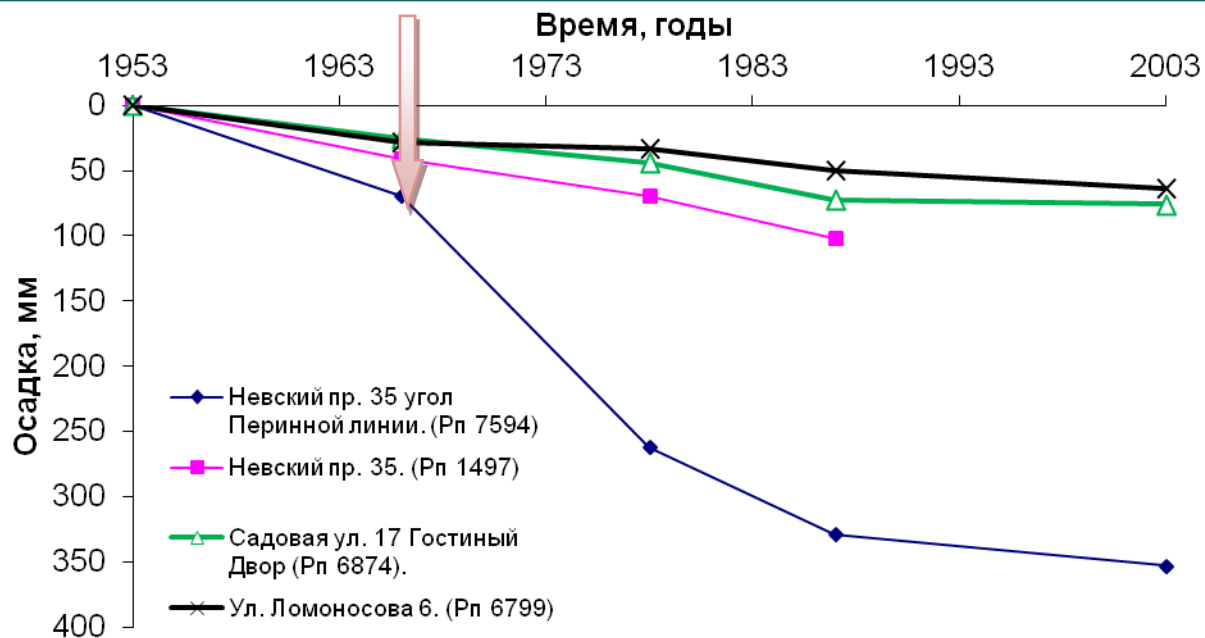


Анализ развития скоростей смещений по всей нивелирной сети (более 2000 зданий) позволяет утверждать:

1. Для зданий, находящихся на «спокойной» территории (без явных признаков технологических воздействий, вдали от набережных) средние скорости длительных осадок (на стадии ползучести) составляют 0.1...0.5 мм/год.
2. Здания, находящиеся на набережных, претерпевают длительные осадки со скоростями 1,5...2,5 мм/год.
3. Наибольшая интенсивность увеличения осадок наблюдается в зонах подработок при устройстве подземных сооружений.

Транспортный узел - Гостиный двор

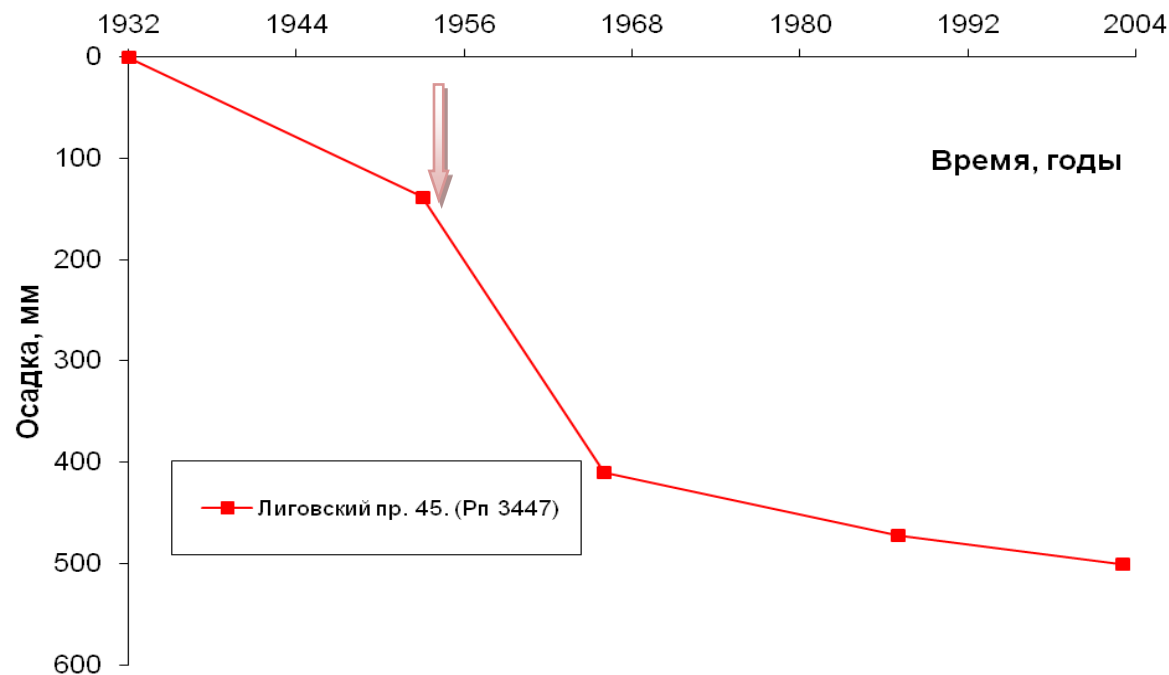
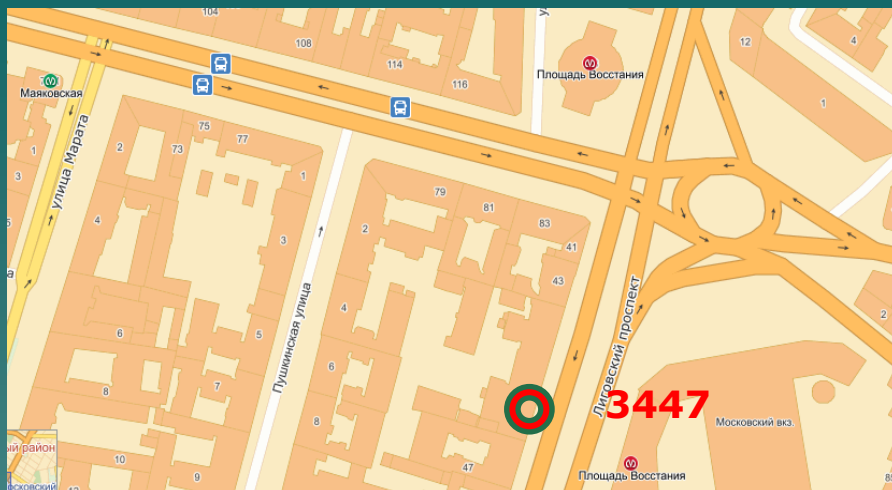




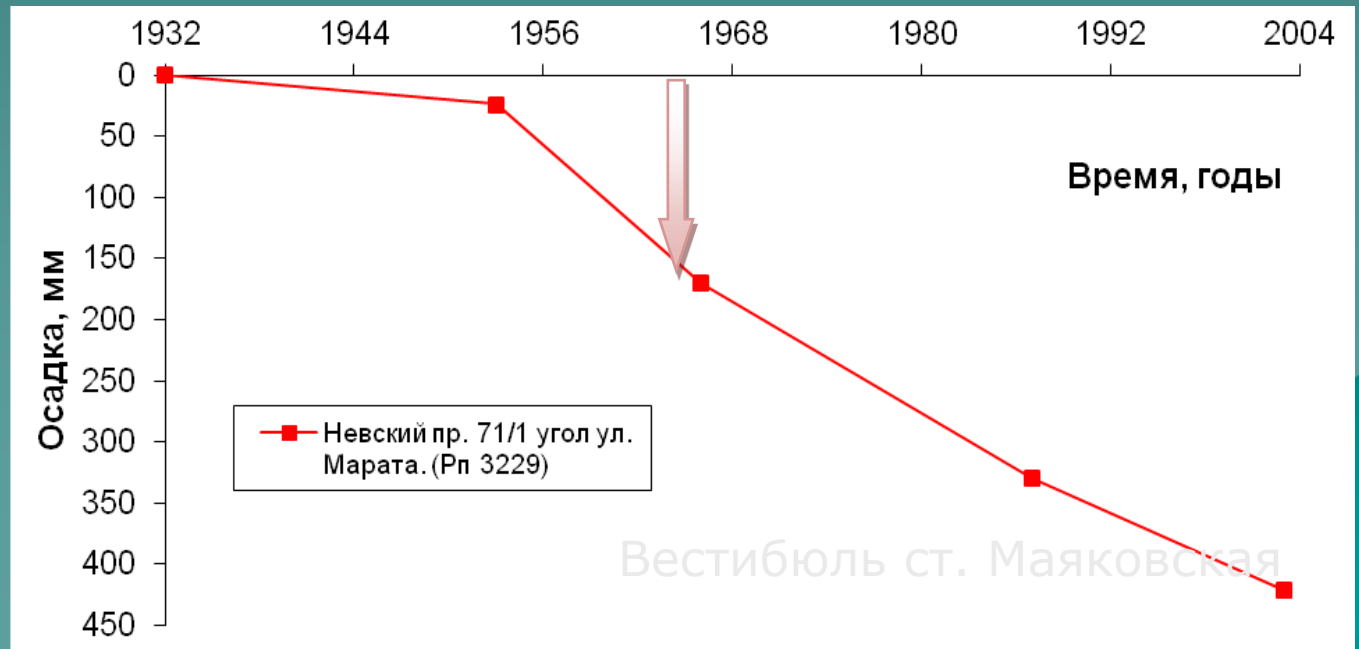
Гостиный Двор

Бывшее здание городской Думы

Транспортный узел - Площадь Восстания



Транспортный узел станция Маяковская



Процессы промерзания-оттаивания описываются уравнением теплопроводности для нестационарного теплового режима в трехмерном грунтовом пространстве

$$\rho_d \left(C_{th(f)} + L_0 \frac{\partial W_w}{\partial T} \right) \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_{th(f)} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_v$$

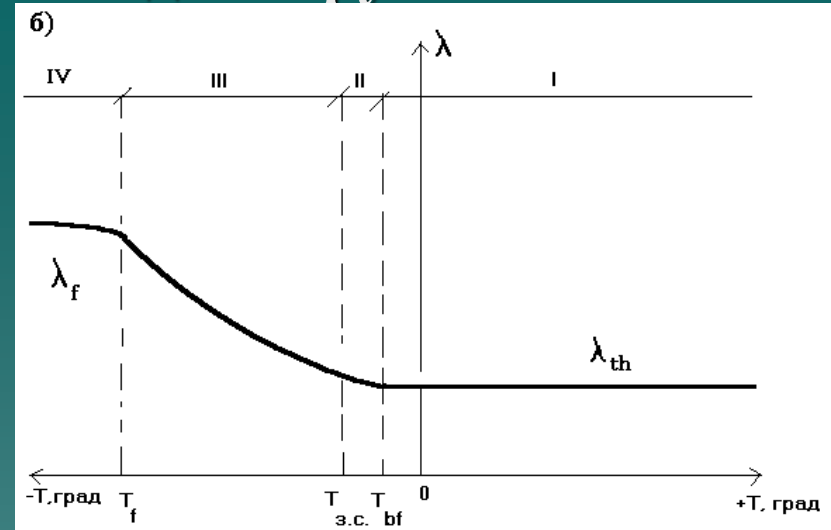
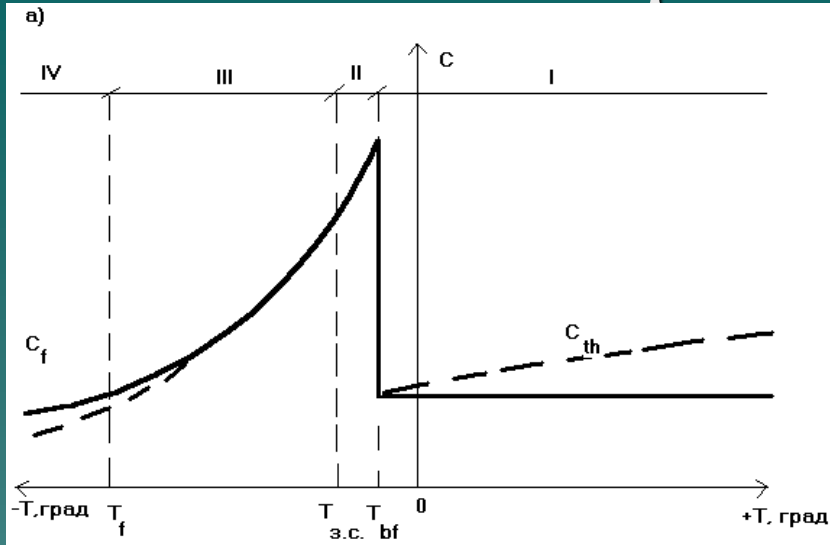
Функция теплоемкости состоит из двух частей. Первая часть – объемная теплоемкость грунта (талого или мерзлого), вторая часть – скрытая теплота фазовых переходов, поглощенная или отданная грунтом из-за изменений фазы грунтовой воды, представленная в виде:

$$C_{(f)} = C_{(f)} + L_0 \frac{\partial W_w}{\partial T}$$

где $L_0 = 335 \times 10^6 \text{ Дж/м}^3 = 335 \times 10^3 \text{ кДж/м}^3 = 79760 \text{ ккал/м}^3$ – теплота фазовых превращений вода-лед;

W_w – влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды

Теплофизическая модель грунта



Зона I - талого и переохлажденного грунта с диапазоном температур от положительной $T_{th} = +0^\circ\text{C}$ до температуры начала заморзания грунта T_{bf} , соответствующей началу заморзания свободной поровой влаги в крупных порах.

Зона II - заморзания (оттаивания) свободной воды. c_{II} и λ_{II} принимаются переменными, зависящими от температуры грунта T_{th} ($T_{bf} \leq T = T_{th} \leq T_{з.с.}$):

$$c_{II} = C_{эф}(T) + C_{фаз} = C_{th} - \frac{(C_{th} - C_f)(T_{bf} - T_{th})}{T_{bf} - T_f} + \frac{L_0 \rho_d (W_{tot} - W_p)}{T_{bf} - T_{з.с.}}$$

$$\lambda_{II} = \lambda(T) = \lambda_{th} - \frac{(\lambda_{th} - \lambda_f)(T_{bf} - T_{th})}{T_{bf} - T_f}$$

Зона III - промерзающего (оттаивающего) грунта и заморзания (оттаивания) связанной воды ($T_{з.с.} \leq T = T_{th} \leq T_f$); c_{III} и λ_{III} определяются по формулам

$$C_{III} = C'_{эф}(T) = C_{th}(T) + C_{фаз} = C_f + \frac{(C_{th} - C_f)(T_{th} - T_f)}{T_{bf} - T_f} + L_0 \rho_d \frac{dW_w}{dT}$$

$$\lambda_{III} = \lambda'(T) = \lambda_f + \frac{(\lambda_{th} - \lambda_f)(T_{th} - T_f)}{T_{bf} - T_f}$$

Зона IV - практически мерзлого грунта

$$C_{IV} = C'_{эф}(T) = C_f + C_{фаз} \cong C_f = const,$$

$$\lambda_{IV} = \lambda_f(T) \approx \lambda_f = const$$

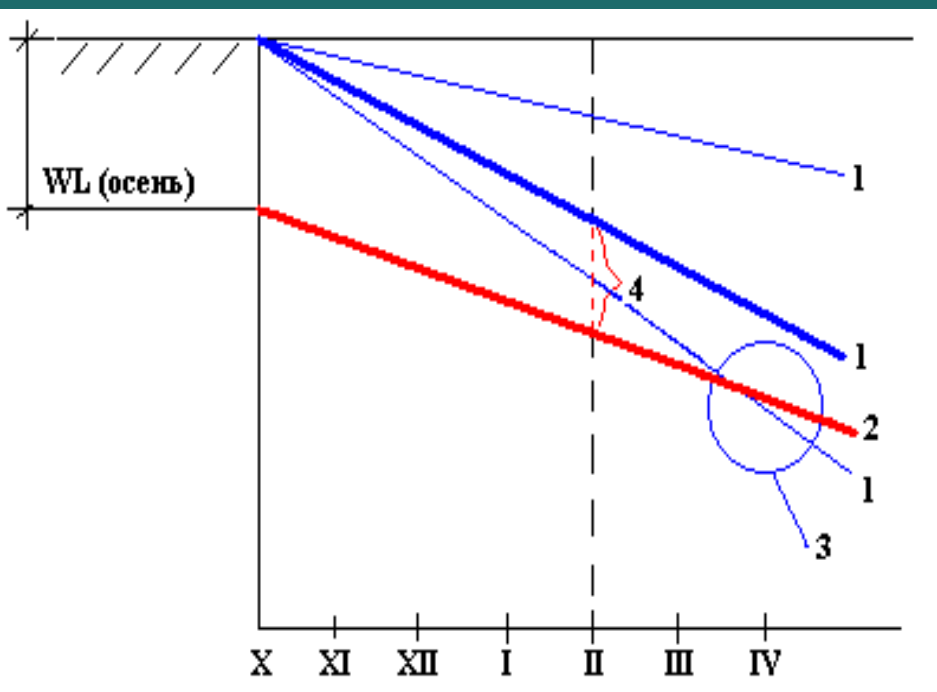
Количество включений льда и влажность за счет незамерзшей воды в объеме пор мерзлого грунта определяются согласно

$$i = (W_{\text{tot}} - W_w)$$

$$W_w = K_w W_p$$

- ◆ где - i - содержание льда в единице объема грунта;
- ◆ W_{tot} - влажность грунта;
- ◆ W_w - влажность незамерзшей воды;
- ◆ W_p - влажность на границе раскатывания.
- ◆ K_w - коэффициент содержания незамерзшей воды в глинистых грунтах

Графики промерзания и уровня подземных вод в зимний период



Тренд изменения отметки УПВ во времени выражается следующим соотношением

$$Z = A \cdot t + B$$

B – отметка уровня подземных вод в предзимний период времени;
 A – коэффициент, учитывающий изменение уровня подземных вод в течение года;
 t – время

- 1- возможные тренды в зависимости от скорости промерзания грунта;
- 2 – тренд УПВ; 3 – “захлест” фронтом промерзания положения УПВ;
- 4-расстояние от фронта промерзания до УПВ

Относительные вертикальные деформации морозного пучения, перпендикулярные фронту промерзания грунта определяются из выражения

$$\varepsilon_{fh\perp} = 0.09(w_{tot} - w_w) \frac{\rho_d}{\rho_w} + 1.09 \int_0^{t_c} q_{wf} dt + \varepsilon_{cr}$$

ε_{cr} - относительные деформации за счет образования морозобойных трещин

$$|\varepsilon_{cr}| = \frac{-0.001972516 + 0.0081876987 \cdot w}{1 - 7.732496 \cdot w + 14.969634 \cdot w^2}$$

Относительные горизонтальные деформации морозного пучения параллельные фронту промерзания грунта от воздействия сил морозного пучения

$$\varepsilon_{fh\parallel} = \Psi \varepsilon_{fh\perp} \quad \Psi \text{ — коэффициент анизотропии морозного пучения}$$



Вектор правых частей разрешающих уравнений процесса промерзания и морозного пучения для i -го конечного элемента вычисляется следующим образом:

Конюшенко А.Г. и др.

$$F_{fi} = \{F\} + \{F_{f\text{ add}}\}$$

где: $\{F\}$ - вектор узловых сил от внешних нагрузок; $\{F_{f\text{ add}}\}$ - вектор сил морозного пучения элемента.

