



Всероссийская конференция с международным участием  
«Фундаменты глубокого заложения и геотехнические проблемы территорий»

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**Технологическая механика грунтов, оптимальное проектирование, динамика фундаментов и передача колебаний через грунт, сейсмостойкость свайных фундаментов и фундаментов на естественном основании, виброползучесть оснований, станции метрополитена.**

**В.А. Ильичев**

**Академик РААСН, профессор, д.т.н.**

2017 год, Пермь.



# Технологическая механика грунтов

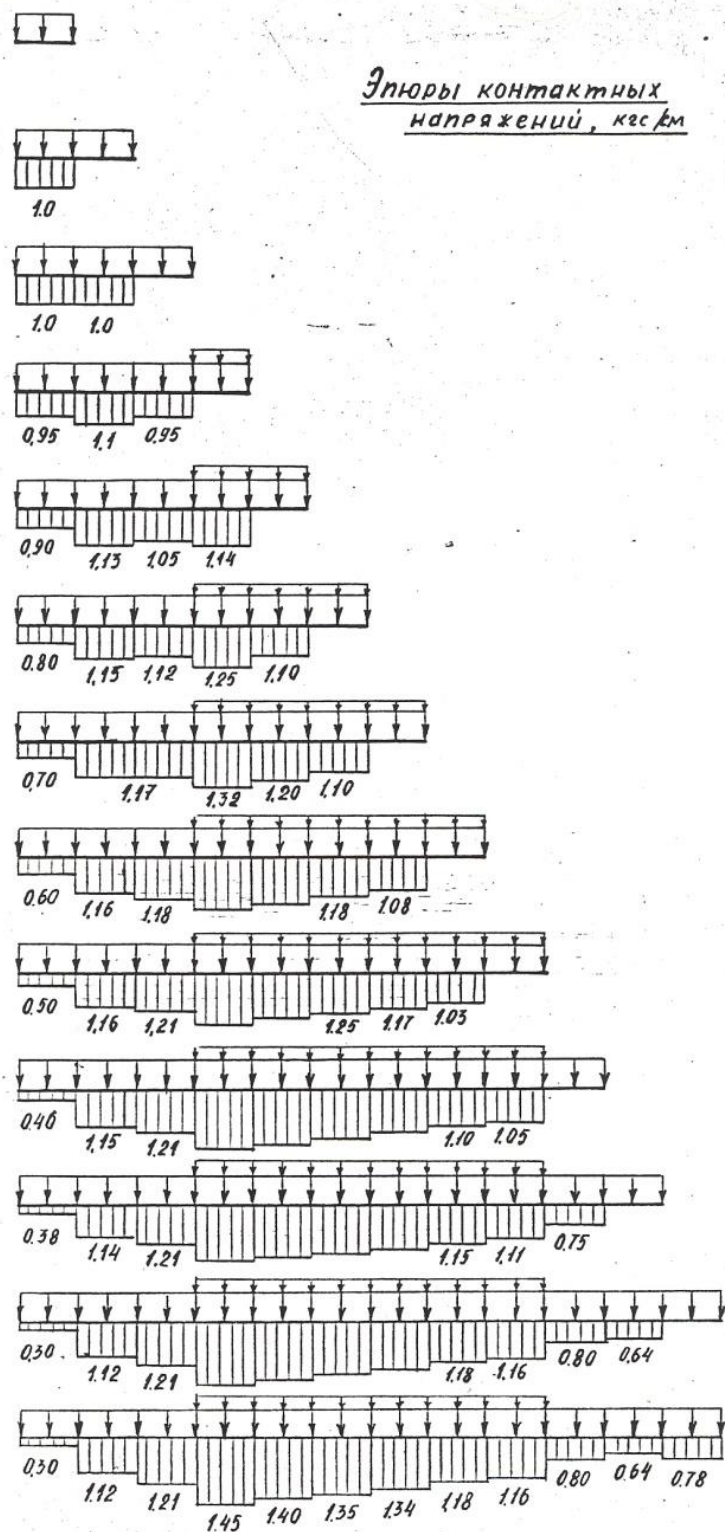


**Усилия и деформации в большеразмерных фундаментах и в подземных частях зданий и сооружений зависят от технологии возведения конструкций**

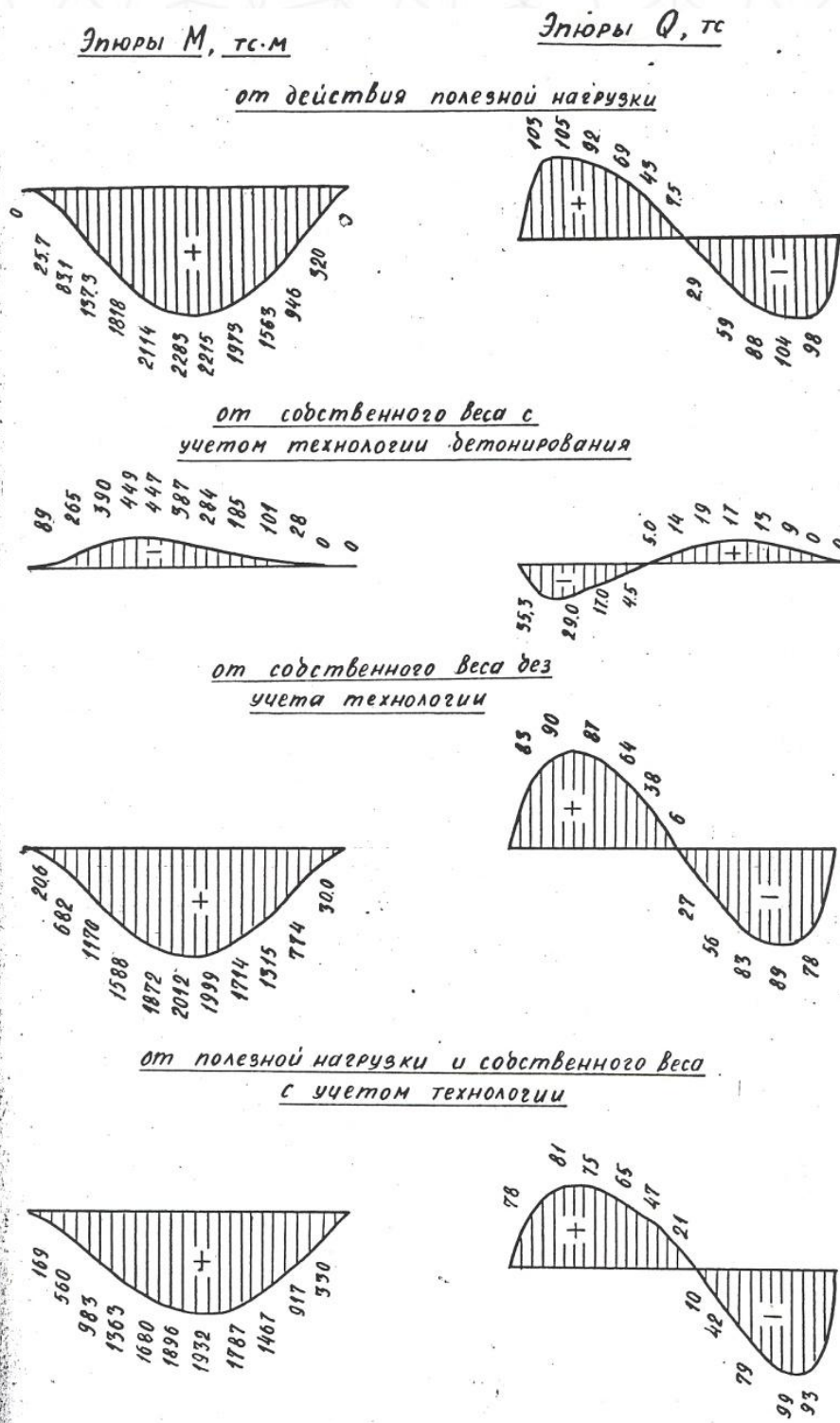
**Контактные напряжения и изгибающие моменты от собственного веса при бетонировании нижней фундаментной плиты турбоагрегата мощностью 1млн 200тыс кВт**



### Формирование эпюры контактных напряжений при бетонировании «слева-направо»



### Эпюры изгибающих моментов при бетонировании «слева-направо»





# **Торгово-рекреационный комплекс «Охотный ряд»**



Один из первых проектов освоения подземного пространства г. Москвы, где использованы принципы технологической механики грунтов

Начало строительства 1993г.

Завершение - 1997 г.

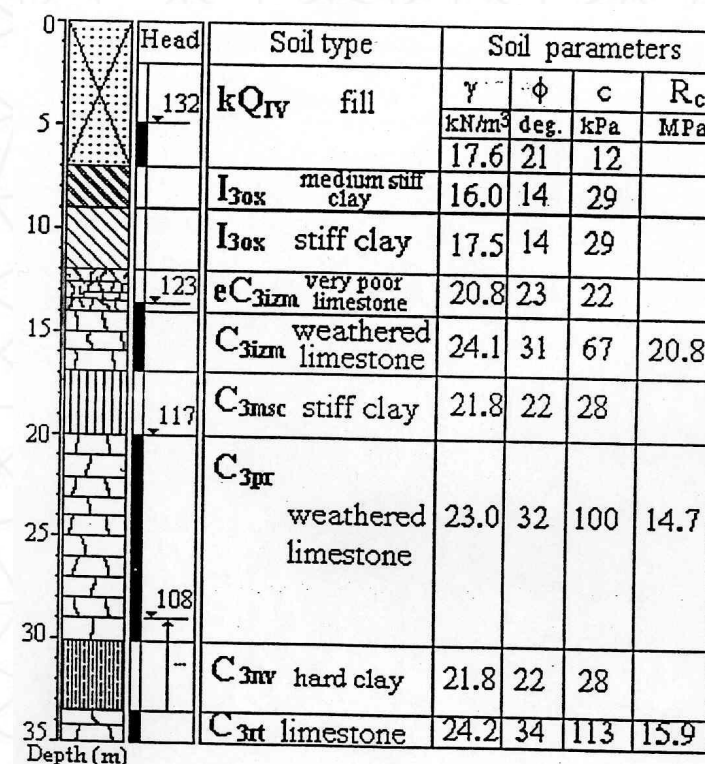
Площадь - 380x150 м<sup>2</sup>

Глубина котлована - до 17м

Количество подземных этажей - 4

Ограждающая конструкция - «стена в грунте»  
и буросекущиеся сваи

Условия плотной существующей застройки



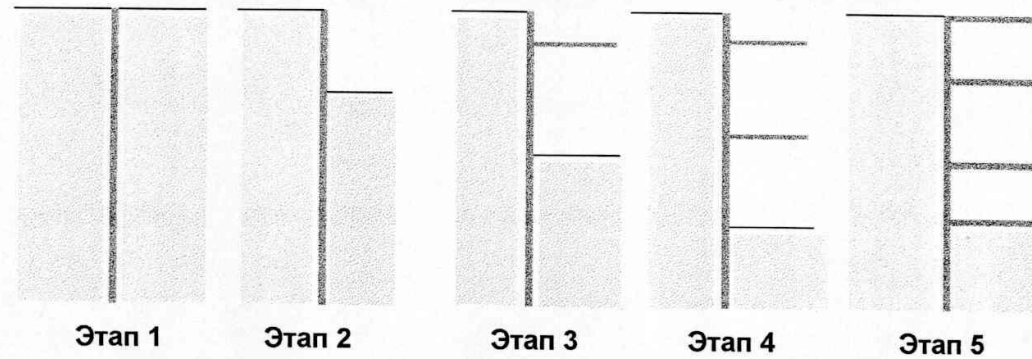
Характерный инженерно-геологический  
разрез



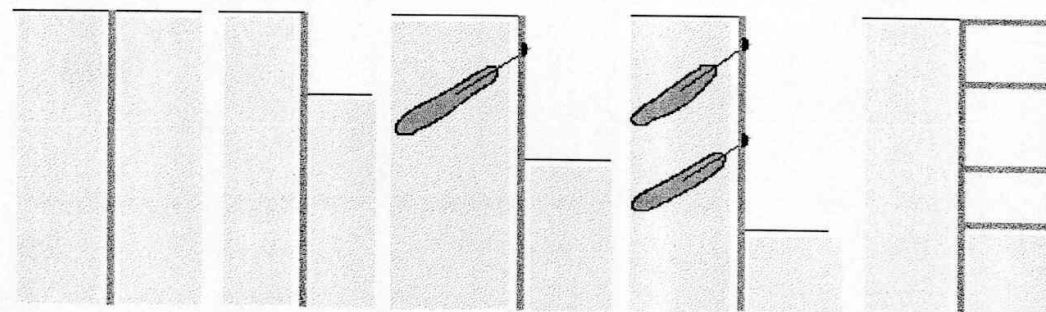
ТРК на Манежной площади. Ограждение котлована- 1996 г.