Приращения относительных деформаций морозного пучения определяются из выражения:

$$d\varepsilon_f = \varepsilon_i - \varepsilon_{i-1} \quad \{d\varepsilon_f\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{xx} \\ l_{sy} \\ l_{sz} \end{bmatrix}^T \begin{Bmatrix} \psi d\varepsilon_f \\ d\varepsilon_f \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} l_{xx} \\ l_{sy} \\ l_{sz} \end{bmatrix}$$

ψ - коэффициент анизотропии морозного пучения; l_{sx}, l_{sy}, l_{sz} - направляющие косинусы к ориентированному направлению S температурного градиента.

$$\{F_{f\text{ add}}\} = \int_V [B]^T [D] \{d\varepsilon_{fh}\} dV = [B]^T [D] \{d\varepsilon_{fh}\} V \quad (28)$$

- матрица производных функций формы элемента,
- матрица упругих свойств элемента

Относительные деформации оттаивания водонасыщенных мерзлых грунтов определяются:

1. По результатам лабораторных исследований согласно ГОСТ 19706-74, 1974.

В этом случае относительные деформации оттаивающих грунтов определяются выражения

$$\varepsilon_{th} = A_{th} + \delta_{ith}$$

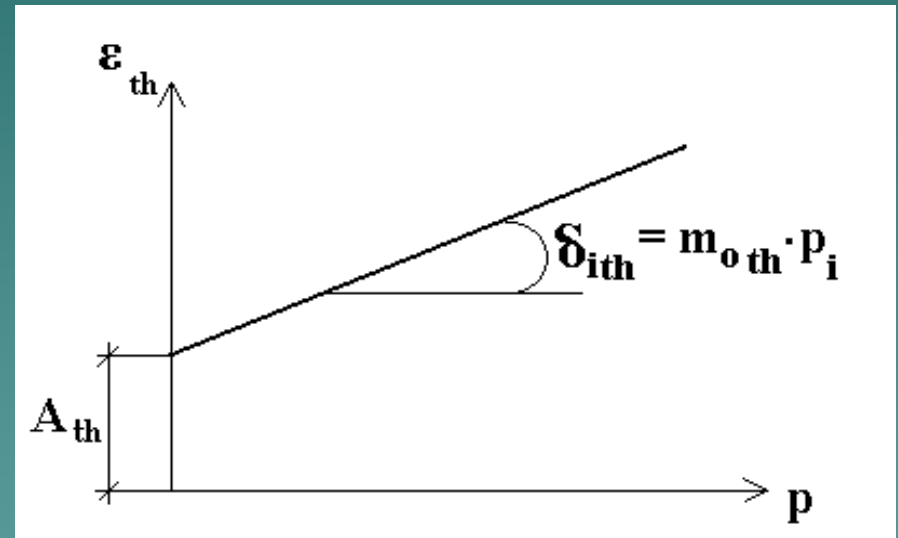
где A_{th} - относительная деформация тепловой осадки оттаивания;

δ_{ith} - относительная деформация грузовой осадки оттаивания.

$$\delta_{ith} = m_{0th} \cdot p_i$$

m_{0th} - коэффициент сжимаемости оттаивающего грунта (МПа⁻¹),

p_i - уплотняющее вертикальное давление (МПа).



Расчетные формулы для определения осадки (S) оттаивающих грунтов

Формулы	Авторы
$S = k_1 \frac{\rho_s W}{\rho_s W + 1} \cdot h \quad (1.3.)$	Федосов А.Е.
$S = 1,09 \frac{(W - W_p) \rho}{(1 - W) \rho_w} \cdot h \quad (1.4)$	Гольдштейн М.Н.
$S = \frac{\rho_s (W_c - W_m) * h}{1 + \rho_s W_c} \quad (1.5.)$	Пчелинцев А.М.
$S = \frac{(1 + 0,09i)W - W_m}{(1 + 0,09i)W - W_m + \frac{\rho_w}{\rho_{af}}} \quad (1.6.)$	Бакулин Ф.Г., Жуков В.Ф.
$S = \left\{ 1 - \rho_{af} \left[\frac{1}{\rho_s} + \frac{1}{\rho_w} (W_p + k_3 I_p) \right] \right\} \cdot h \quad (1.7.)$ (глинистый грунт)	Киселев М.Ф.
$S = (m e_f k_4 + b) \cdot h \quad (1.8.)$	Ушкалов В.П.
$S = \frac{\rho_s (W - \rho_i W_p) h}{\rho_i + W \rho_s} + 0,5 h_i \quad (1.9.)$	Давыдочкин А.Н.
$S = \frac{k_3 W}{2,7 W + 0,9} \quad (1.10.)$	Вотьяков И.Н.
$S = \frac{W_f (1 + 0,09i) - W_m}{(1,09 W_f - 0,09 W_{af}) / e_f + W_f (1 + 0,09i)} \cdot h \quad (1.11.)$	Croxy F.
Для илов $S = [0,736 - 1,018 \ln \rho_f \pm 0,07] \cdot h \quad (1.12.)$	Speer T.L., Watson G.H.
$S = \left[0,80 - 0,868 \left(\frac{\rho_{af}}{\rho_w} - 1,15 \right)^{1/2} \pm 0,05 \right] \cdot h \quad (1.13)$	Watson G. H., R. K. Rowley, W. A. Slusarchuk

$S = \frac{\rho_s (W - \rho_i W_p) h}{\rho_i + W \rho_s} + 0,5 h_i \quad (1.9.)$	Давыдочкин А.Н.
$S = \frac{k_3 W}{2,7 W + 0,9} \quad (1.10.)$	Вотьяков И.Н.
$S = \frac{W_f (1 + 0,09i) - W_m}{(1,09 W_f - 0,09 W_{af}) / e_f + W_f (1 + 0,09i)} \cdot h \quad (1.11.)$	Croxy F.
Для илов $S = [0,736 - 1,018 \ln \rho_f \pm 0,07] \cdot h \quad (1.12.)$	Speer T.L., Watson G.H.
$S = \left[0,80 - 0,868 \left(\frac{\rho_{af}}{\rho_w} - 1,15 \right)^{1/2} \pm 0,05 \right] \cdot h \quad (1.13)$	Watson G. H., R. K. Rowley, W. A. Slusarchuk

Условные обозначения:

ρ – плотность мерзлого грунта, г/см³;

ρ_i – плотность льда г/см³;

ρ_s – плотность частиц грунта г/см³;

ρ_{df} – плотность скелета мерзлого грунта г/см³;

ρ_{dfh} – плотность скелета грунта после оттаивания под давлением 0,2-0,5 МПа; W_{tot}

– весовая влажность, доли ед.;

W_f – влажность мерзлого грунта, доли ед.;

W_p – влажность на пределе пластичности, доли ед.;

W_w – влажность за счет незамерзшей воды, доли ед.;

W_{th} – влажность оттаявшего грунта, доли ед.;

W_m – влажность минеральных частиц, доли ед.;

m, b – параметры;

I_p – число пластичности;

i – льдистость;

h – мощность оттаянного слоя, см;

h_i – мощность ледяных включений, см;

e_f – коэффициент пористости мерзлого грунта;

k_1, k_2 – эмпирические коэффициенты (для песка $k_1 = 0,1$, для суглинка $k_1 = 0,05$; $k_2 = 0,8$);

k_3 – коэффициент пропорциональности;

k_4 – поправочный эмпирический коэффициент, учитывающий отклонения отдельных значений осадок от средних значений, равный 0,95 для суглинков и 1,3 для песчаных грунтов;

k_5 – эмпирический коэффициент, зависящий от вида грунта, влажности и уплотняющего давления.

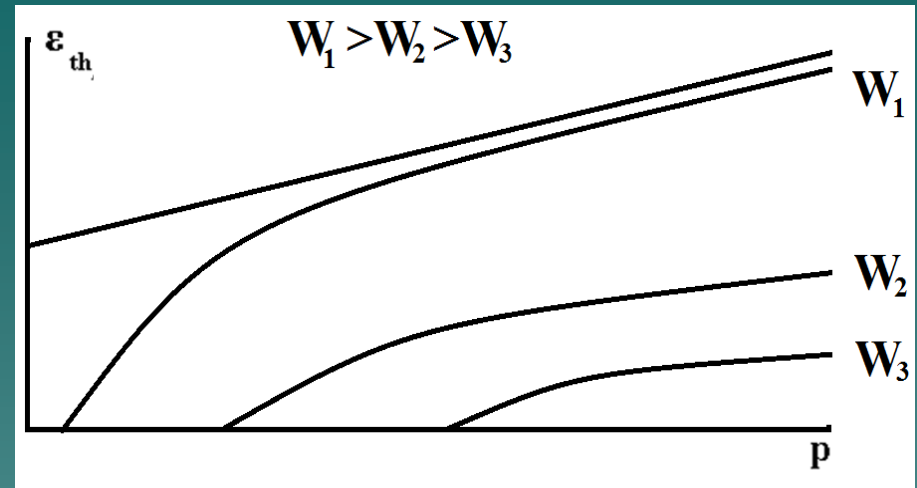
2. По зависимости, предложенной М.Ф. Киселевым по физическим показателям замороженного грунта:

$$d\varepsilon_{th} = \frac{W - W_P - K_d \cdot I_P}{\gamma_w / \gamma_S + W_{tot}}$$

где: I_P – число пластичности; γ_w – удельный вес воды; γ_S – удельный вес частиц грунта; K_d – коэффициент уплотняемости, зависящий от дисперсности глинистого грунта и уплотняющего давления при оттаивании

$$K_d = a \cdot I_P^{-b} + c$$

a , b , c - эмпирические коэффициенты, зависящие от уплотняющего давления.



Величина относительной деформации оттаивания водонасыщенных мерзлых грунтов определяется

Вектор правых частей разрешающих уравнений процесса оттаивания для i -того конечного элемента вычисляется следующим образом

$$F_{thi} = \{F\} + \{F_{th\ add}\}$$

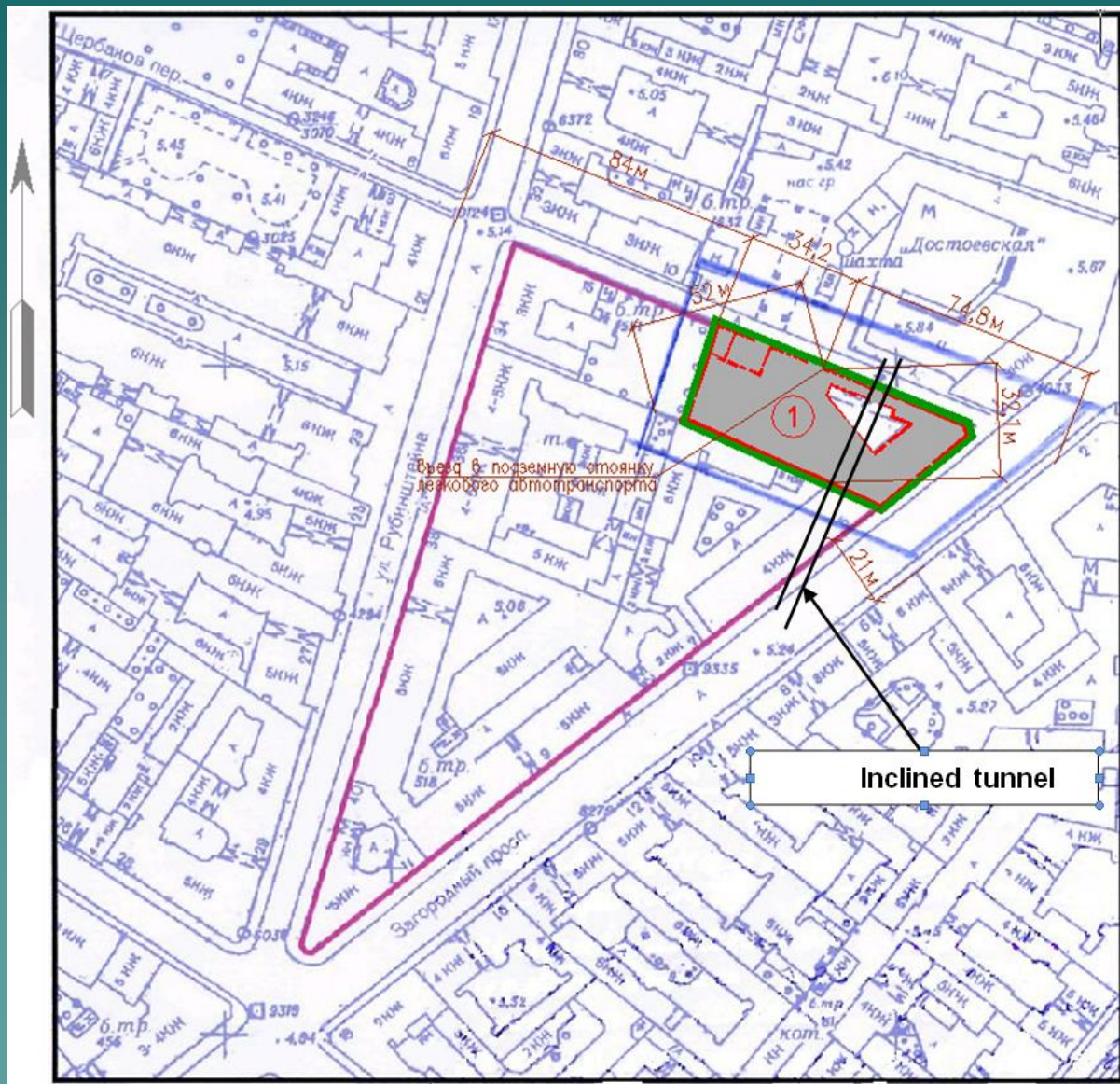
- ◆ На момент времени t_i производится считывание значений температур на предыдущем шаге T_{i-1} и на текущем T_i
- ◆ Приращение относительных деформаций оттаивания замороженных грунтов определяется из выражения

$$\{d\varepsilon_{th}\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\nu d\varepsilon_{th} \\ -\nu d\varepsilon_{th} \\ d\varepsilon_{th} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

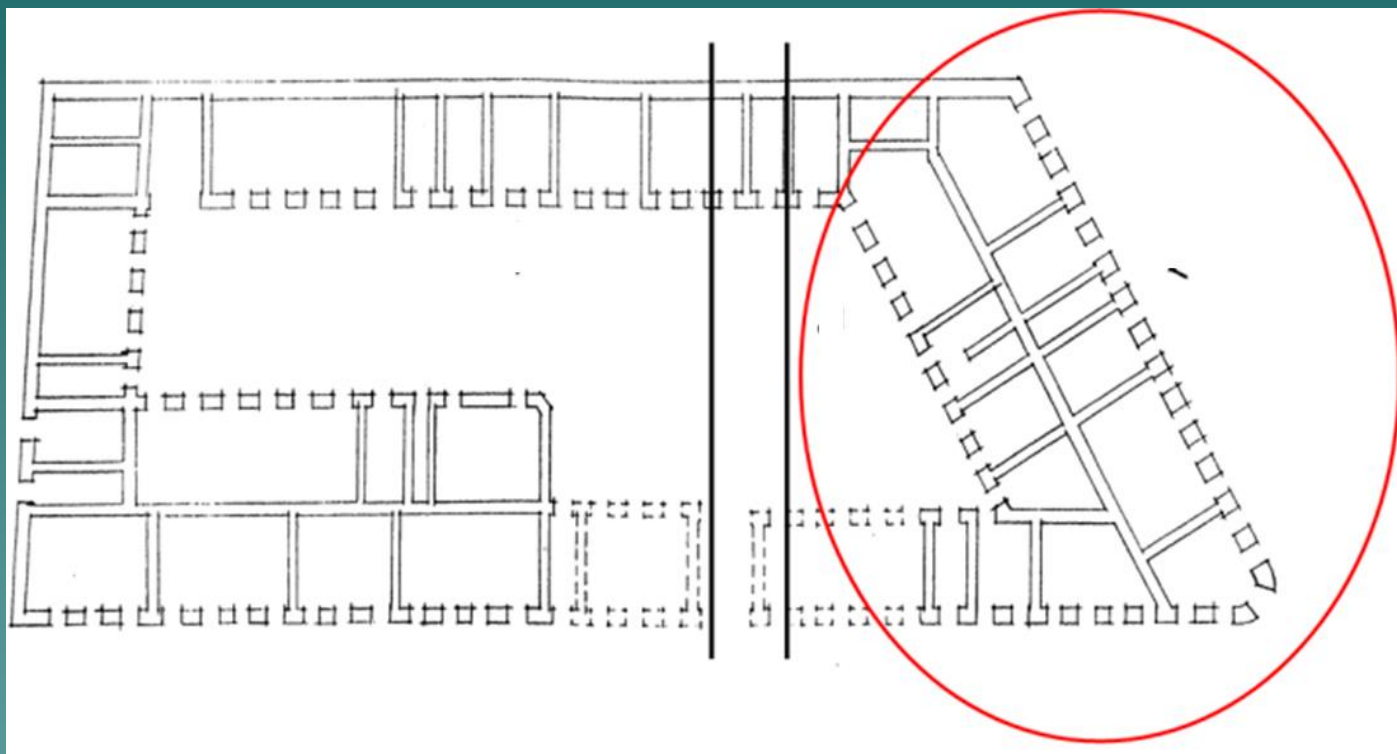
$$\{F_{th\ add}\} = \int [B]^T [D] \{d\varepsilon_{th}\} dV = [B]^T [D] \{d\varepsilon_{th}\} V$$

ν – коэффициент Пуассона.

Взаимное расположение наклонного хода и наиболее деформированного здания



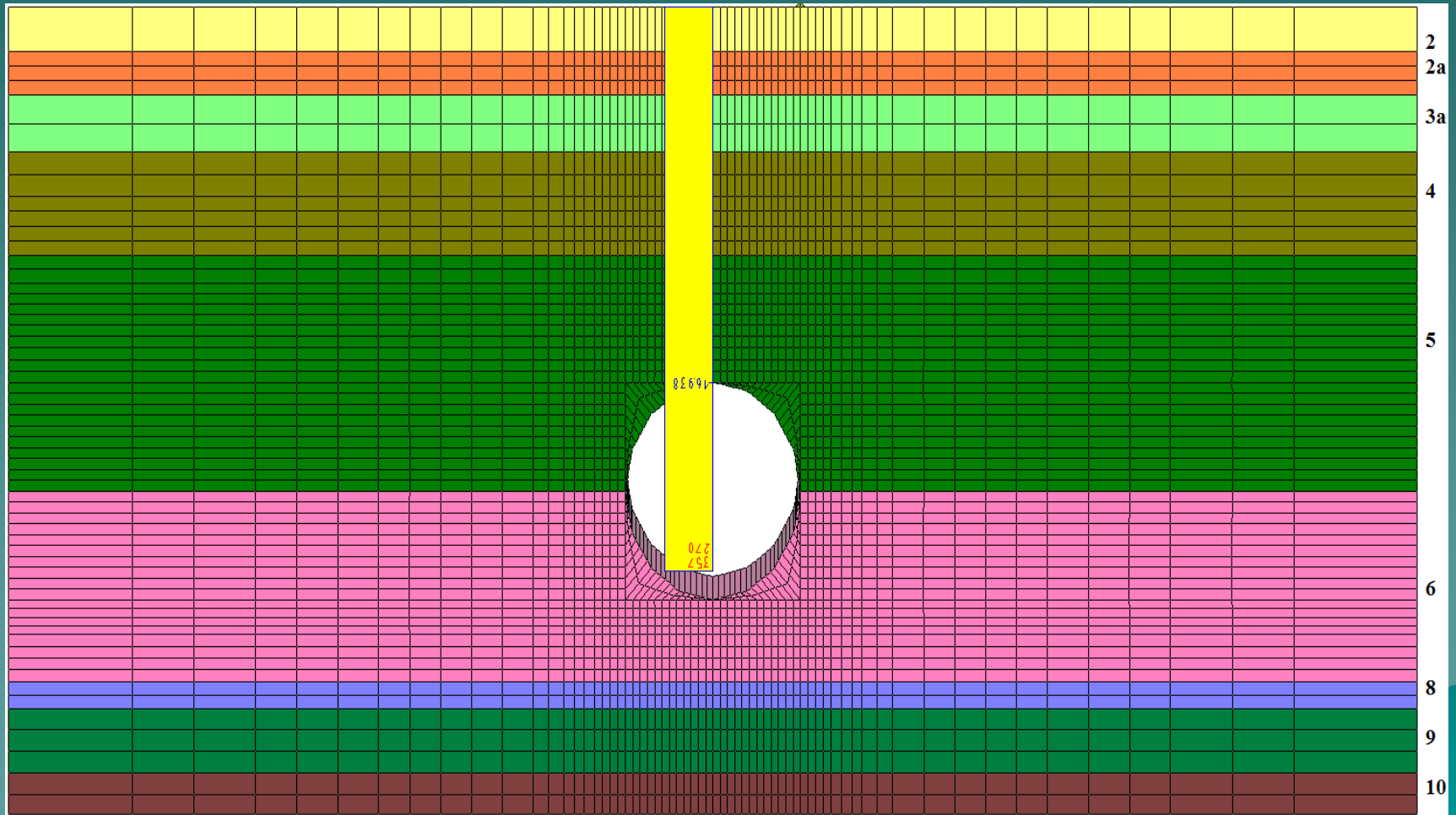
План расположения наиболее пострадавшего здания