## Зависимость усилий конструкции «Стена в грунте» от способа крепления

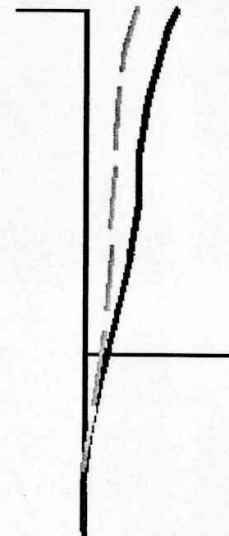
**Вариант 1. Крепление временными распорками**



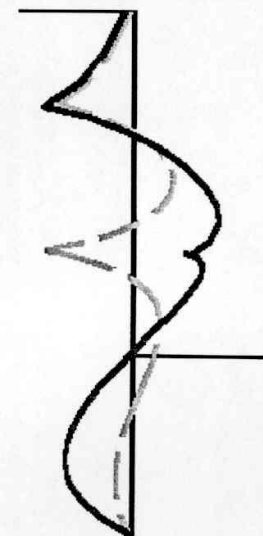
**Вариант 2. Крепление инъекционными анкерами**



Деформации конструкции

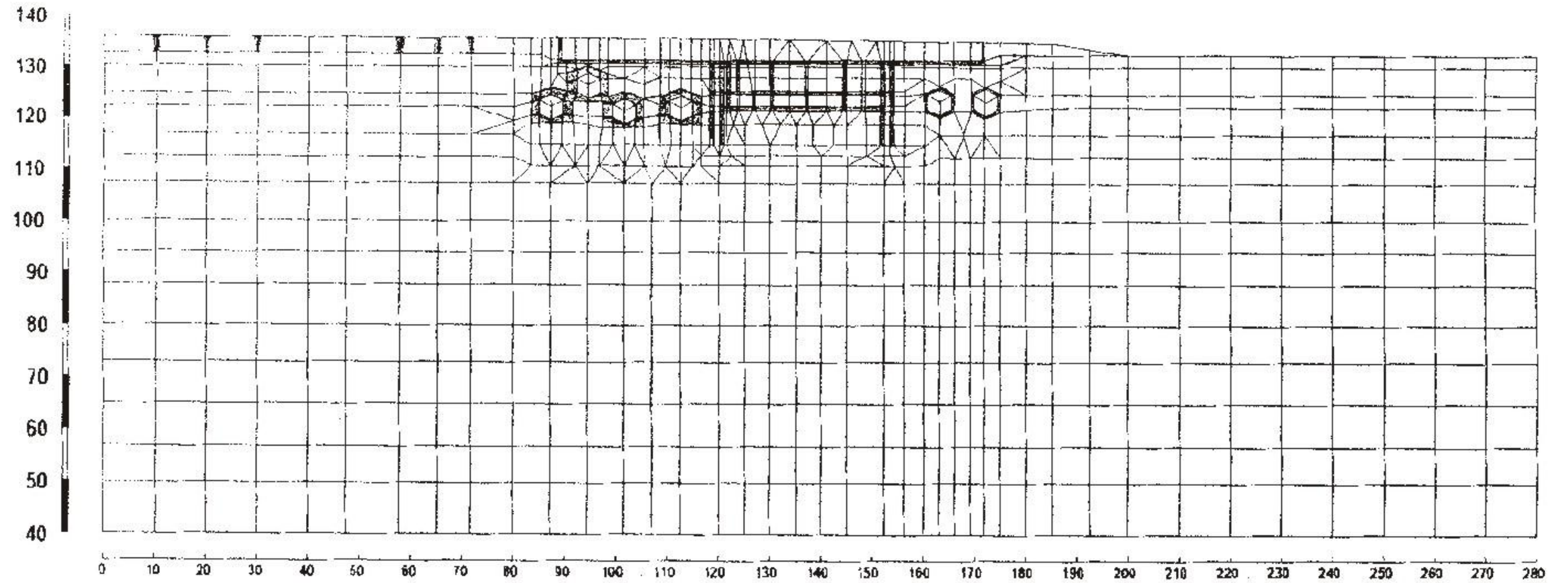


Изгибающие моменты в стене



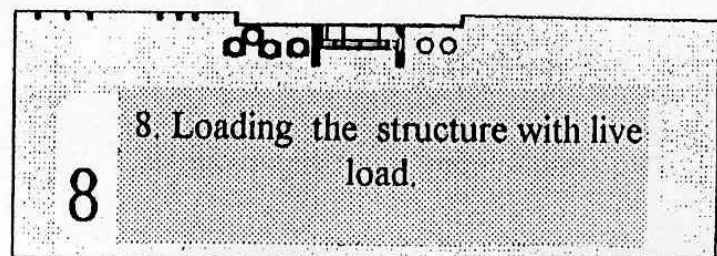
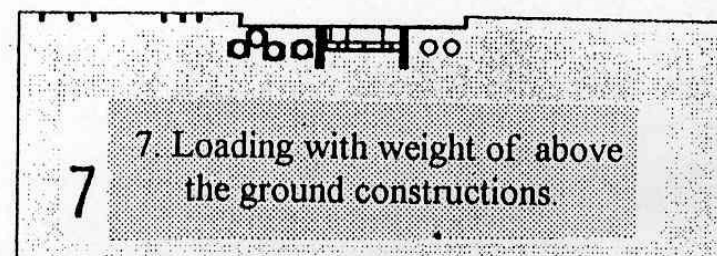
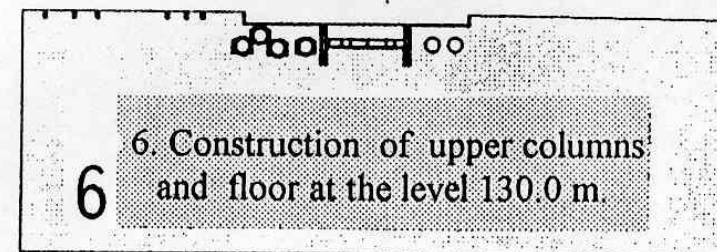
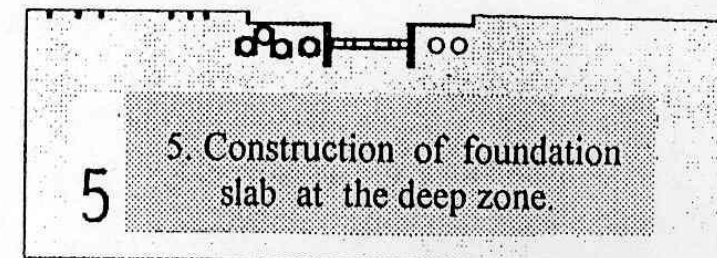
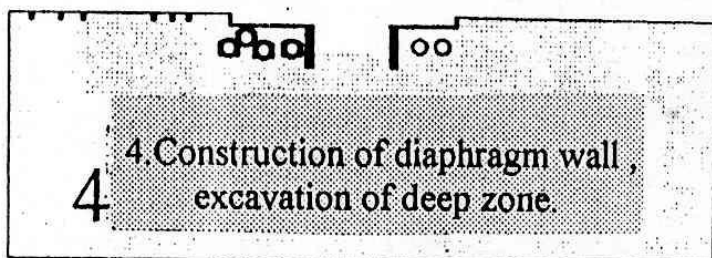
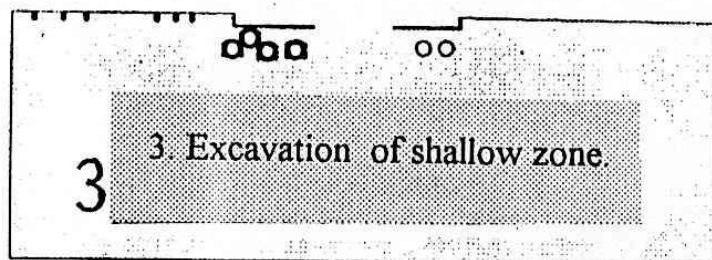
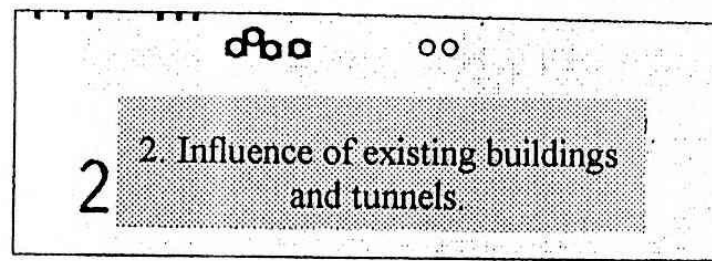
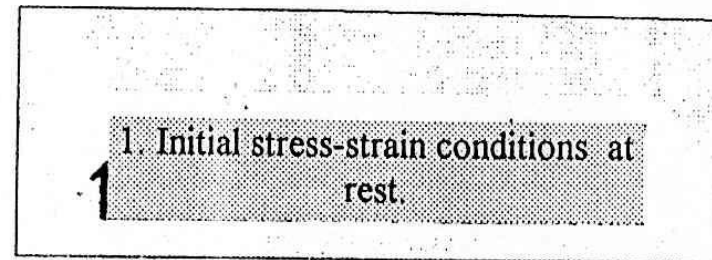
— - Вариант 1