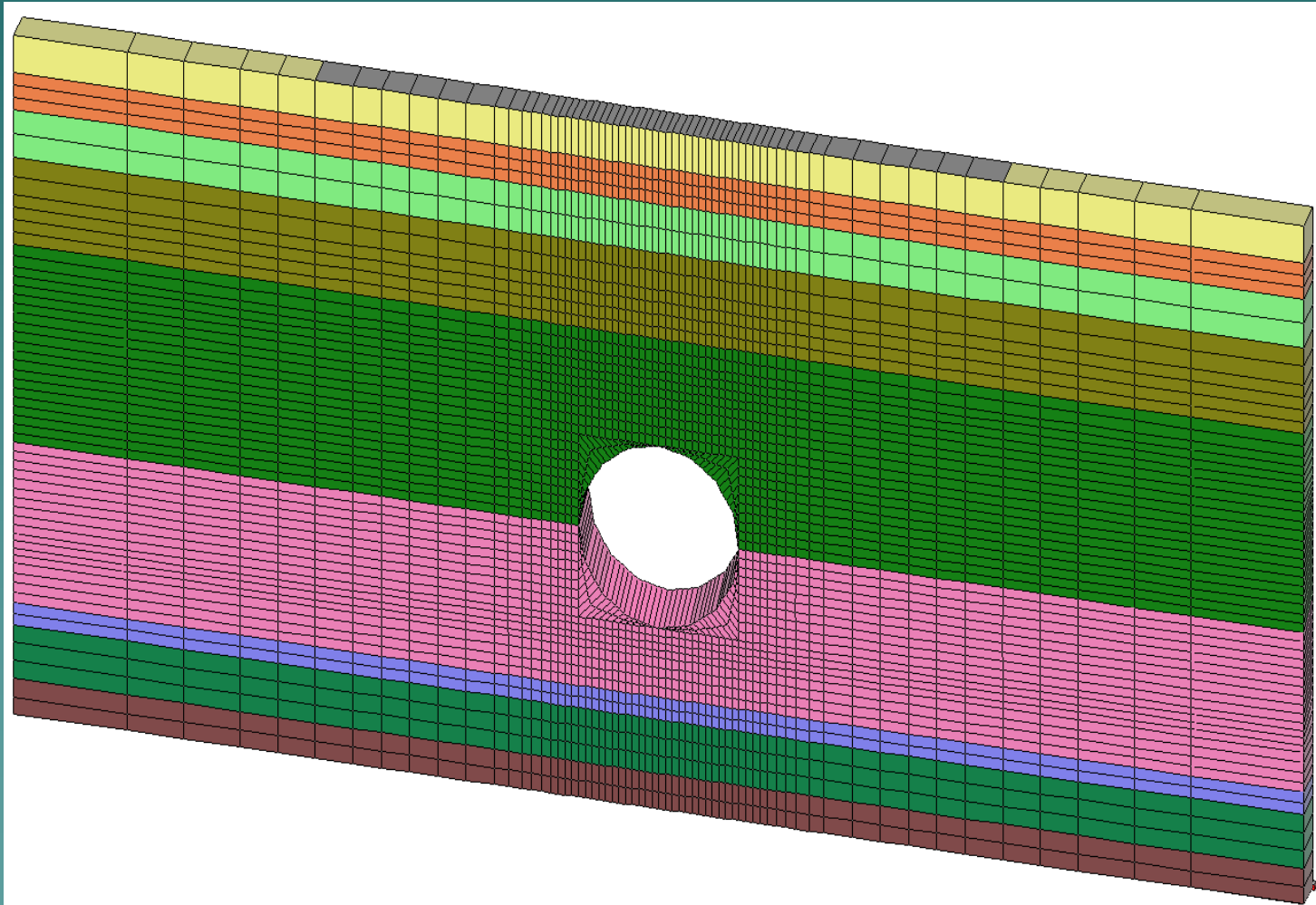
Сквозные трещины в стенах здания



МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ (с первоначальным решением плоской задачи)



Порядок решения задачи. Начальная температура грунта $+5^{\circ}\text{C}$. В течение полугода на контуре тоннеля приложена температура -25°C . Последующие полугода – -2°C . Затем в течение остального времени – $+15^{\circ}\text{C}$.



Контур ледопородного цилиндра перед началом растепления.
Толщина показана в горизонтальном сечении, поскольку вертикальное сечение тоннеля имеет форму эллипса. Расчетная толщина ледопородного цилиндра составила 3 м.

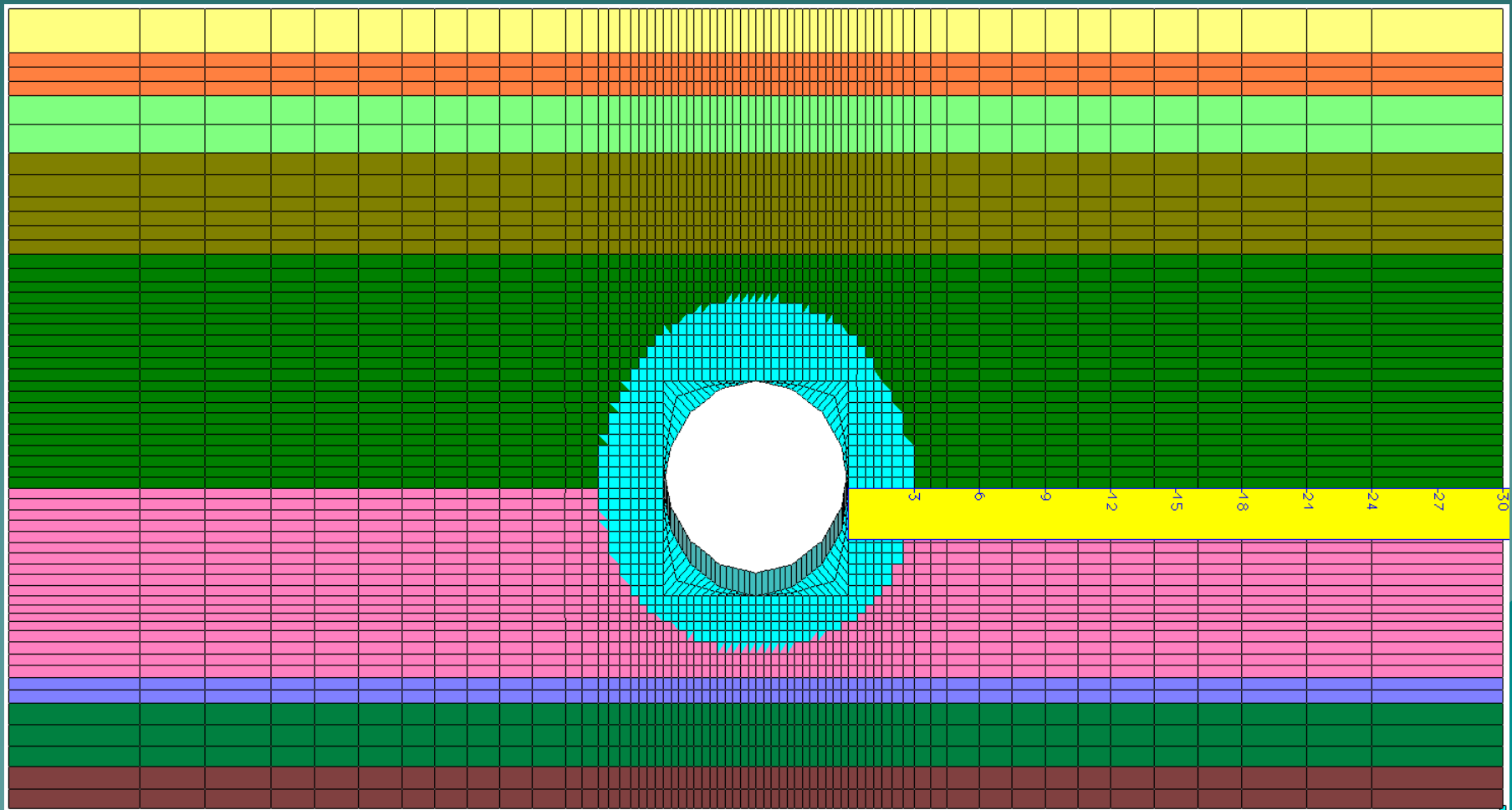
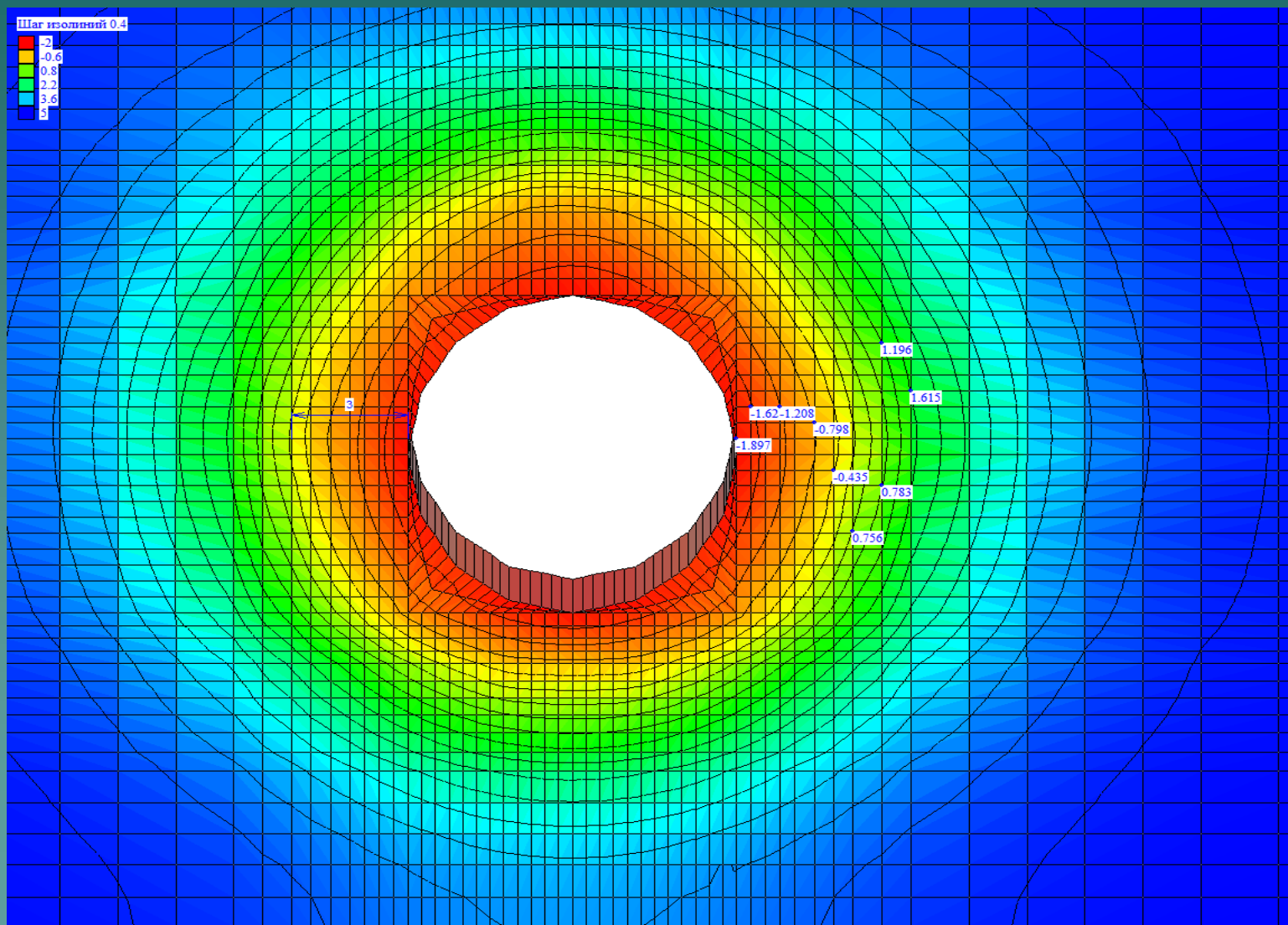
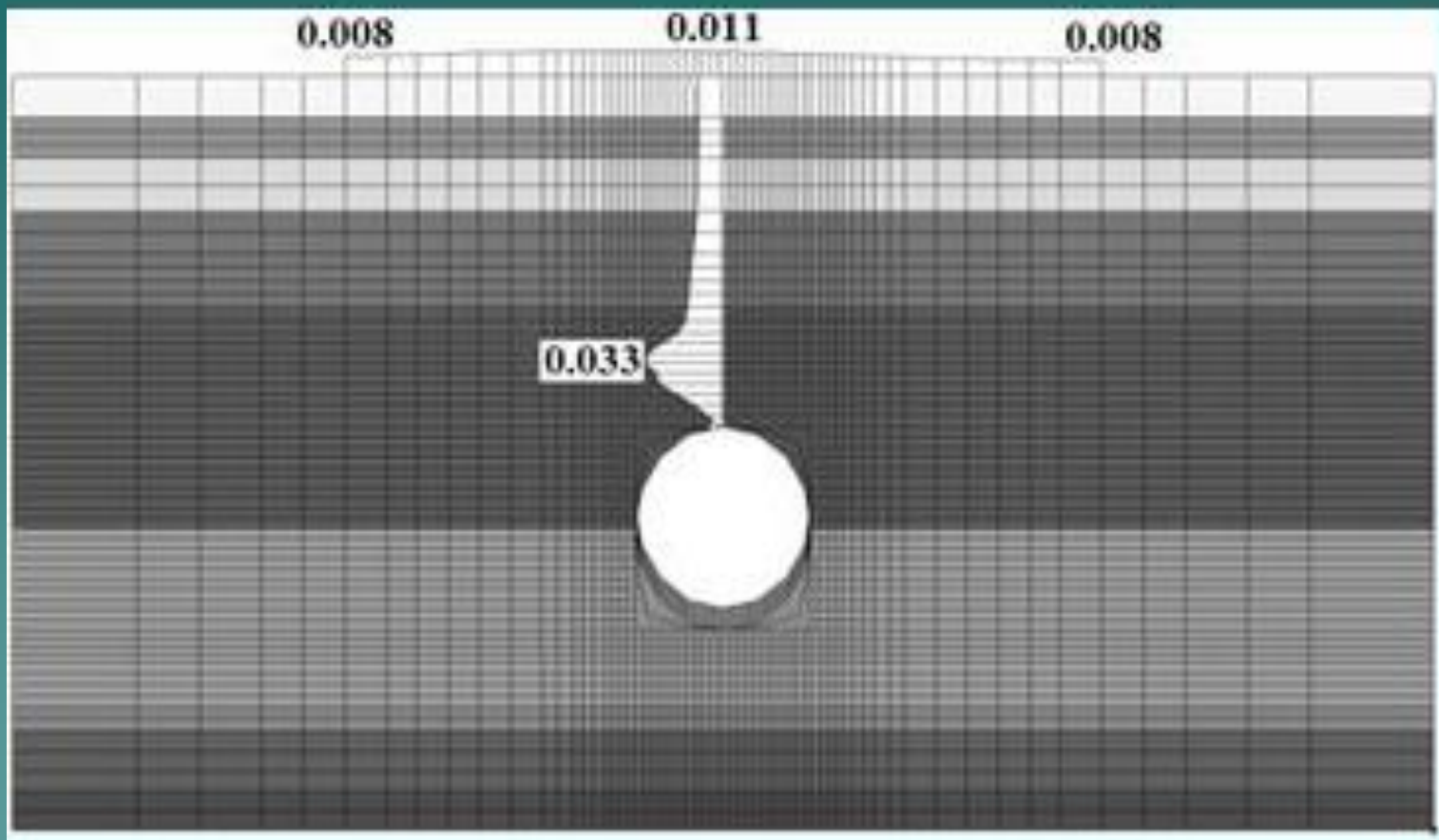


Иллюстрация предыдущего решения с выводом изолиний температуры



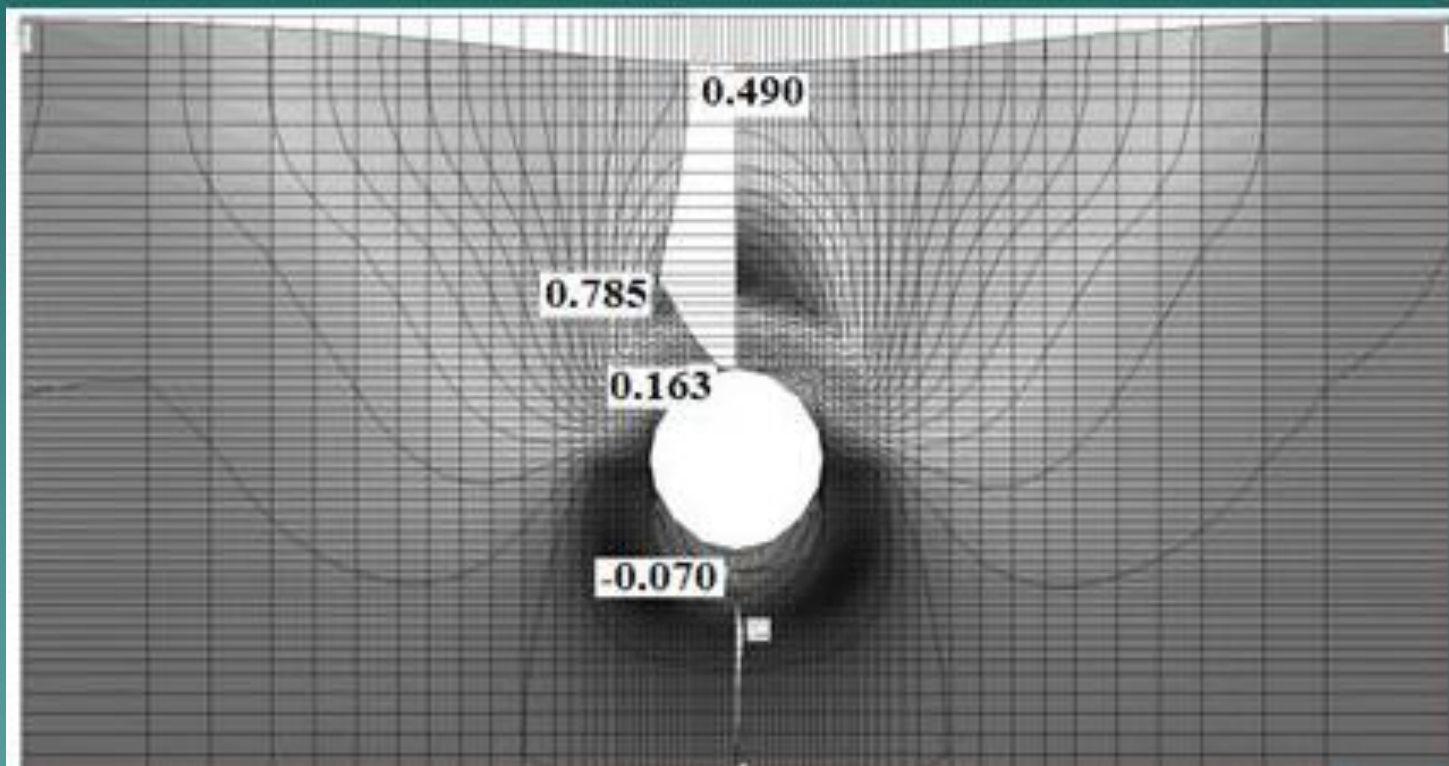
Эпюры вертикальных перемещений пучения над тоннелем и дневной поверхности на ширине расположения здания.