- - - - - Вариант 2



**КЭ расчетная модель**





Этапы моделирования строительства подземной части

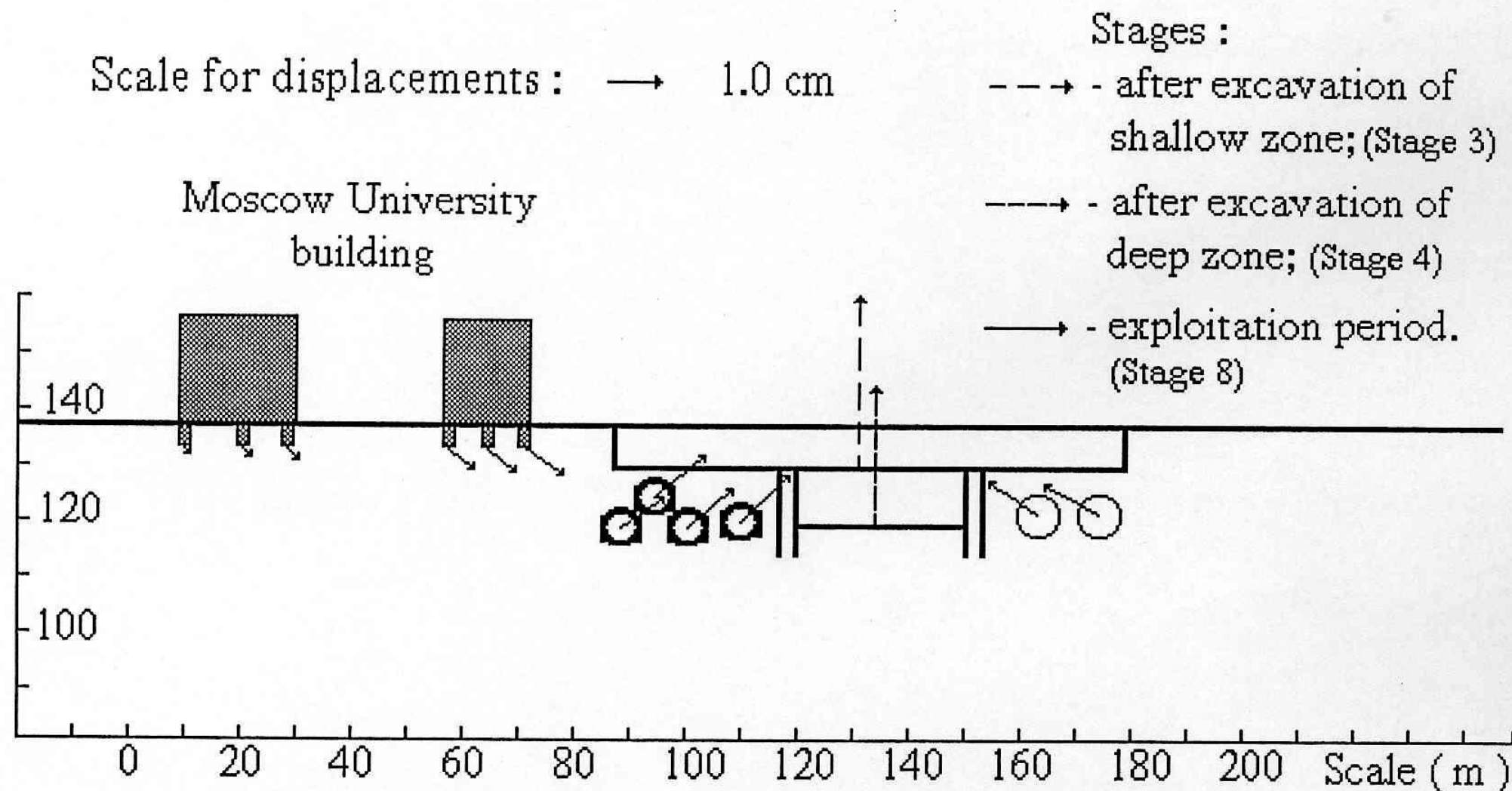
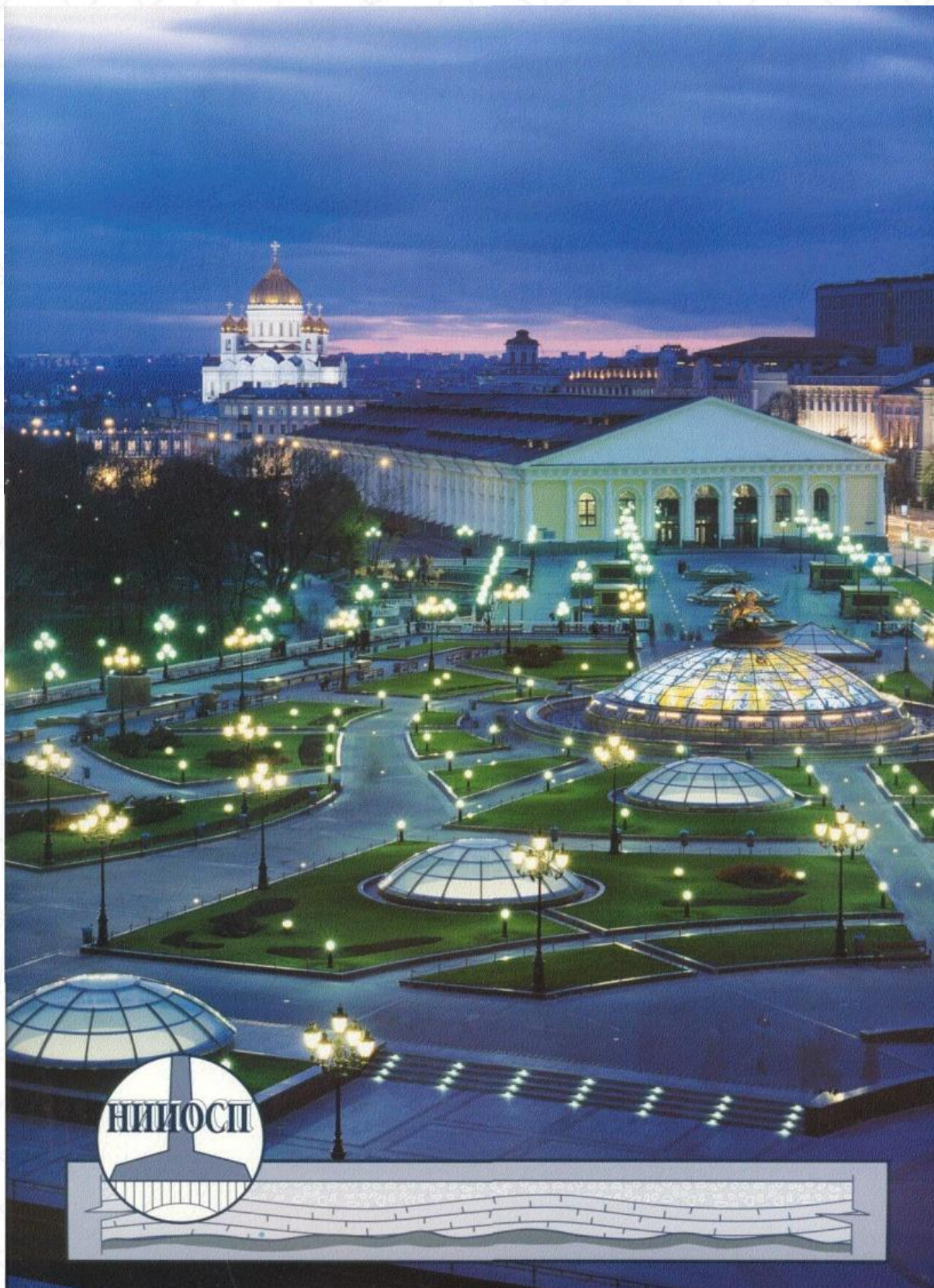


Figure 8 . Scheme of displacements in vector form

Результаты расчета на конечном этапе



Программа научного сопровождения включала:

Прогноз изменений гидрогеологического режима и мероприятия по сохранению существующих условий;

Прогноз влияния строительства на деформации существующих зданий и тоннелей метрополитена;

Разработку системы комплексного мониторинга на площадке;

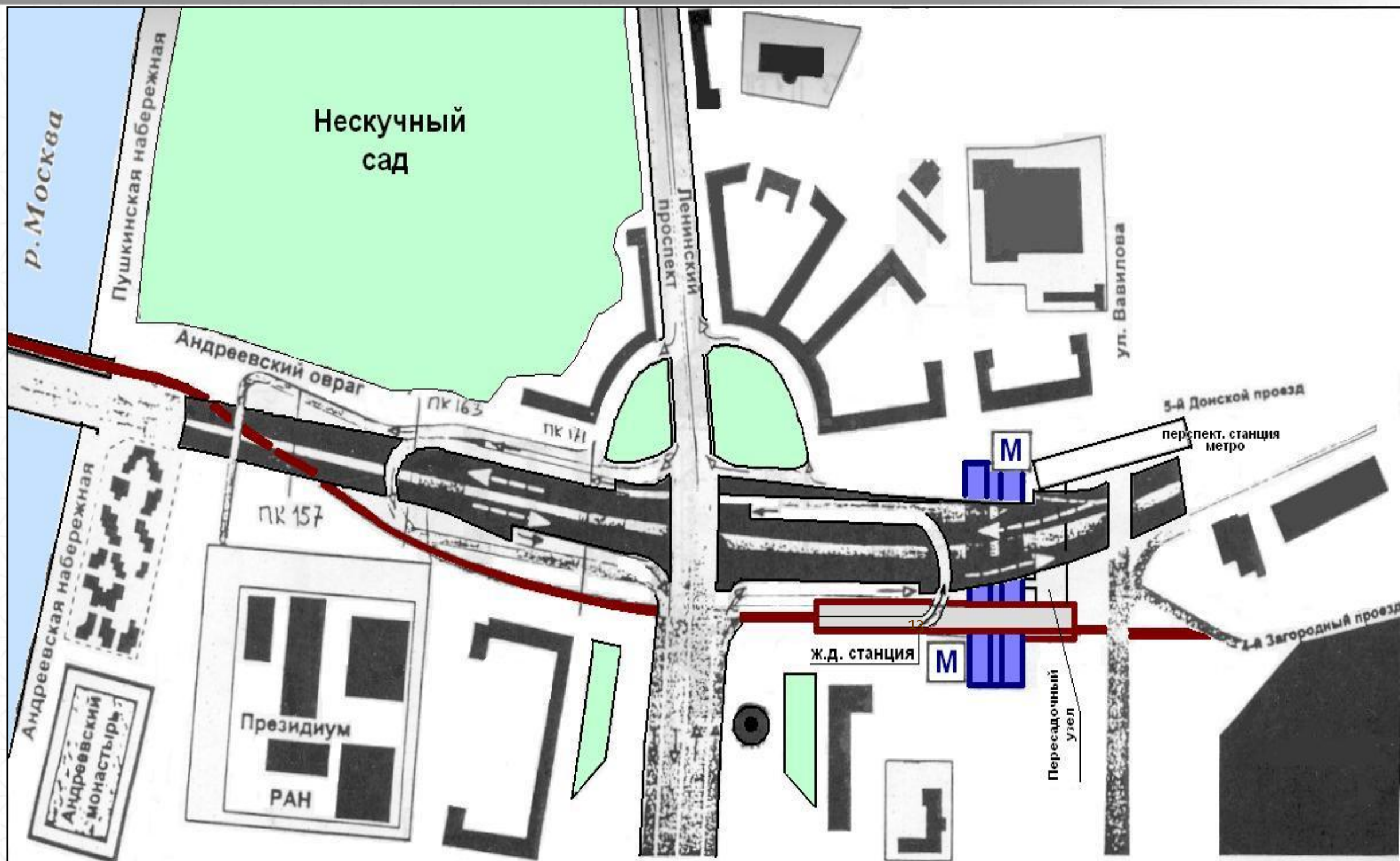
Разработку мероприятий по защите окружающих зданий и сооружений.