Изолинии осадок оттаивания. Эпюра осадок поверхности – максимум 49 см. Эпюра осадок оттаивания по вертикали.

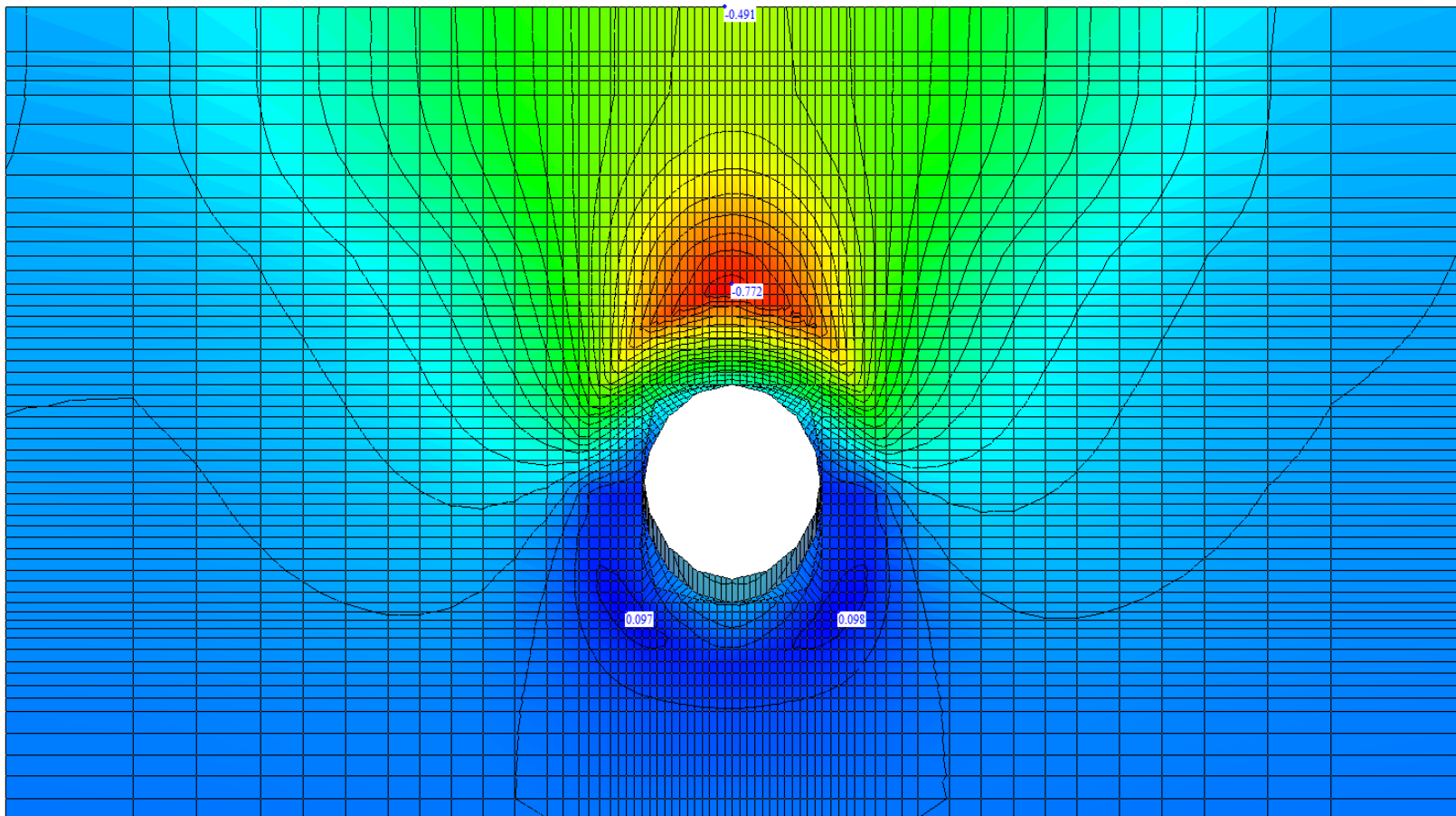
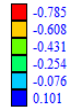
Максимум – 78,5 см.

Осадка тоннеля при оттаивании – 16,3 см.

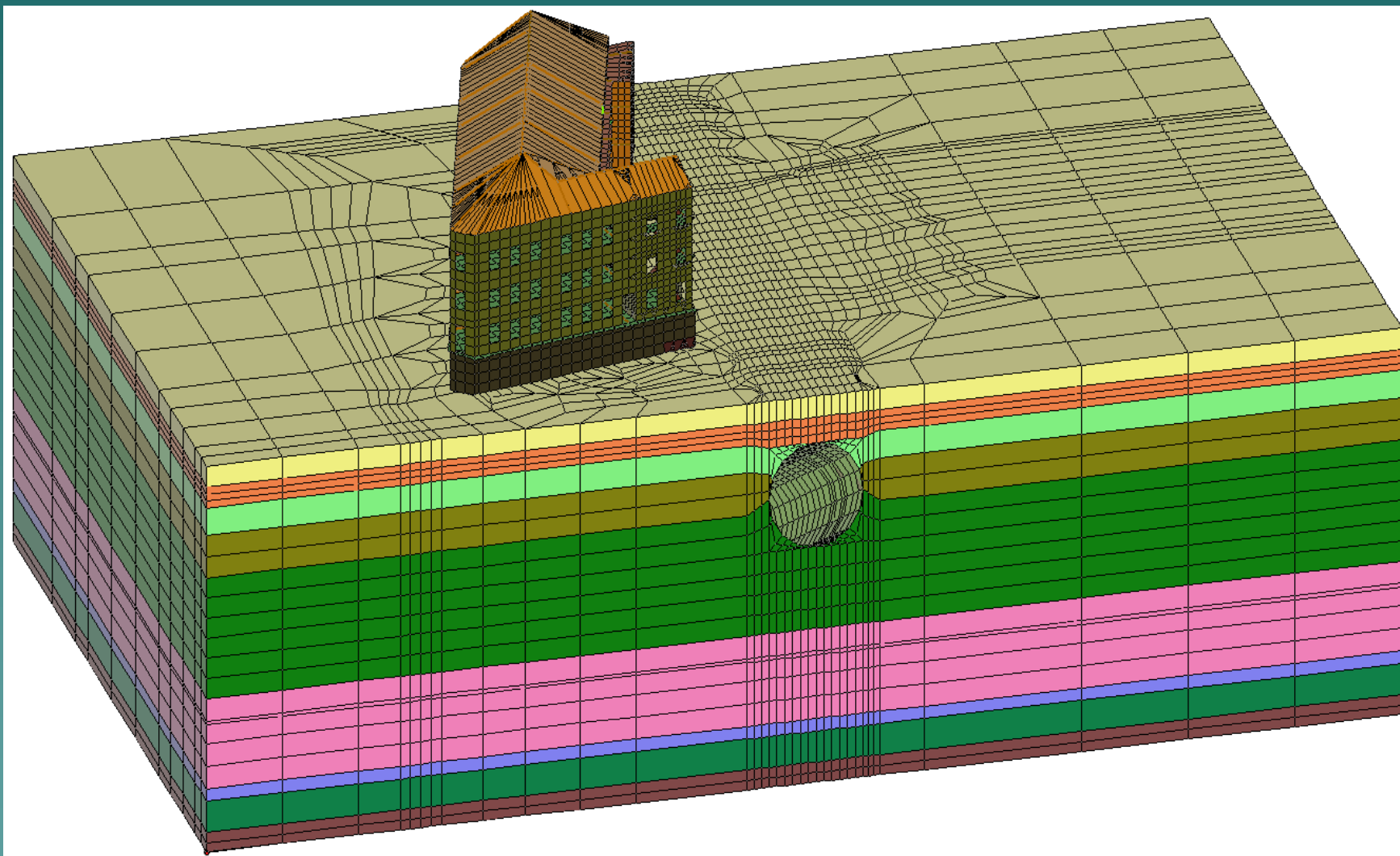


Изолинии осадок оттаивания

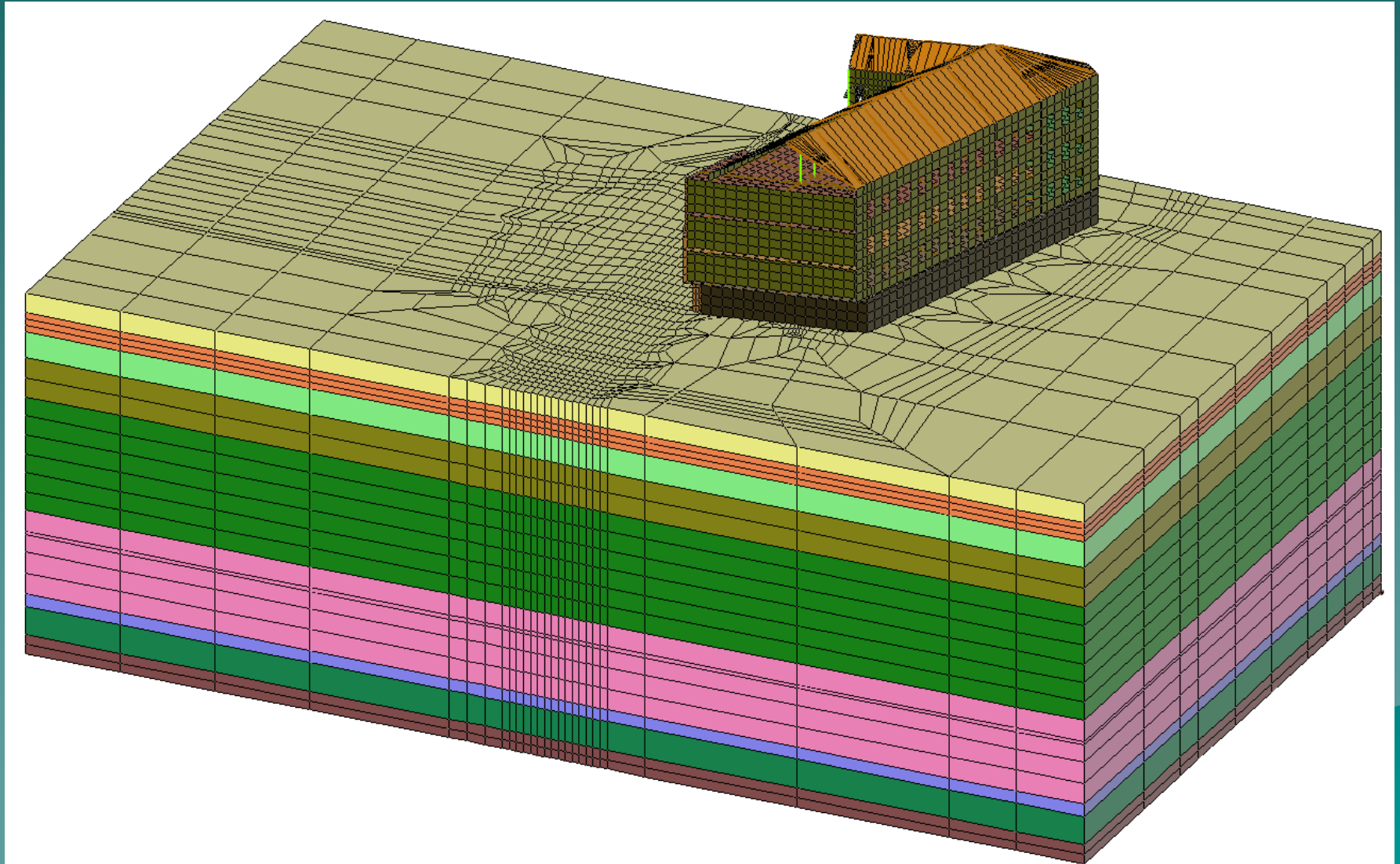
Шаг изолиний 0.04



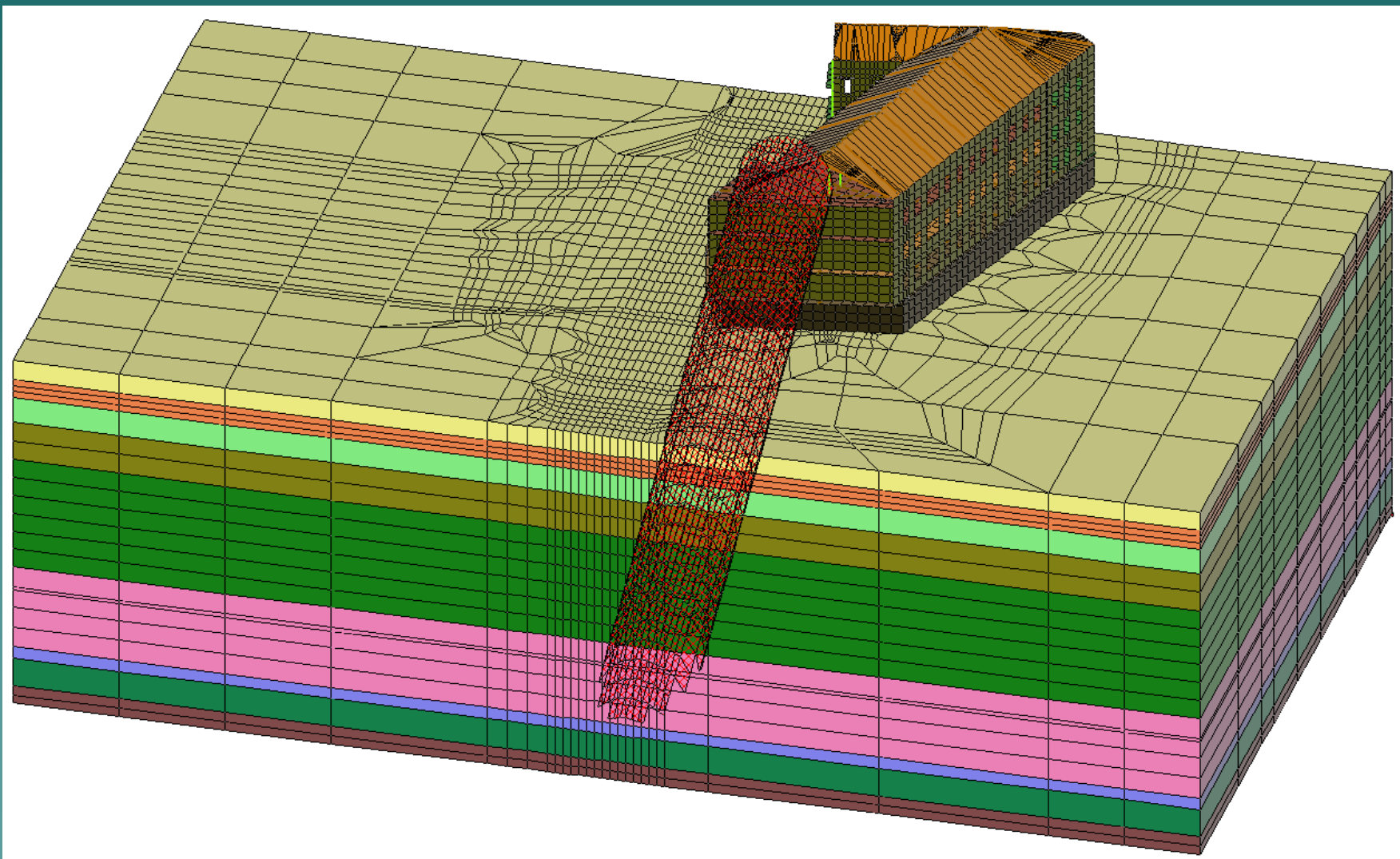
Расчетная схема пространственной задачи



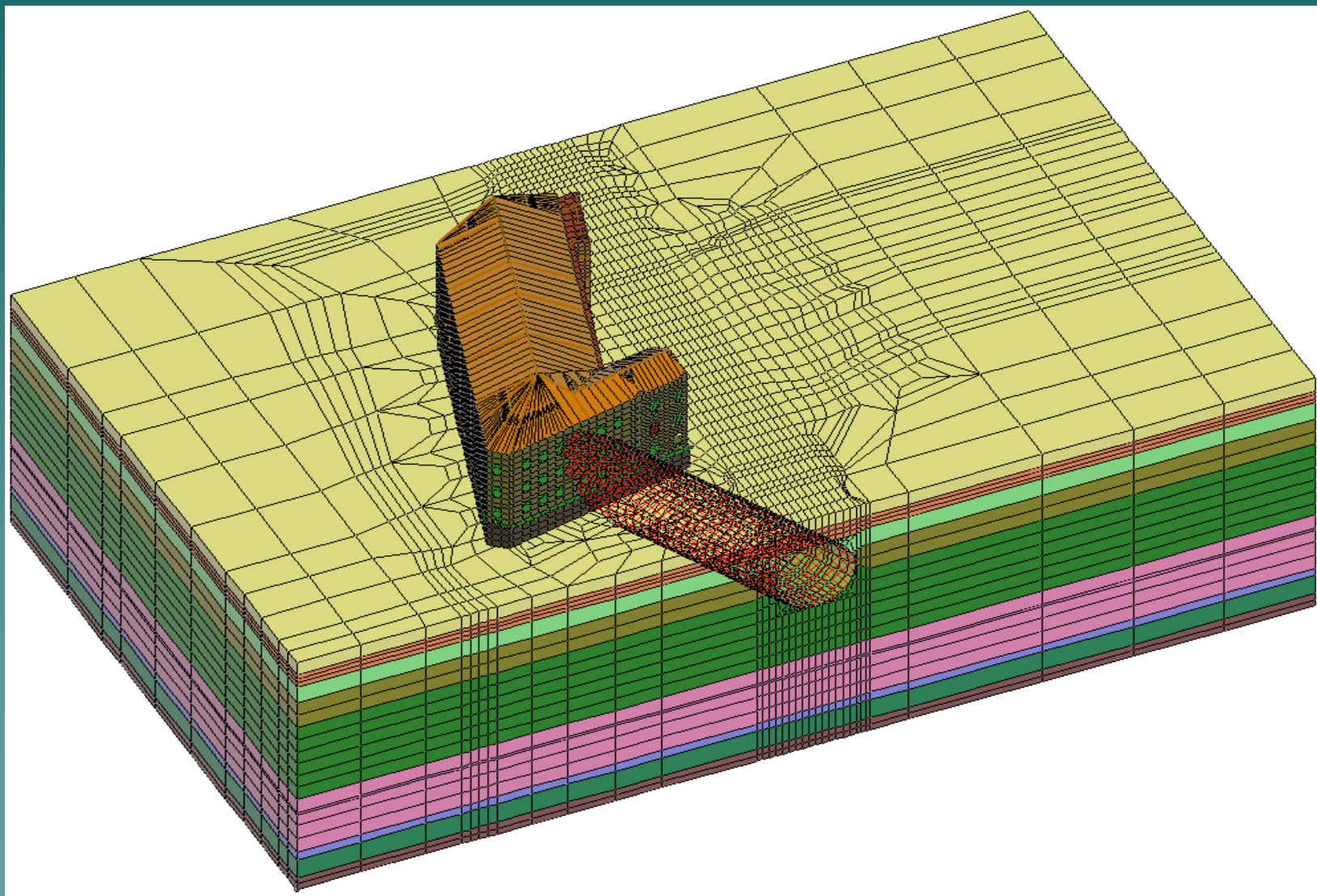
Расчетная схема пространственной задачи



Взаимное расположение здания и наклонного хода



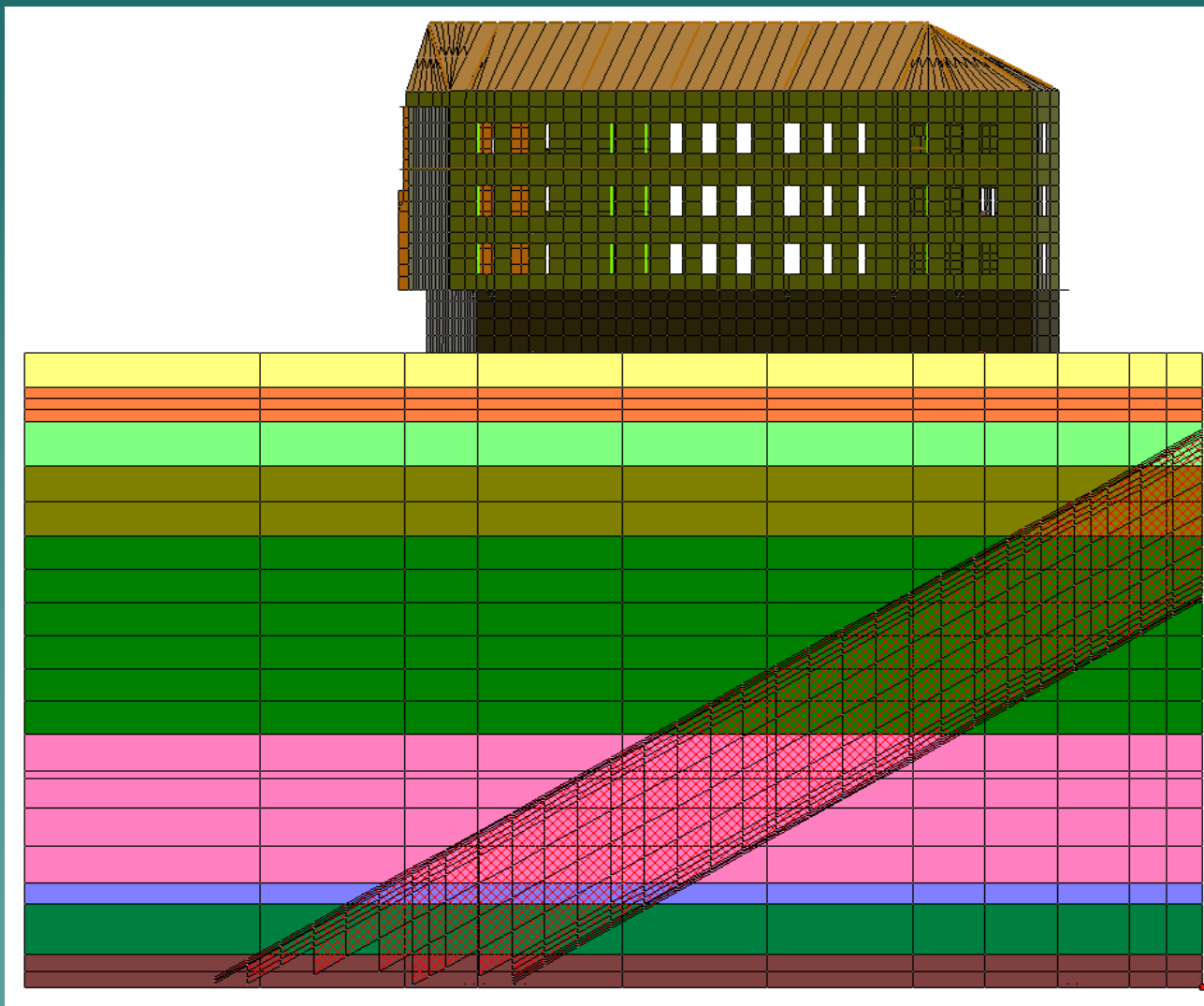
Взаимное расположение здания и наклонного хода



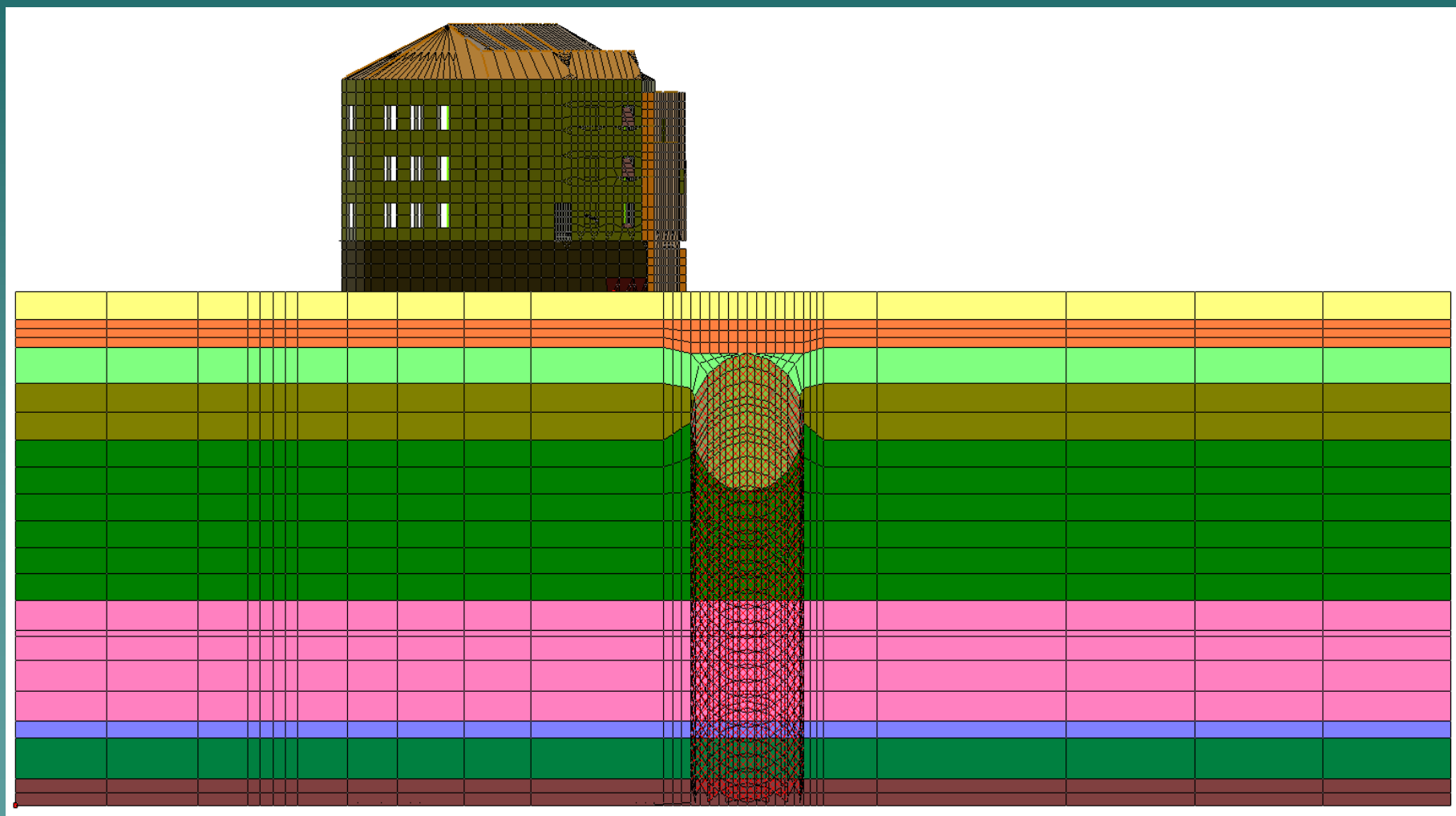
Взаимное расположение здания и наклонного хода в плане



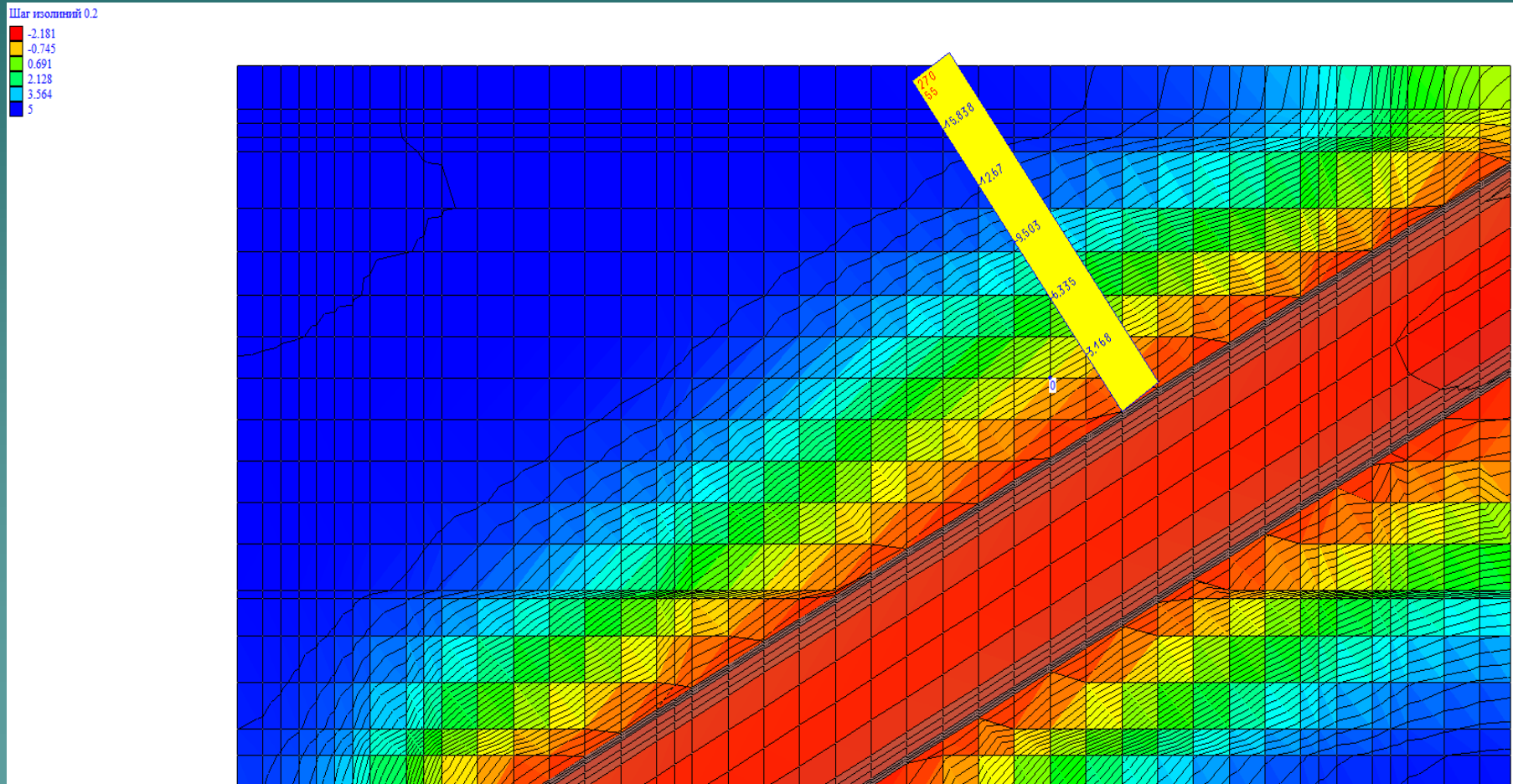
Взаимное расположение здания и наклонного хода в разрезе



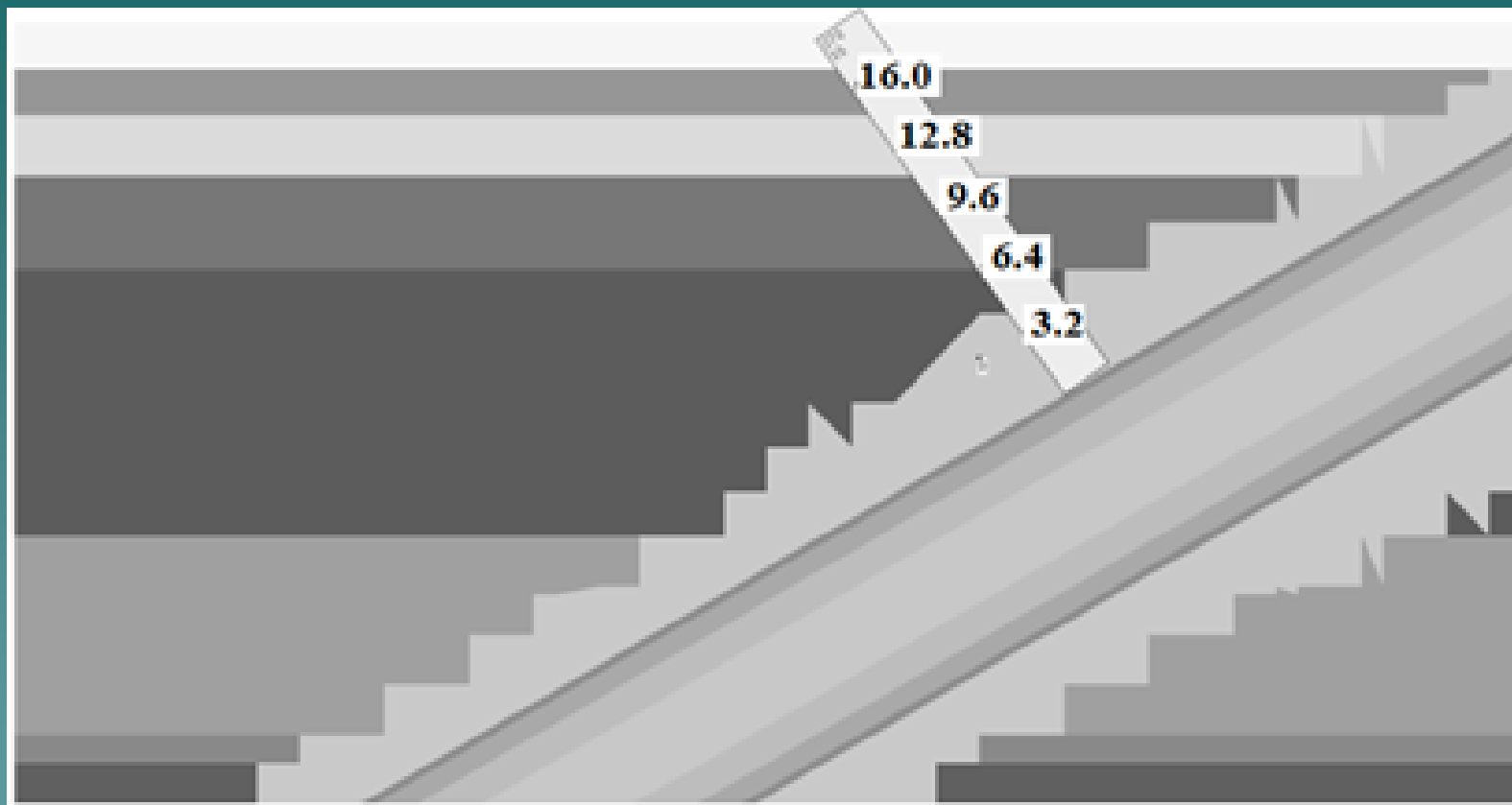
Взаимное расположение здания и наклонного хода в разрезе



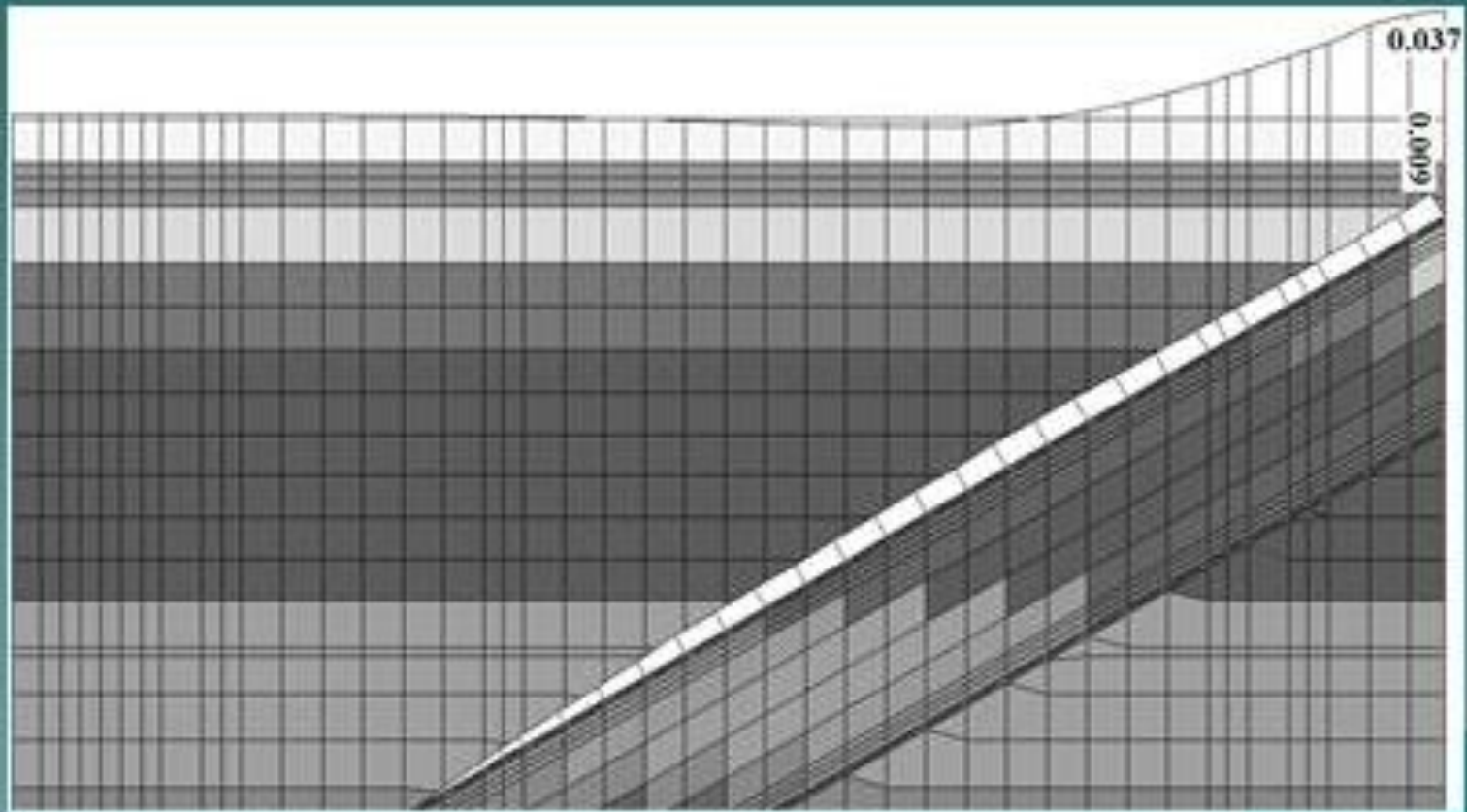
Изолинии температуры на момент окончания замораживания (12 мес). Нулевая изотерма соответствует толщине ледопородного цилиндра, помечена линейкой, находится на расстоянии 3 м от тоннеля, соответствует плоскому решению



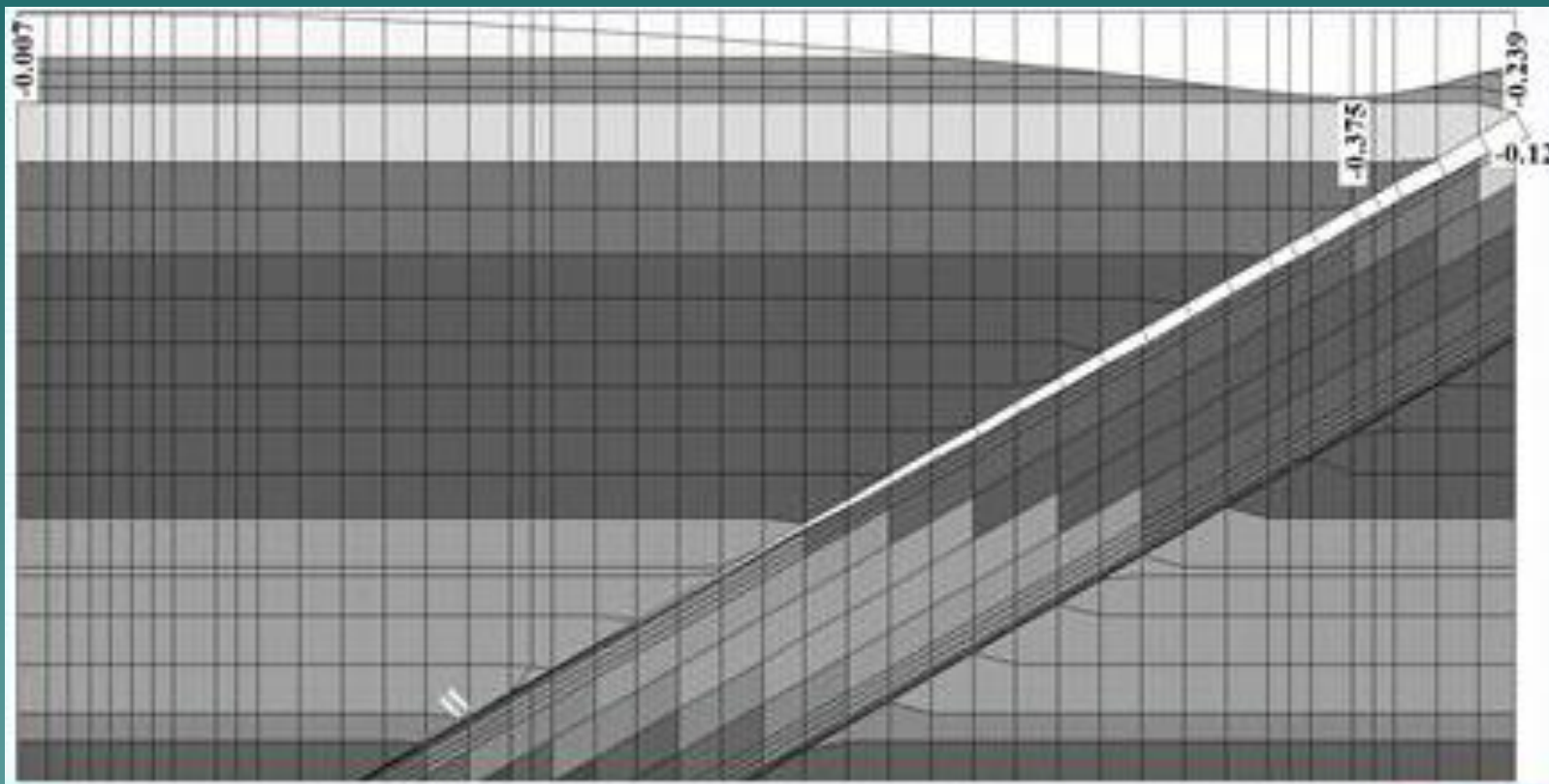
Зоны промерзшего грунта на момент окончания замораживания (12 мес).