Один из первых проектов освоения подземного пространства г. Москвы, где использованы принципы технологической механики грунтов



**Влияние требований по  
ограничению деформаций  
окружающих зданий на  
конструкцию и технологию  
строящегося объекта**

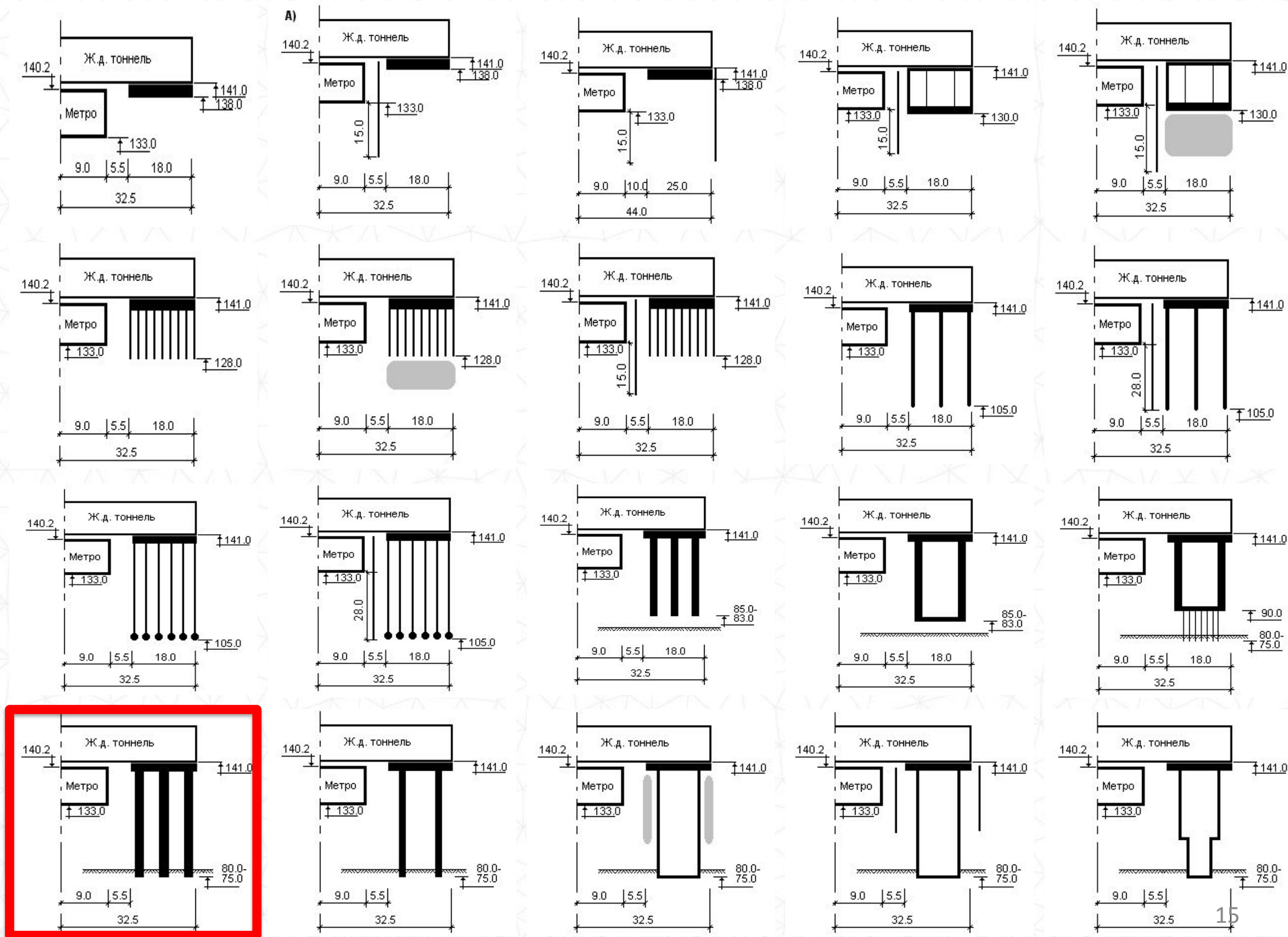
Проект транспортной развязки на пл. Гагарина  
Подземный мост для третьего транспортного кольца над станцией метро на  
пл. Гагарина в Москве

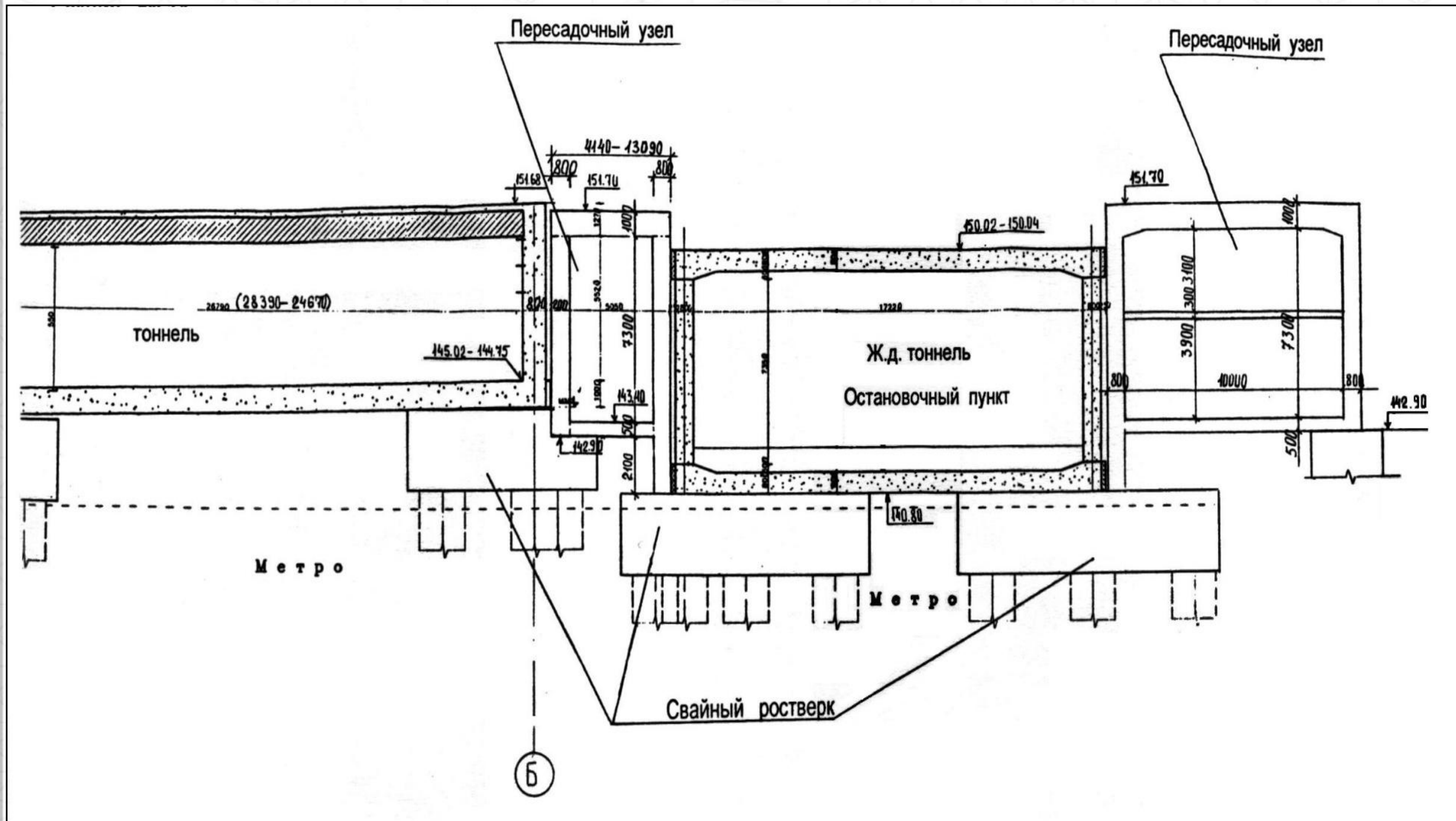


- Заказчик – ООО «Организатор»
- Ген. Проектировщик – ГУП «Мосинжпроект»
- Ген. Подрядчик – Корпорация ТРАНССТРОЙ