Эпюры подъема территории над осью тоннеля и поверхности тоннеля на момент окончания замораживания

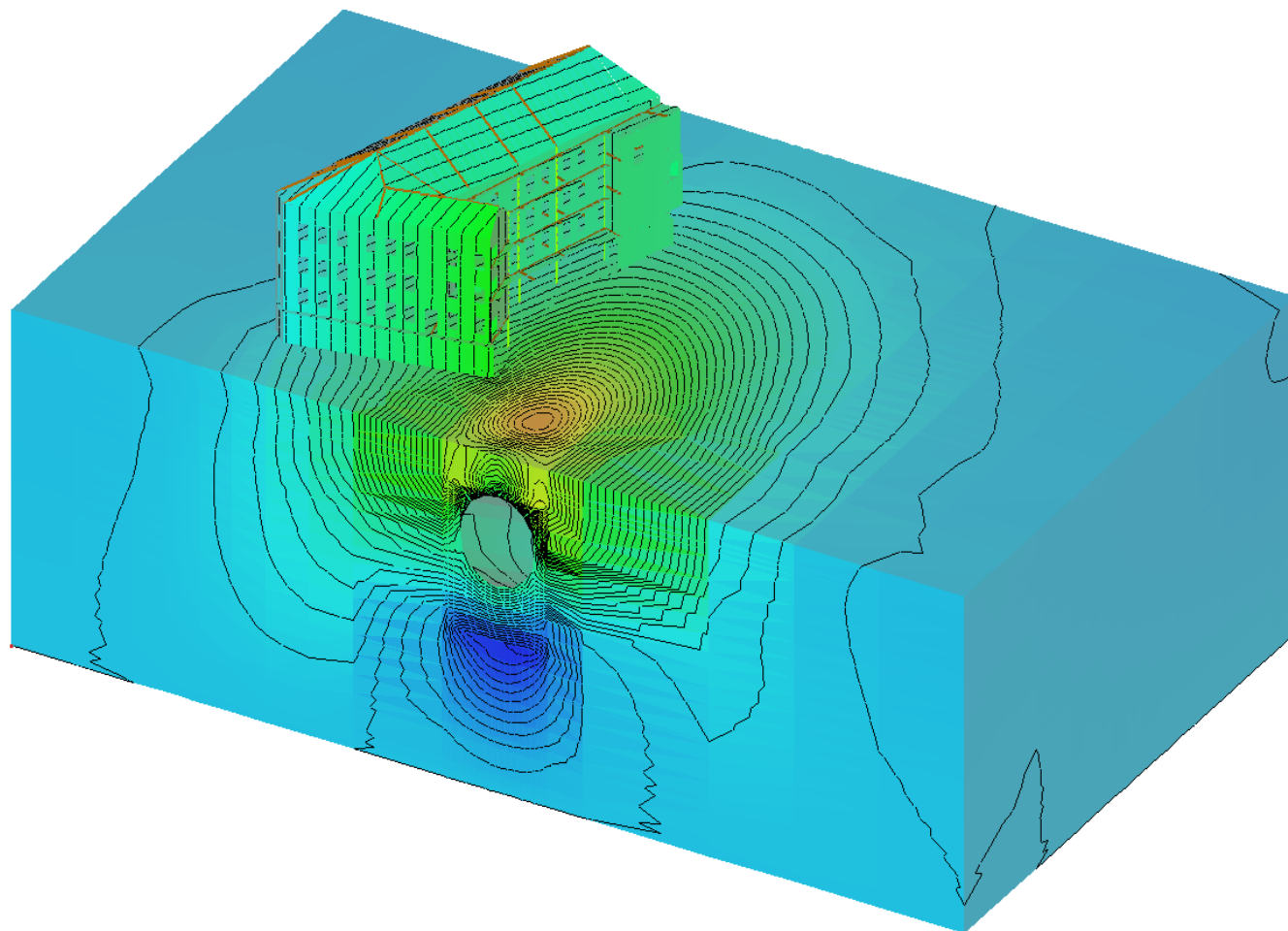
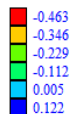


Эпюра осадок поверхности над тоннелем (до 37.5 см) и осадок тоннеля (до 12 см) после оттаивания грунта

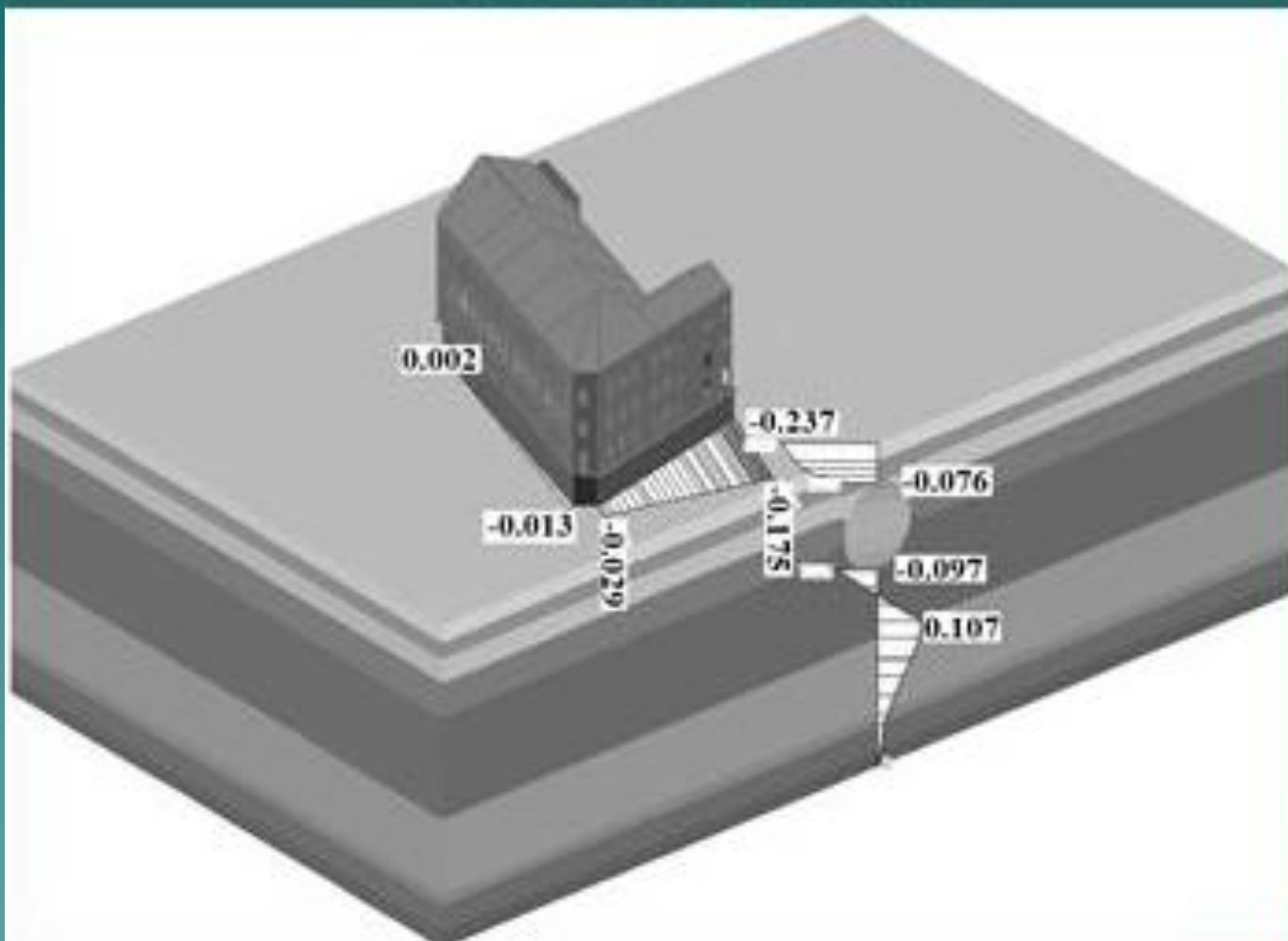


Изолинии осадок оттаивания грунта и здания

Шаг изолиний 0.01



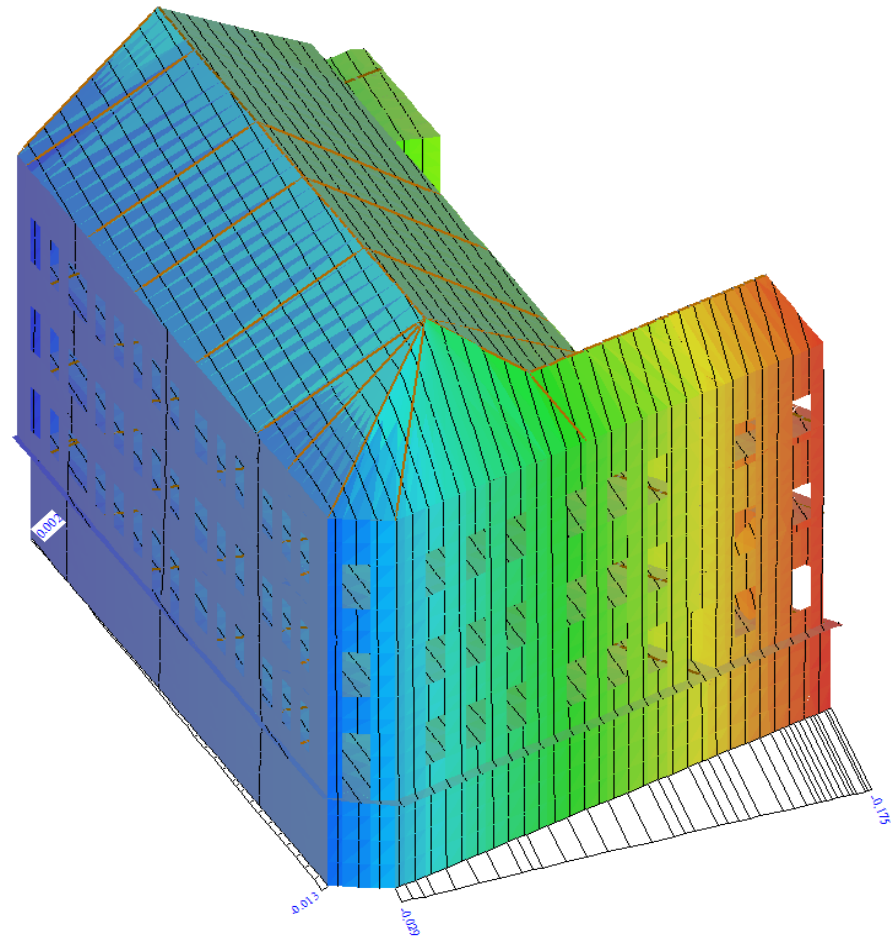
Эпюры осадок здания и грунта под и над тоннелем. По расчету, здание получает крен с осадкой до 23.7 см.



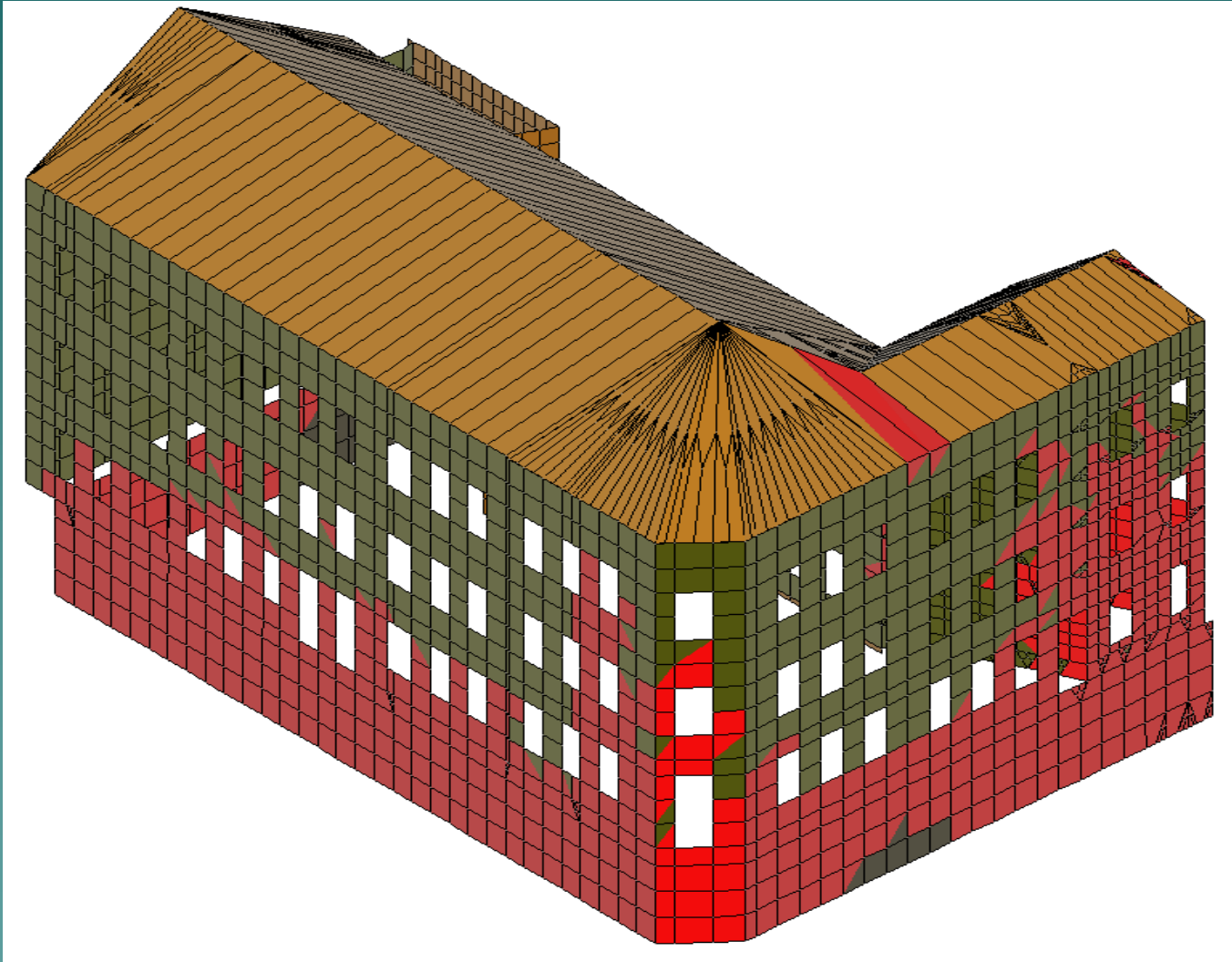
Изолинии и эпюра осадок здания

Шаг изолиний 0.005

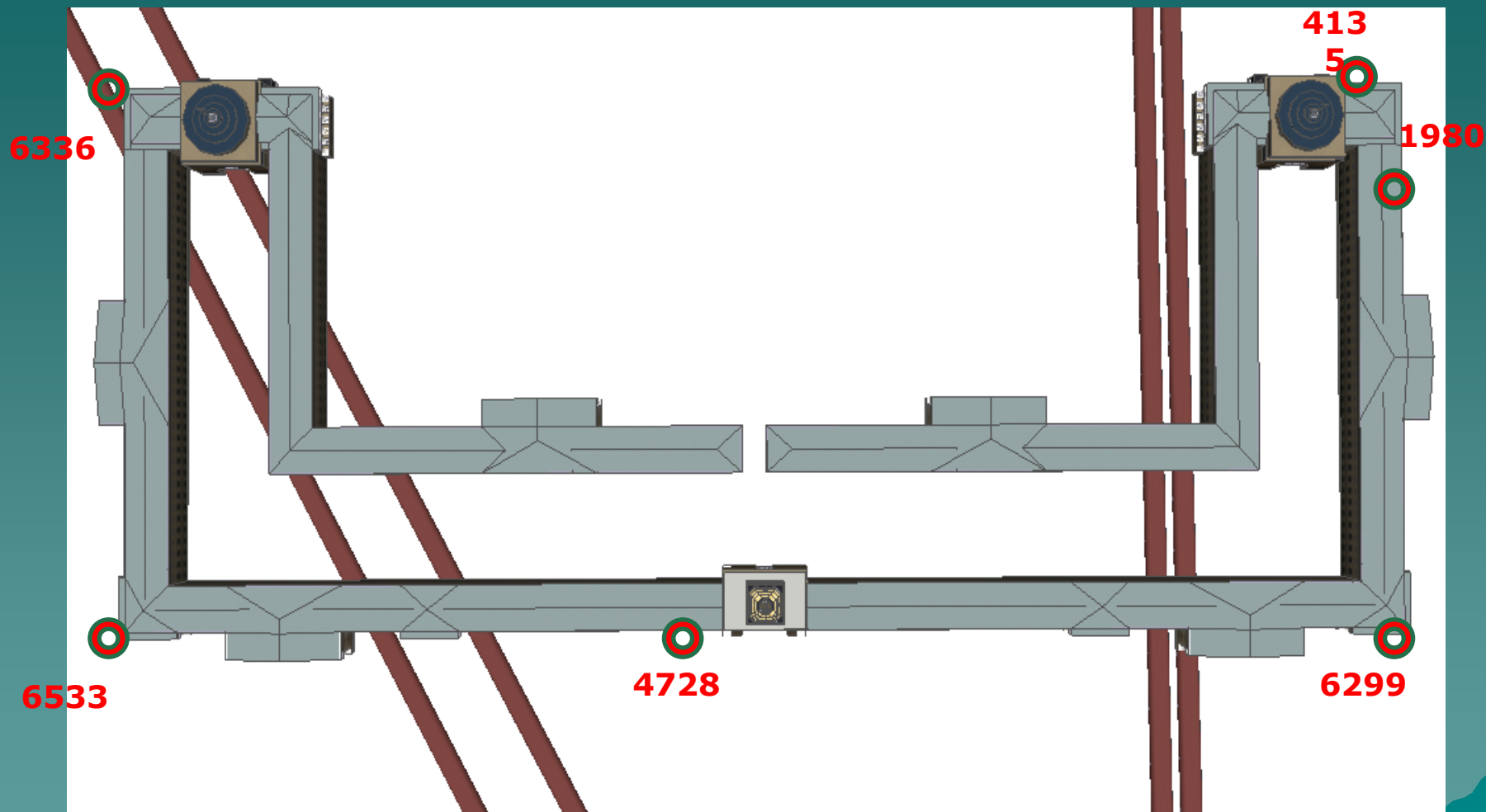
-0.176
-0.14
-0.104
-0.068
-0.031
0.005

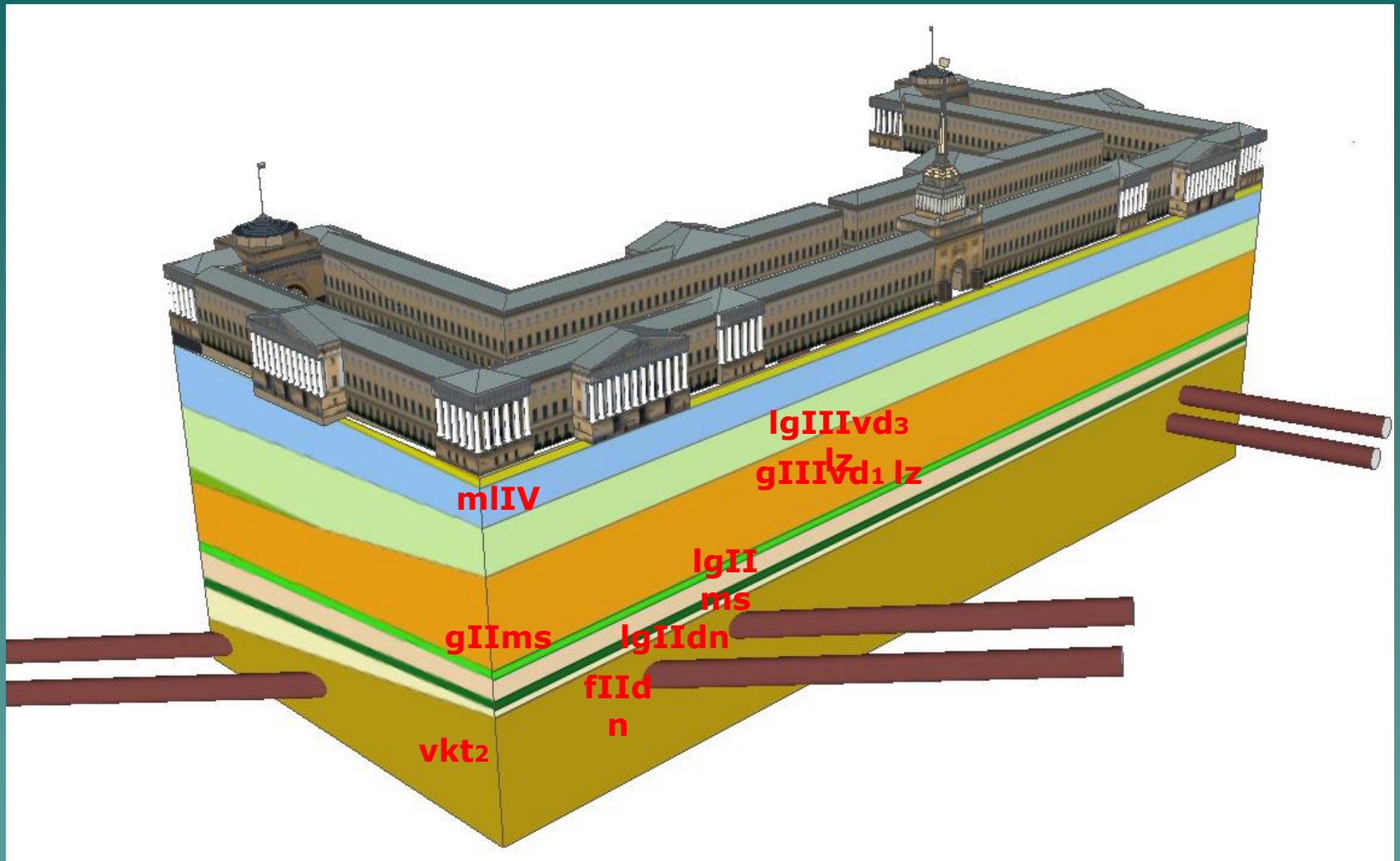


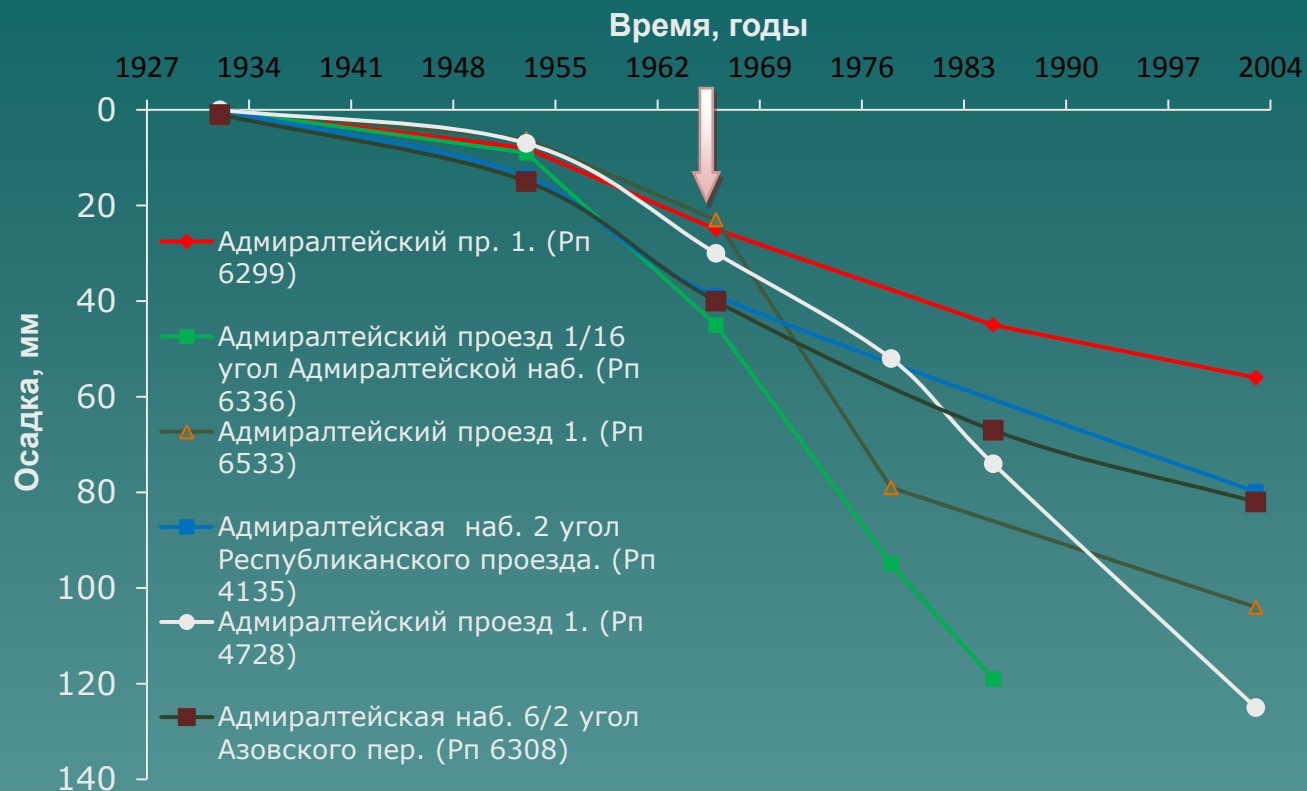
Красным показаны области в стенах, в которых
максимальные растягивающие напряжения
превышают 120 кПа



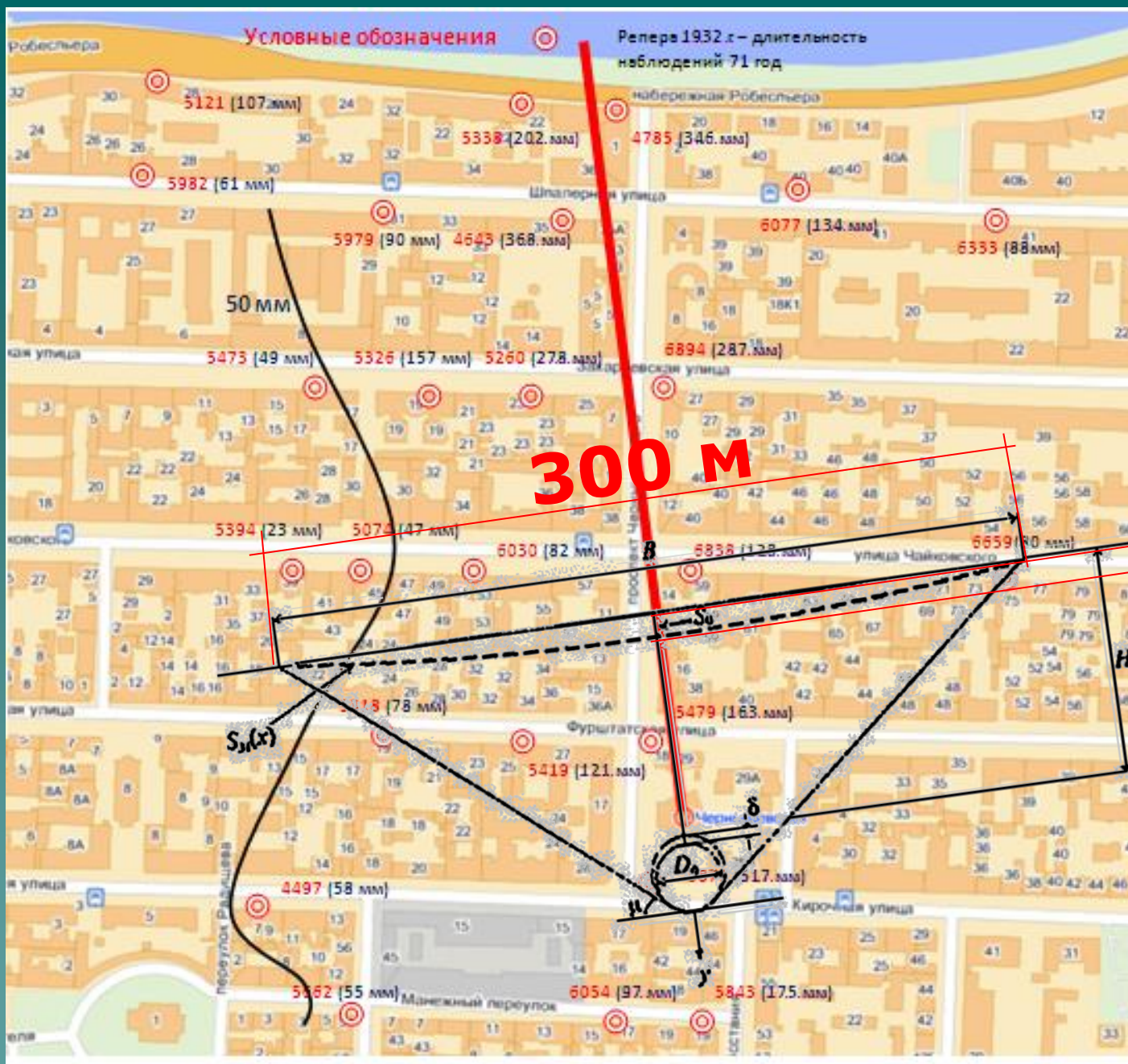
Влияние проходки и эксплуатации транспортных тоннелей метрополитена на здание Адмиралтейства







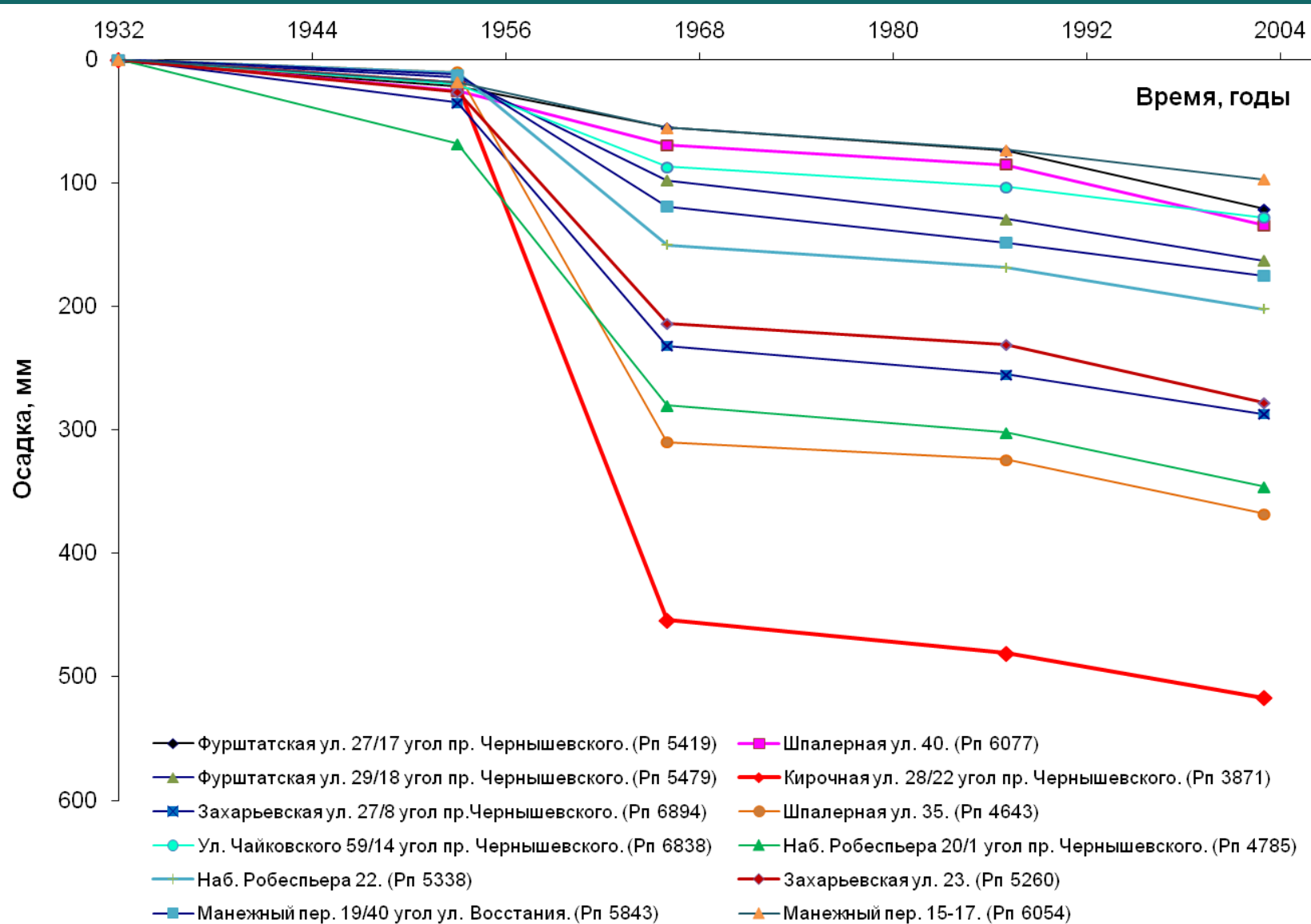
**Графики развития осадок (мм) здания
Адмиралтейства. Год постройки 1727-1737, 1806-1823.
Архитекторы – Коробов И.К, Захаров А.Д.**



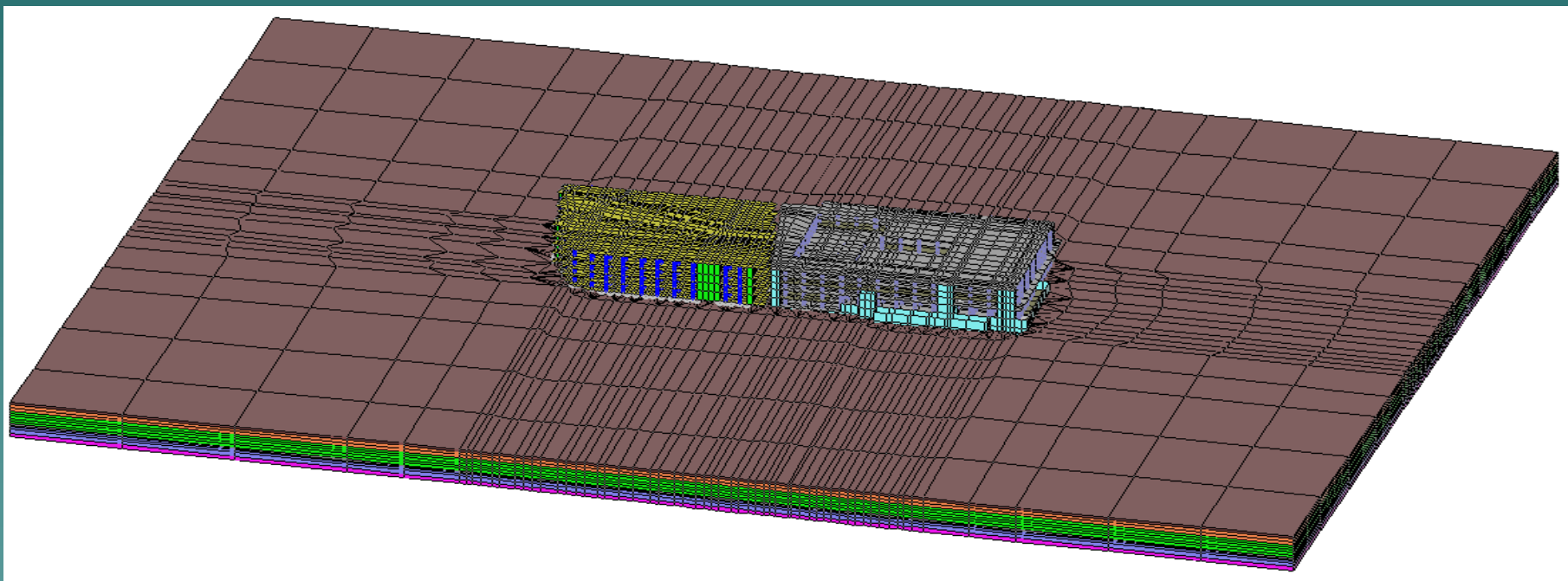
Скорости осадок поверхности при строительстве транспортного узла станции Чернышевская

0,5 м

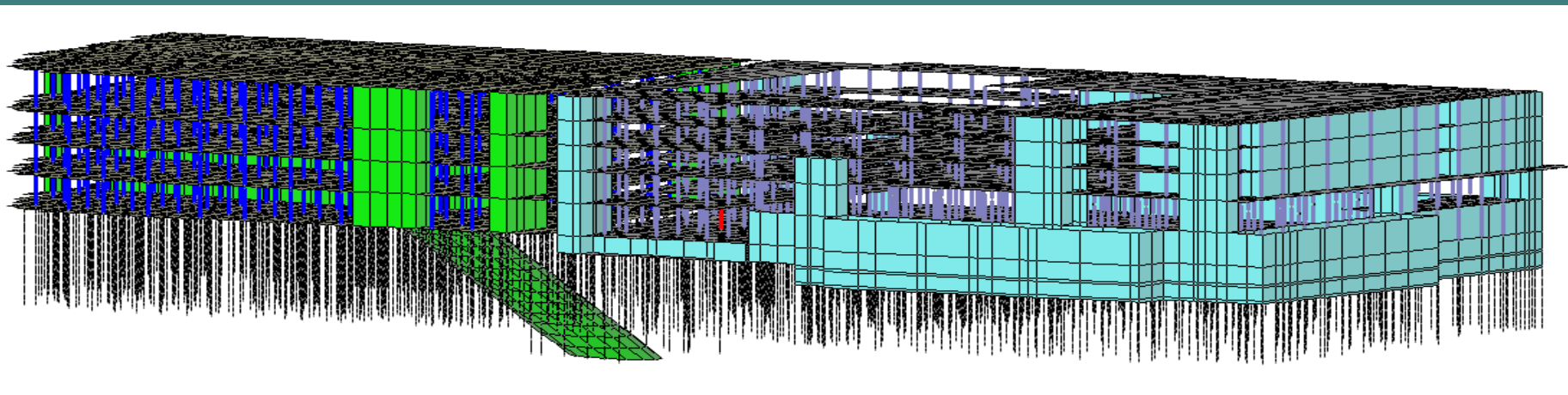
Площадь мульды оседания больше площади поперечного сечения тоннелей!