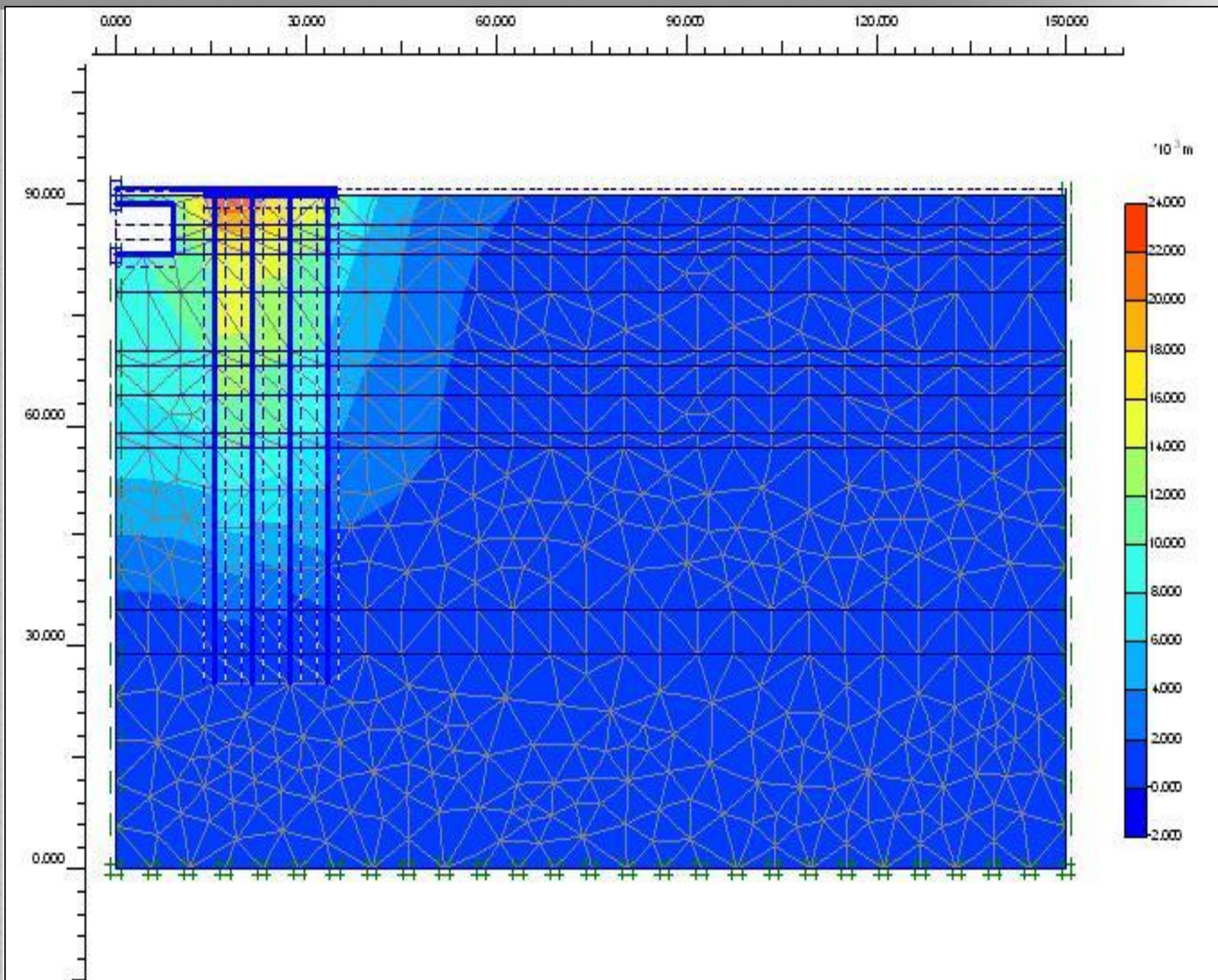


# Варианты устройства фундаментов на участке пересечения со станцией метро





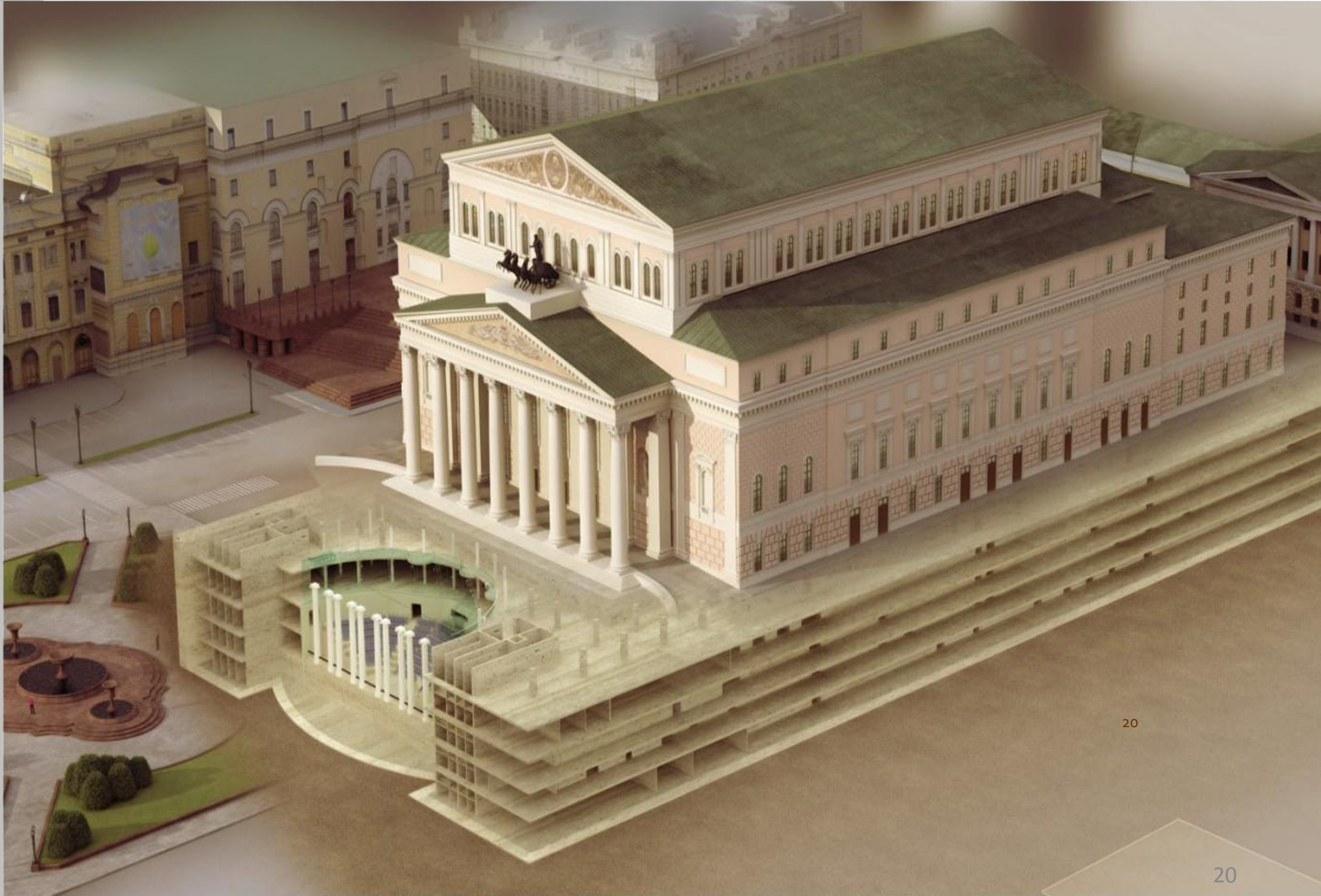








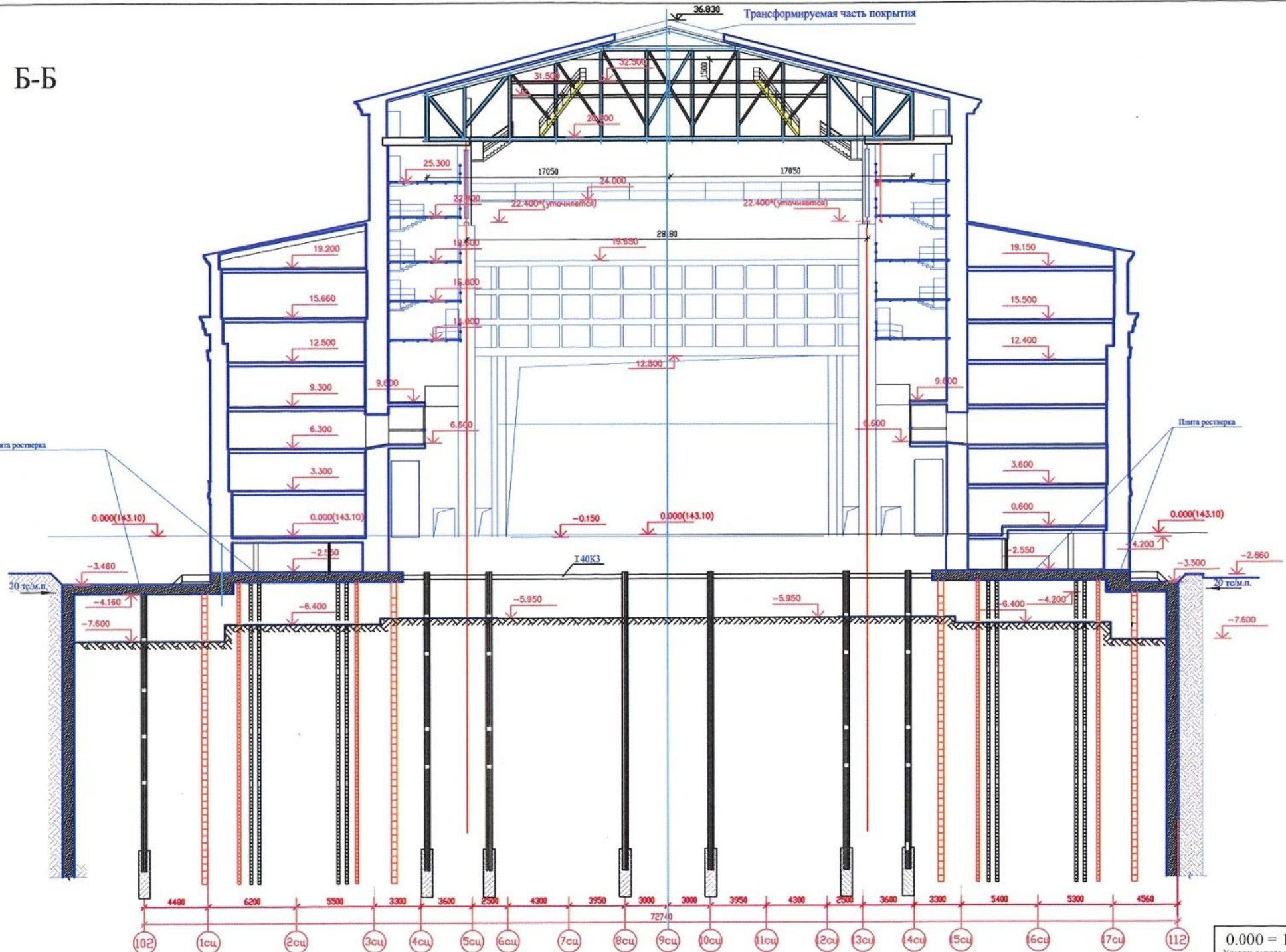
**Пересадка зданий на  
преднапряженные сваи как  
способ минимизации осадок  
при реконструкции**





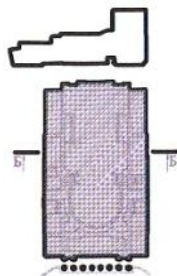
## РАЗРЕЗ Б-Б

- УРОВЕНЬ "9"
- УРОВЕНЬ "8"
- УРОВЕНЬ "7"
- УРОВЕНЬ "6"
- УРОВЕНЬ "5"
- УРОВЕНЬ "4"
- УРОВЕНЬ "3"
- УРОВЕНЬ "2"
- УРОВЕНЬ "1"
- УРОВЕНЬ "-1"
- УРОВЕНЬ "-2"



СОГЛАСОВАНО

Взам. инв. №	
Подпись и дата	
Инв. № подл.	



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- монолитные железобетонные конструкции
- свая ф400 мм
- свая заглубляемая ф219 мм
- монтажная металлическая колонна
- монтажная металлическая распорка
- монолитные железобетонные конструкции, 2 этап бетонирования
- вертикальная металлическая связь

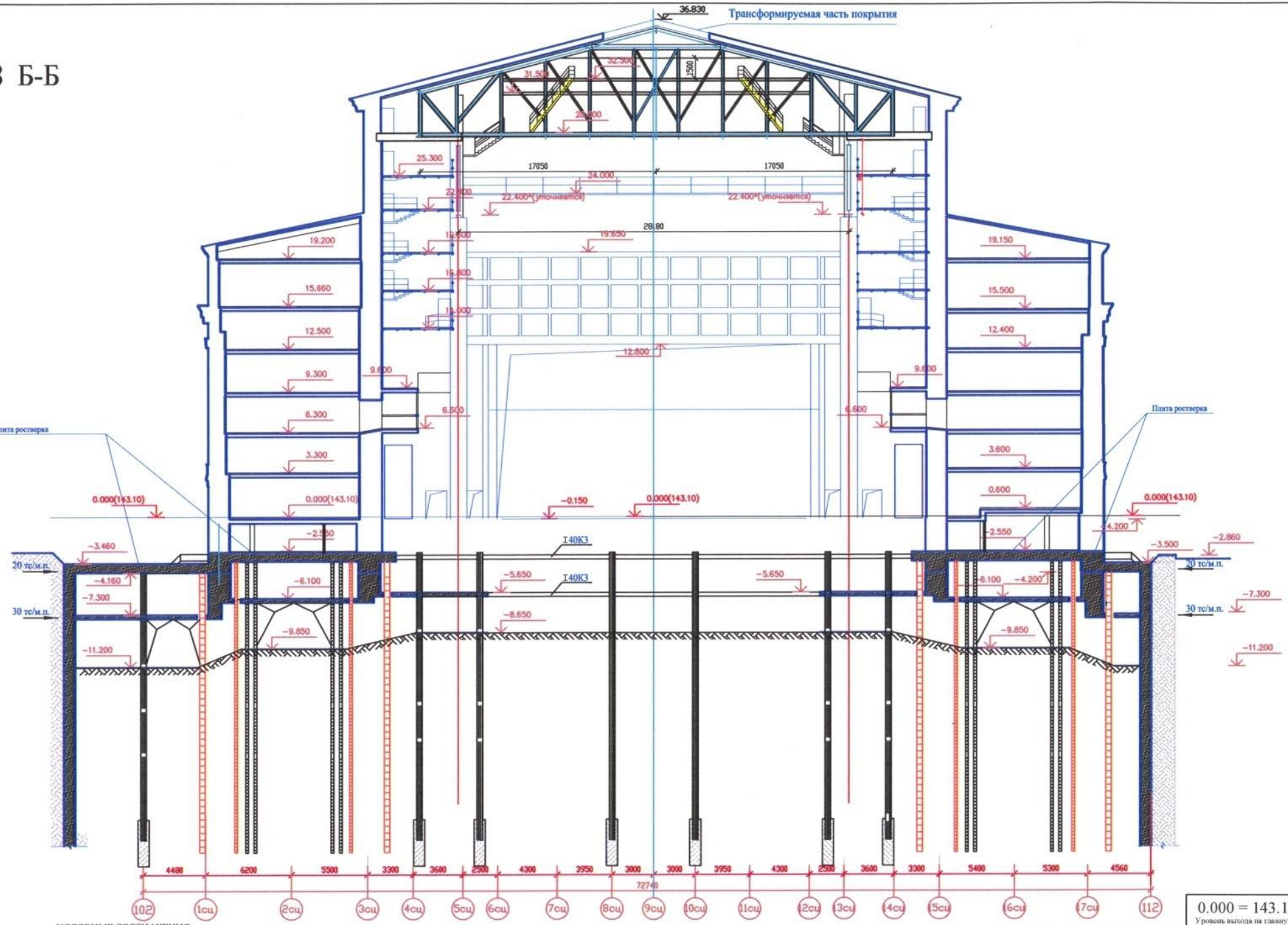
Согласовано:  
 Научный руководитель,  
 академик РААСН, д.т.н., проф. / Ильичев В.А.