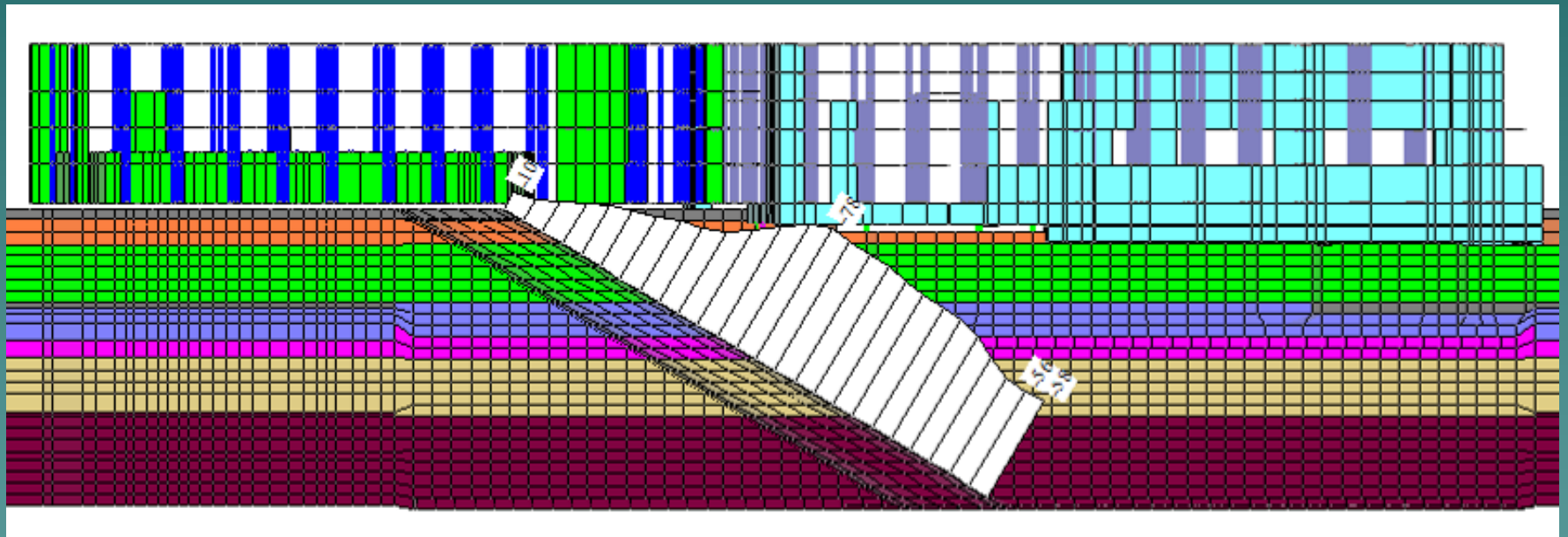
Оценка взаимного влияния проектируемого торгового
комплекса и наклонного хода станции метро «Бухарестская».
Расчетная схема



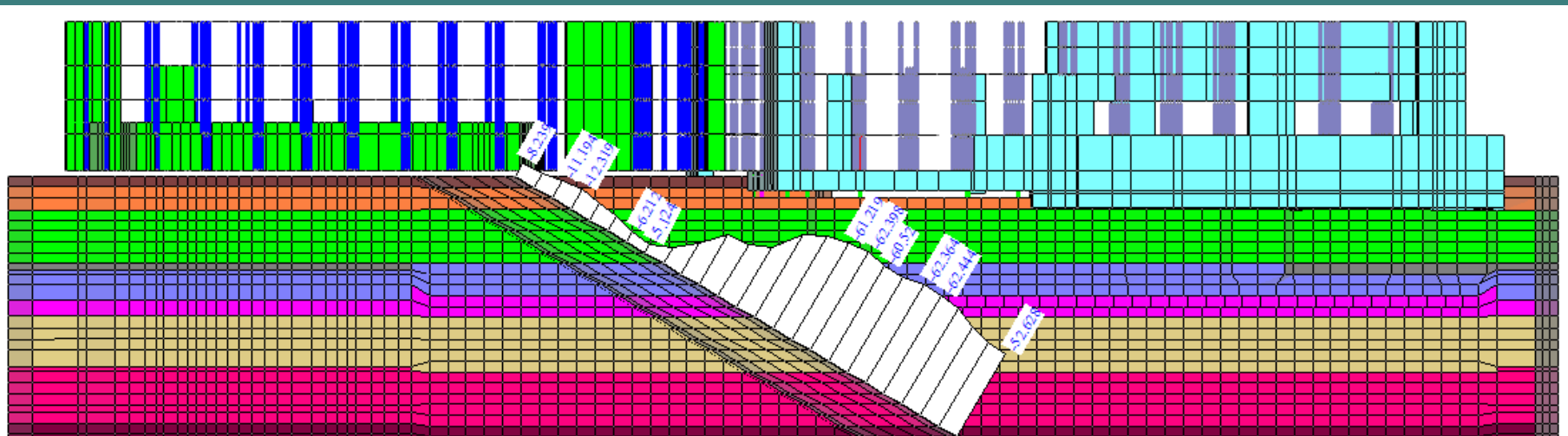
Оценка взаимного влияния проектируемого торгового
комплекса и наклонного хода станции метро
«Бухарестская». Взаимное расположение здания на
наклонного хода



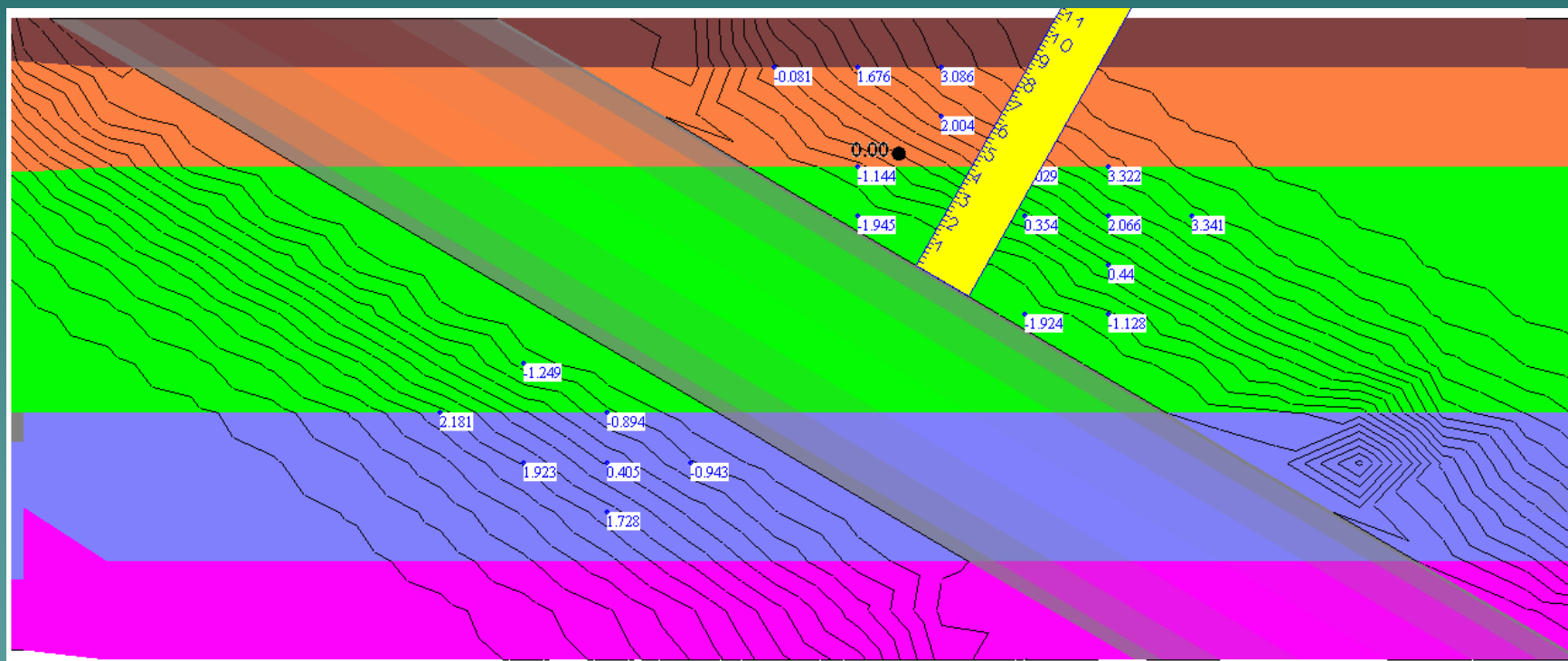
Эпюра дополнительных
вертикальных напряжений σ_z на
обделку тоннеля, (кПа)



Эпюра дополнительных вертикальных давлений σ_z (кН/м²) на обделку тоннеля при устройстве свай, нижний конец которых располагается ниже оси наклонного хода

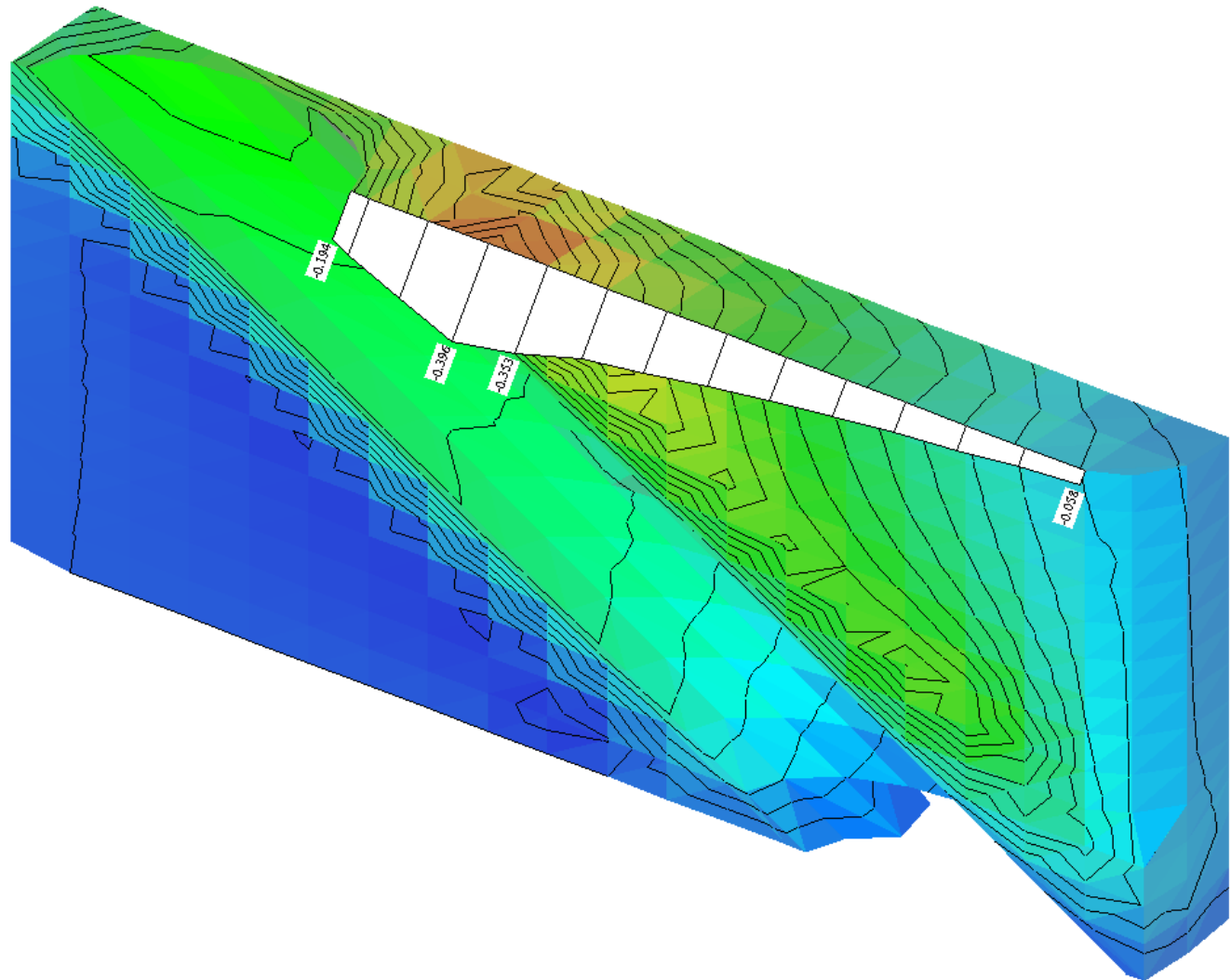
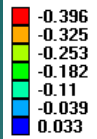


Зоны промерзания грунта при устройстве наклонного хода

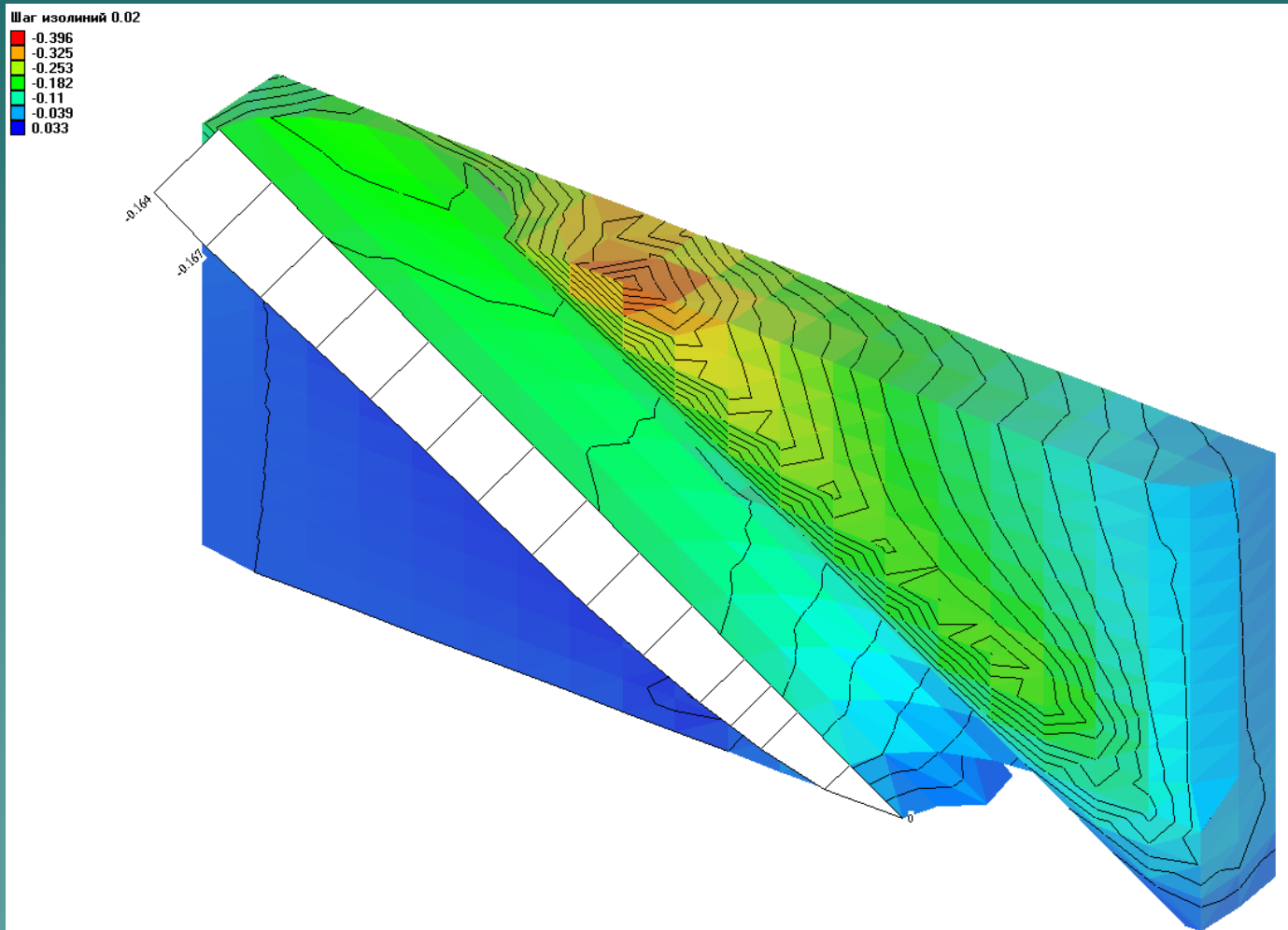


Эпюра осадок поверхности над осью наклонного хода после оттаивания ледогрунтового ограждения

Шаг изолиний 0.02

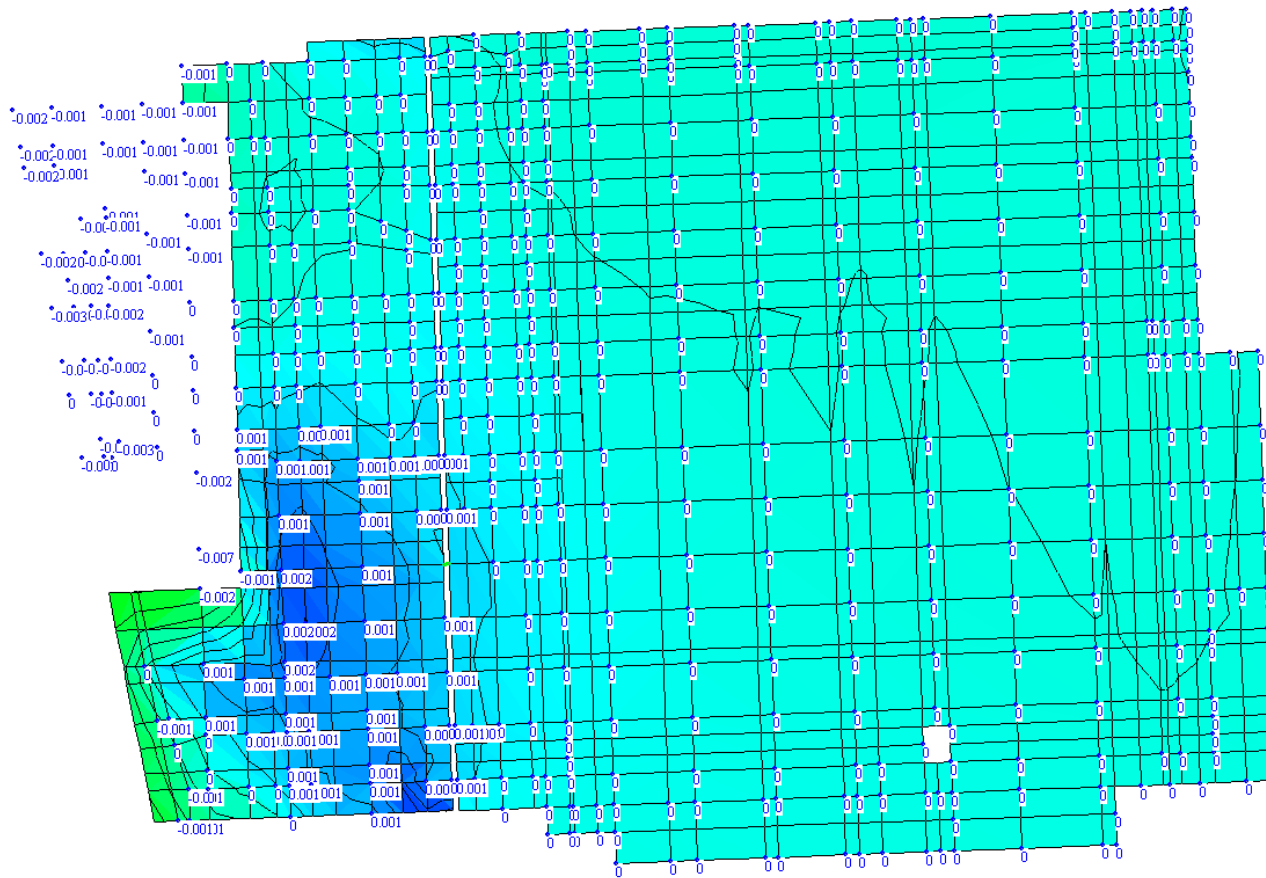
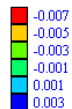


Эпюра осадок наклонного хода после оттаивания ледогрунтового ограждения



Осадки здания от влияния оттаивания ледогрунтового ограждения

Шаг элементов 0.001



Спасибо за внимание!