					2003 - 2018 -				
					Реставрация и реконструкция 2-ой очереди комплекса зданий ГАБТа РФ.				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Каркас подземной части здания ГАБТ РФ	Стадия	Лист	Листов
Гл. констр.	Егоров А.И.						Р		
Вед. ГИП	Пеклев								
ГИП	Кутовой А.Ф.								
Рук. группы	Кутовой С.А.					Разрез Б-Б			
Проверил	Кирьязов					1 стадия строительства			
						21 000	"ПОДЕМПРОЕКТ"		
ФОРМАТ А2									



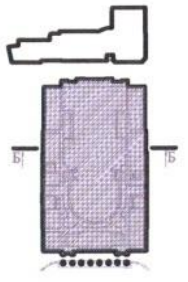
## РАЗРЕЗ Б-Б

- УРОВЕНЬ "9"
- УРОВЕНЬ "8"
- УРОВЕНЬ "7"
- УРОВЕНЬ "6"
- УРОВЕНЬ "5"
- УРОВЕНЬ "4"
- УРОВЕНЬ "3"
- УРОВЕНЬ "2"
- УРОВЕНЬ "1"
- УРОВЕНЬ "-1"
- УРОВЕНЬ "-2"
- УРОВЕНЬ "-3"



СОГЛАСОВАНО

Имя и дата	Имя и дата
Имя и дата	Имя и дата



- УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:
- монолитные железобетонные конструкции
  - свая ф400 мм
  - свая заглубляемая ф219 мм
  - монтажная металлическая колонна
  - монтажная металлическая распорка
  - монолитные железобетонные конструкции, 2 этап бетонирования
  - вертикальная металлическая связь

Согласовано:  
 Научный руководитель,  
 академик РААСН, д.т.н., проф. / Ильичев В.А.

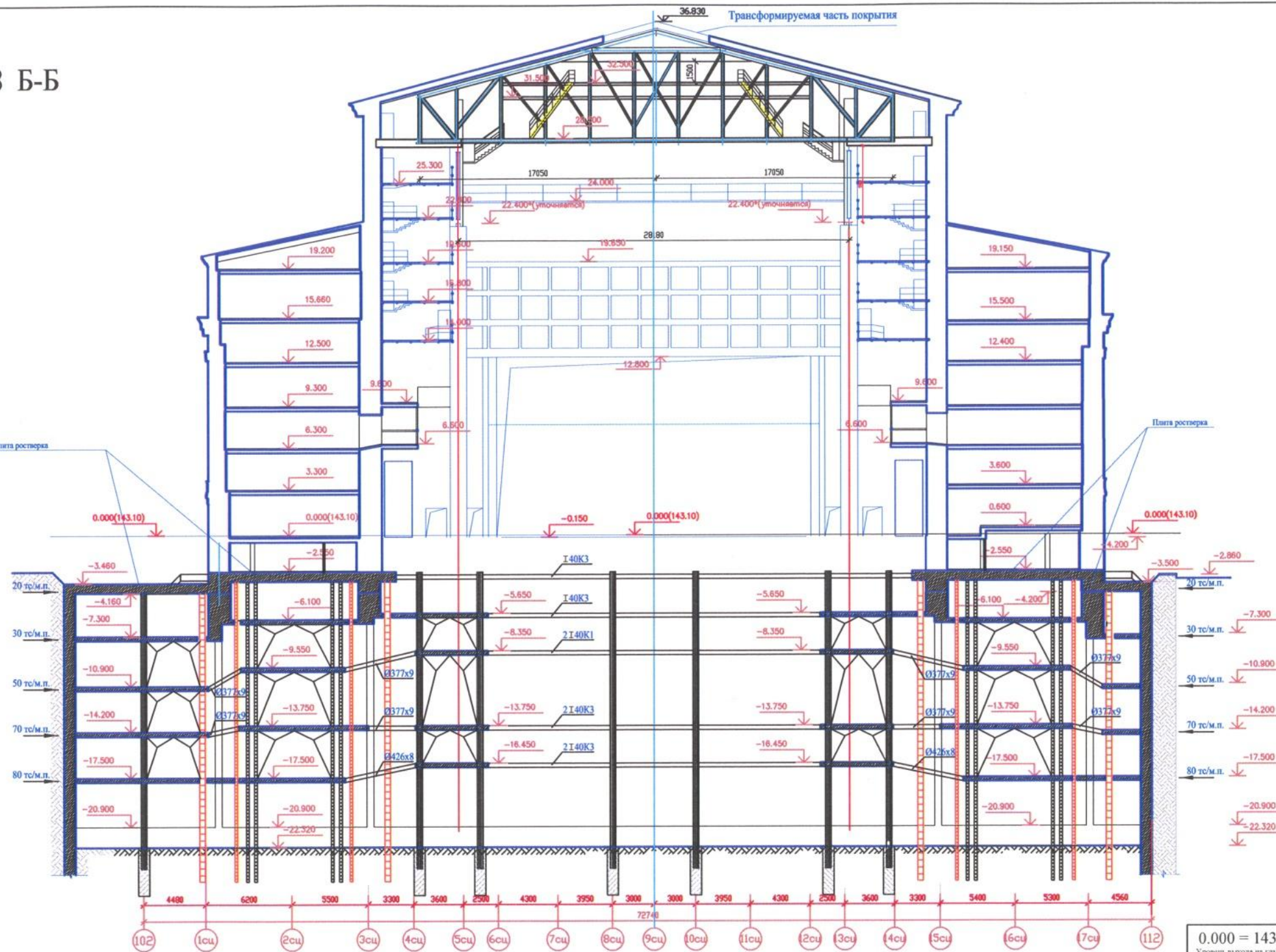
2003 - 2018 -					
Реставрация и реконструкция 2-ой очереди комплекса зданий ГАБТа РФ.					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Гл. констр.	Егоров А.И.				
Вед. ГИП	Пекшев				
ГИП	Кутовой А.Ф.				
Рук. группы	Кутовой С.А.				
Проверил	Кирилов				
Каркас подземной части здания ГАБТ РФ				Стadia	Лист
Разрез Б-Б				Р	22000
2 стадия строительства				"ПОДЗЕМПРОЕКТ"	

0.000 = 143.100  
 Уровень выхода на главную стену



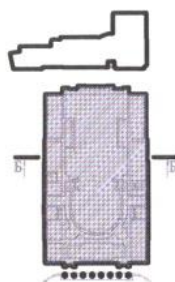
## РАЗРЕЗ Б-Б

- УРОВЕНЬ "9"
- УРОВЕНЬ "8"
- УРОВЕНЬ "7"
- УРОВЕНЬ "6"
- УРОВЕНЬ "5"
- УРОВЕНЬ "4"
- УРОВЕНЬ "3"
- УРОВЕНЬ "2"
- УРОВЕНЬ "1"
- УРОВЕНЬ "-1"
- УРОВЕНЬ "-2"
- УРОВЕНЬ "-3"
- УРОВЕНЬ "-4"
- УРОВЕНЬ "-5"
- УРОВЕНЬ "-6"



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- монолитные железобетонные конструкции
- свая ф400 мм
- свая заглубляемая ф219 мм
- монтажная металлическая колонна
- монтажная металлическая распорка
- монолитные железобетонные конструкции, 2 этап бетонирования
- вертикальная металлическая связь

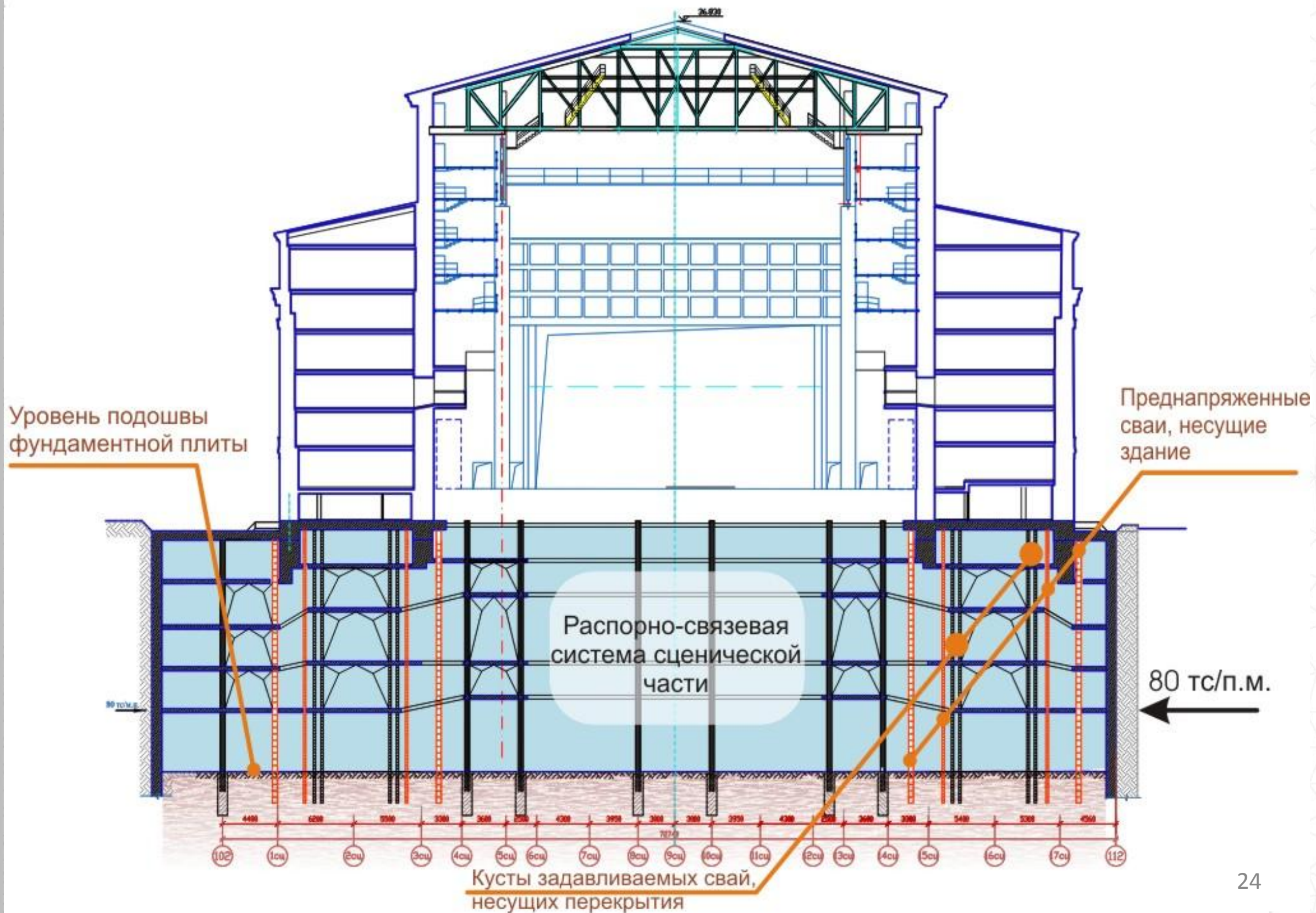


Согласовано:  
 Научный руководитель,  
 академик РААСН, д.т.н., проф. / Ильичев В.А.

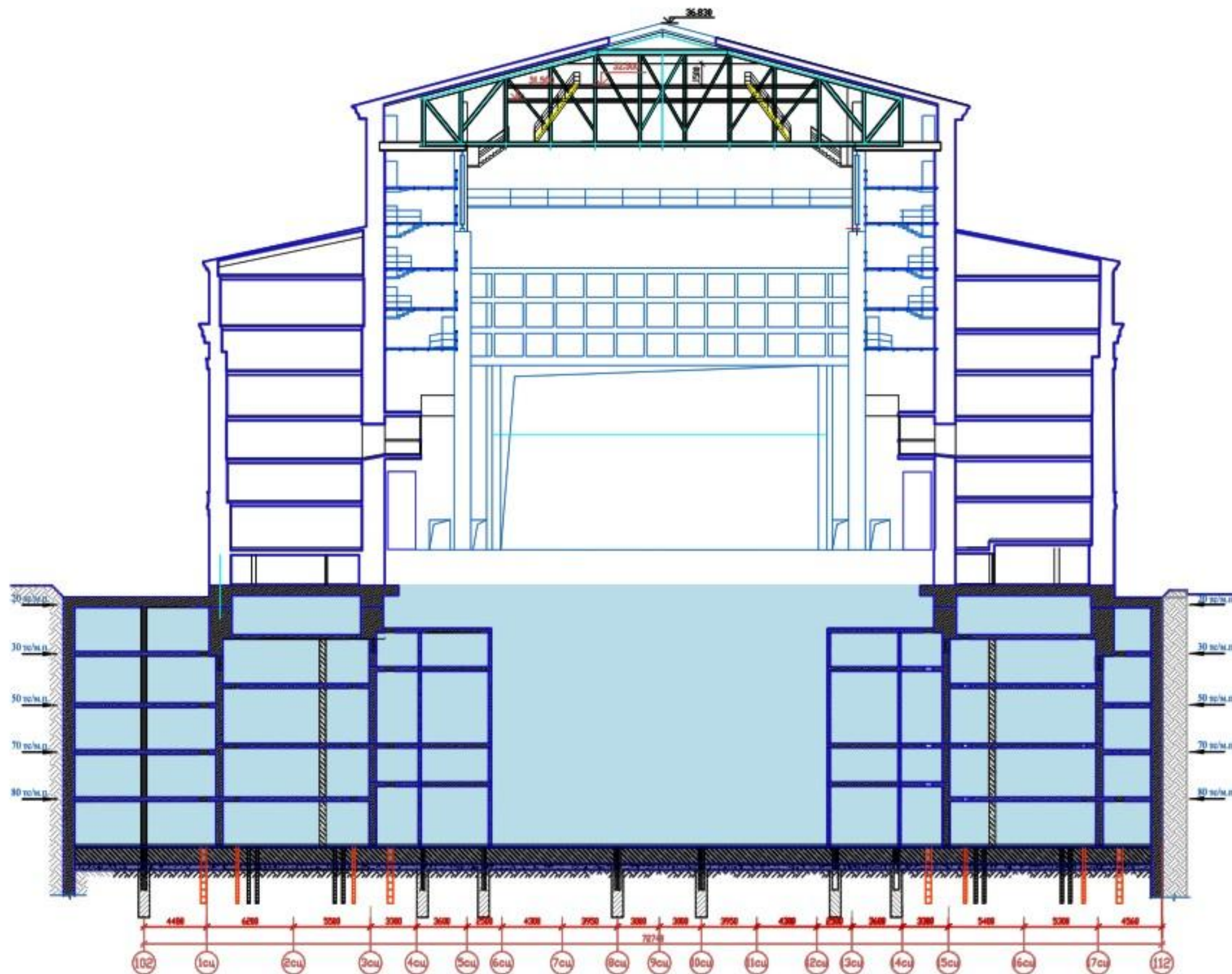
Изм.	Колуч.	Лист	М. док.	Подп.	Дата
Гл. констр.	Егоров А.И.				
Вед. ГИП	Пеклев				
ГИП	Кутовой А.Ф.				
Рук. группы	Кутовой С.А.				
Проверил	Кириков				

2003 - 2018 - КСО - 1		
Реставрация и реконструкция 2-ой очереди комплекса зданий ГАБТа РФ.		
Каркас подземной части здания ГАБТ РФ	Стадия	Лист
	Р	24и
Разрез Б-Б	23.000	
"ПОДЗЕМПРОЕКТ"		

0.000 = 143.1000  
 Уровень выхода на главную сцену



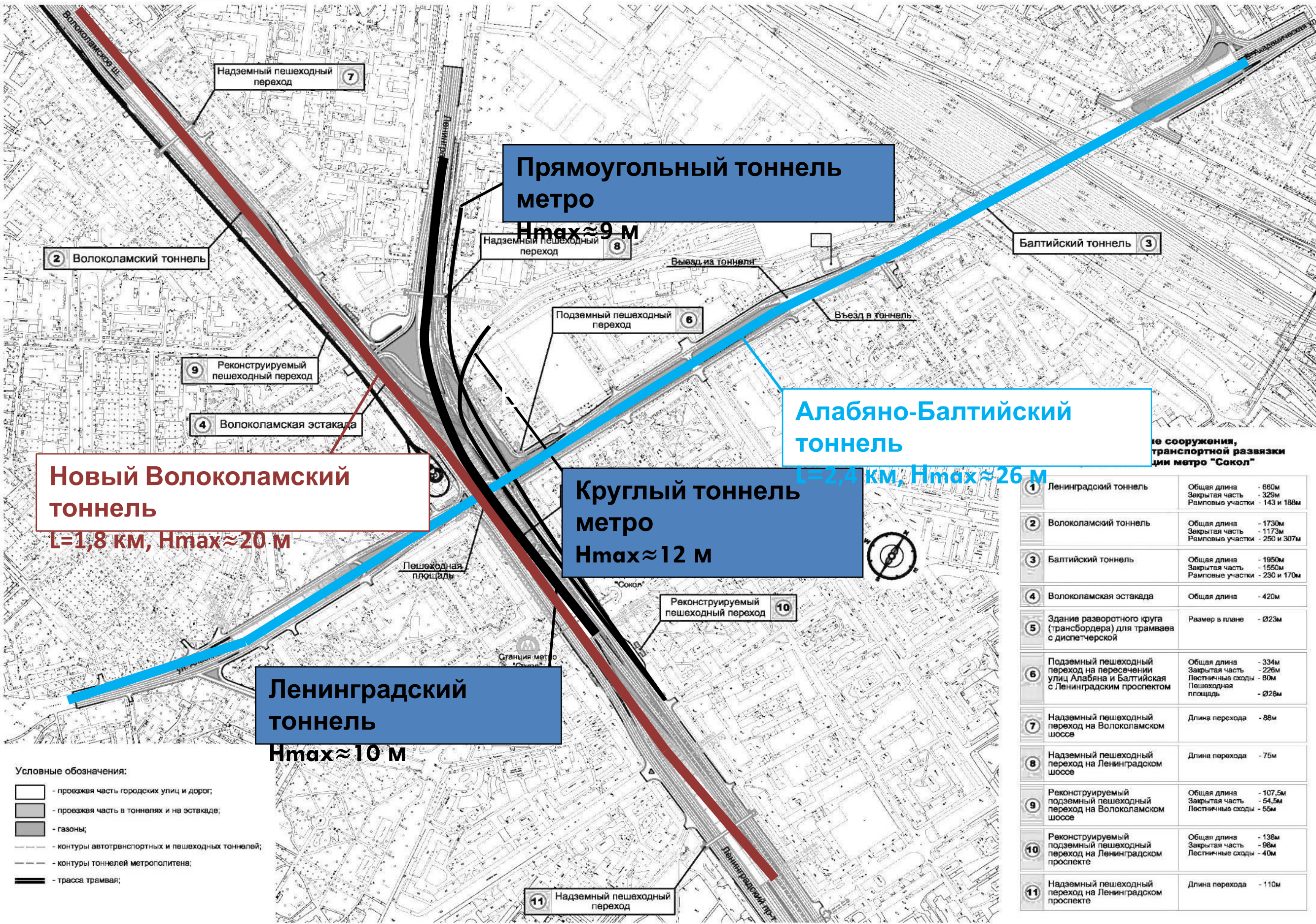






**Расчет конструкций Алабяно-  
балтийского тоннеля в  
водонасыщенных песках в городе  
Москве**

# СИТУАЦИОННЫЙ ПЛАН ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ В РАЙОНЕ СТАНЦИИ МЕТРО "СОКОЛ" М 1:2000



**Прямоугольный тоннель метро**  
H<sub>max</sub> ≈ 9 м

**Алабяно-Балтийский тоннель**  
L=2,4 км, H<sub>max</sub> ≈ 26 м

**Новый Волоколамский тоннель**  
L=1,8 км, H<sub>max</sub> ≈ 20 м

**Круглый тоннель метро**  
H<sub>max</sub> ≈ 12 м

**Ленинградский тоннель**  
H<sub>max</sub> ≈ 10 м

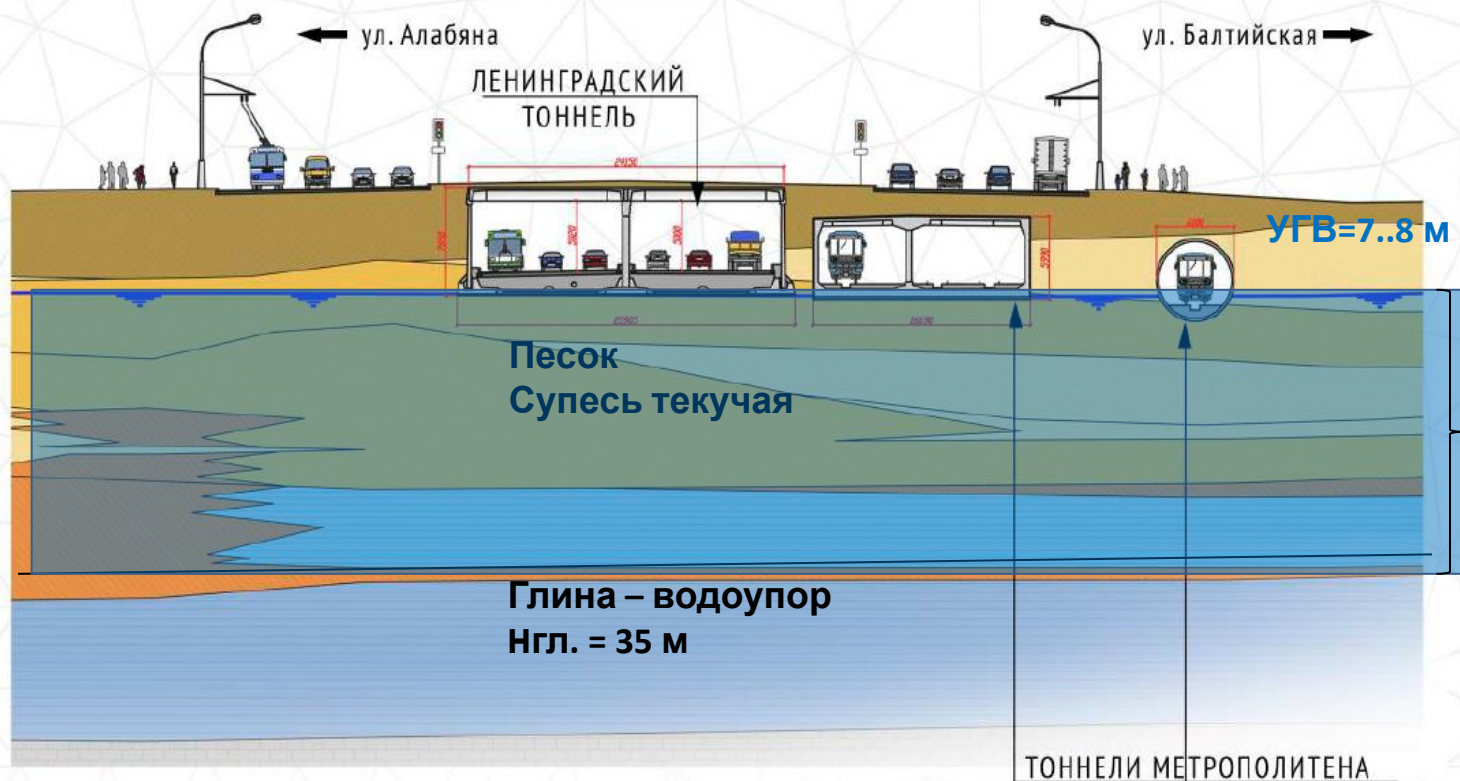
11 объектов, в том числе транспортная развязка для метро "Сокол"

1	Ленинградский тоннель	Общая длина - 680м Закрытая часть - 329м Рамповые участки - 143 и 188м
2	Волоколамский тоннель	Общая длина - 1730м Закрытая часть - 1173м Рамповые участки - 250 и 307м
3	Балтийский тоннель	Общая длина - 1950м Закрытая часть - 1550м Рамповые участки - 230 и 170м
4	Волоколамская эстакада	Общая длина - 420м
5	Здание разворотного круга (трансбордера) для трамваев с диспетчерской	Размер в плане - Ø23м
6	Подземный пешеходный переход на пересечении улиц Алабяна и Балтийская с Ленинградским проспектом	Общая длина - 334м Закрытая часть - 226м Лестничные сходы - 80м Пешеходная площадь - Ø26м
7	Надземный пешеходный переход на Волоколамском шоссе	Длина перехода - 88м
8	Надземный пешеходный переход на Ленинградском шоссе	Длина перехода - 75м
9	Реконструируемый подземный пешеходный переход на Волоколамском шоссе	Общая длина - 107,5м Закрытая часть - 54,5м Лестничные сходы - 55м
10	Реконструируемый подземный пешеходный переход на Ленинградском проспекте	Общая длина - 138м Закрытая часть - 98м Лестничные сходы - 40м
11	Надземный пешеходный переход на Ленинградском проспекте	Длина перехода - 110м

- Условные обозначения:
- проезжая часть городских улиц и дорог;
  - проезжая часть в тоннелях и на эстакаде;
  - газоны;
  - контуры автотранспортных и пешеходных тоннелей;
  - контуры тоннелей метрополитена;
  - трасса трамвая;



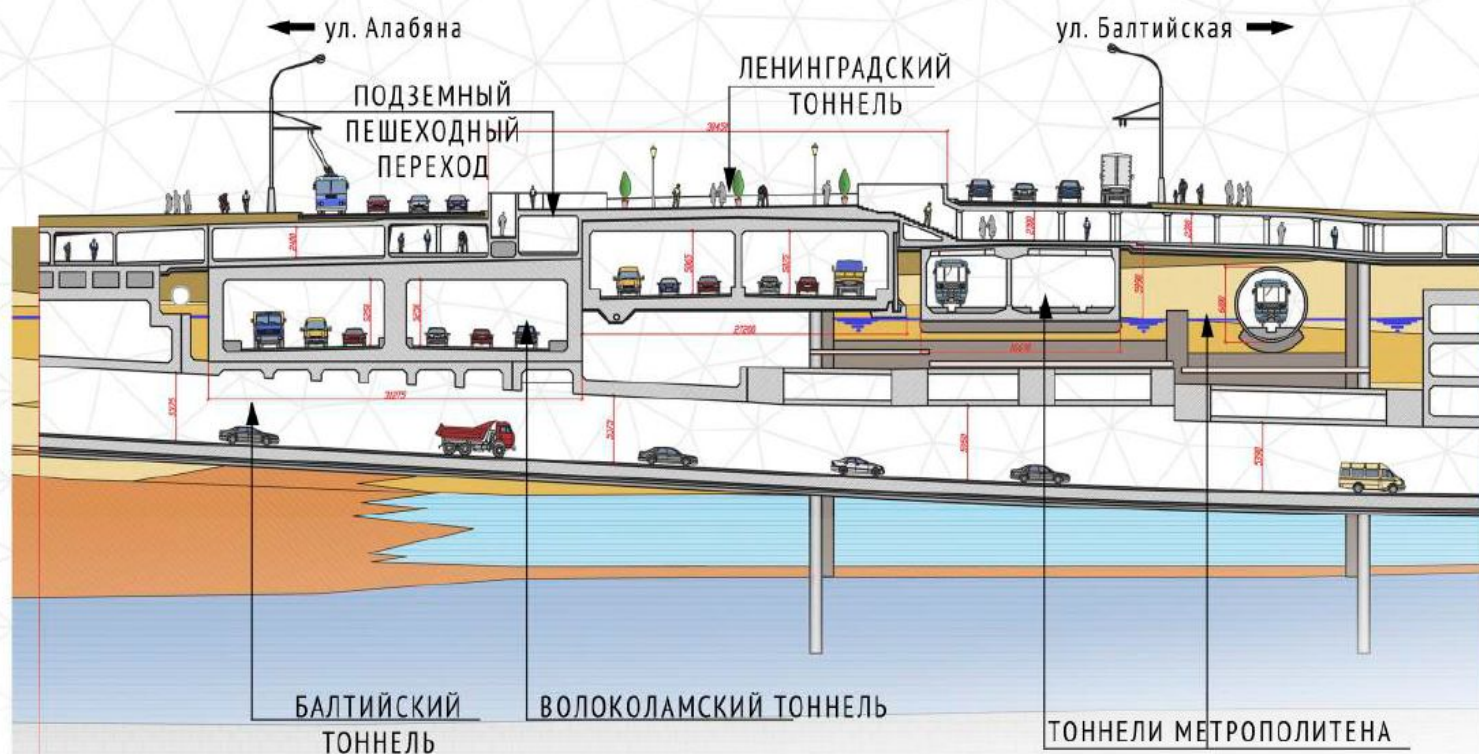
Исходное состояние



Осложняющие условия строительства:

- с глубины 7 м до 30 м слагают водонасыщенные пески и текучие супеси
- котлованы глубиной до 26 м в плотной городской застройке

Реализованное проектное решение



- проходка под действующими линиями метро

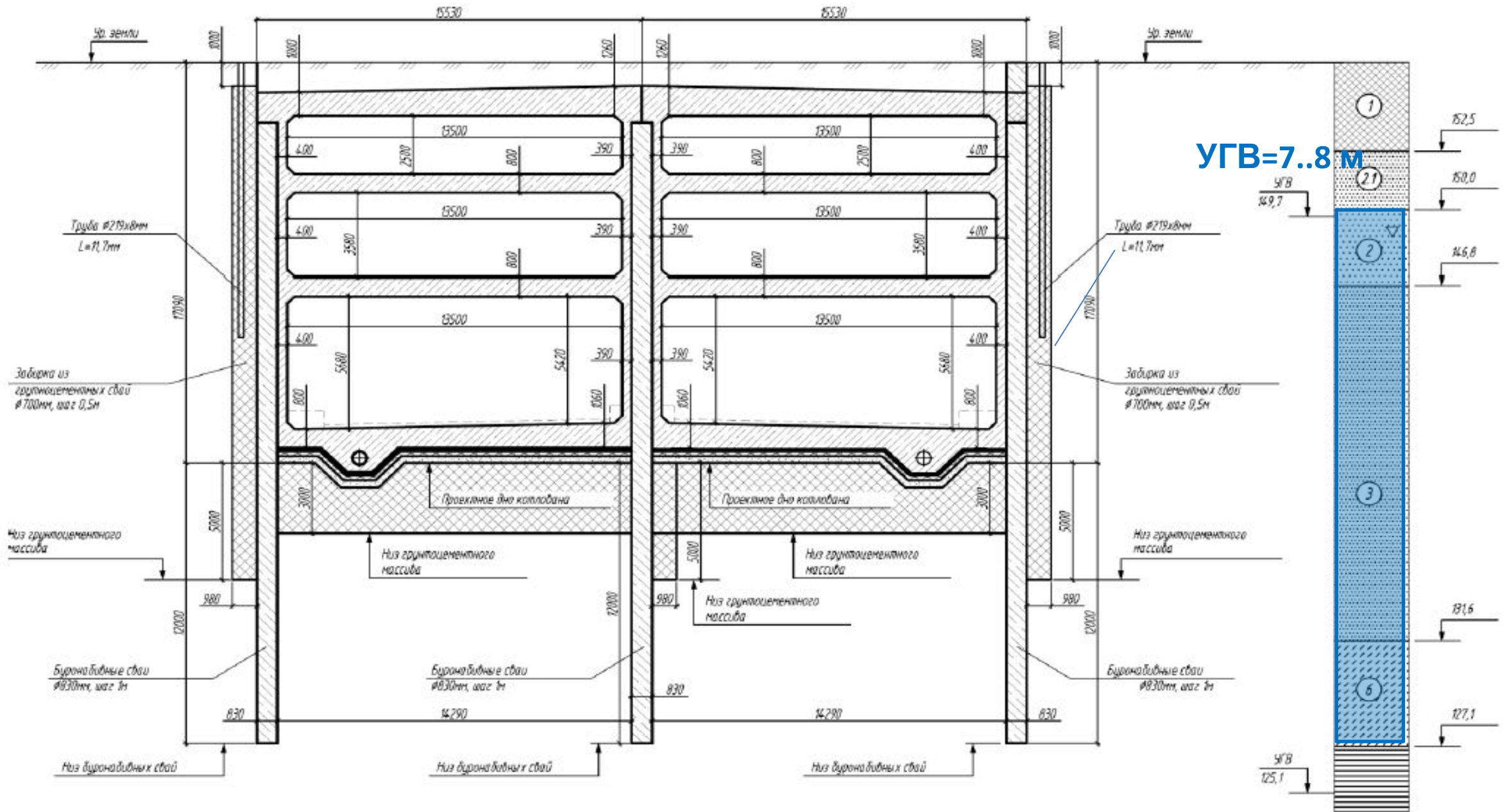
Нв=19м

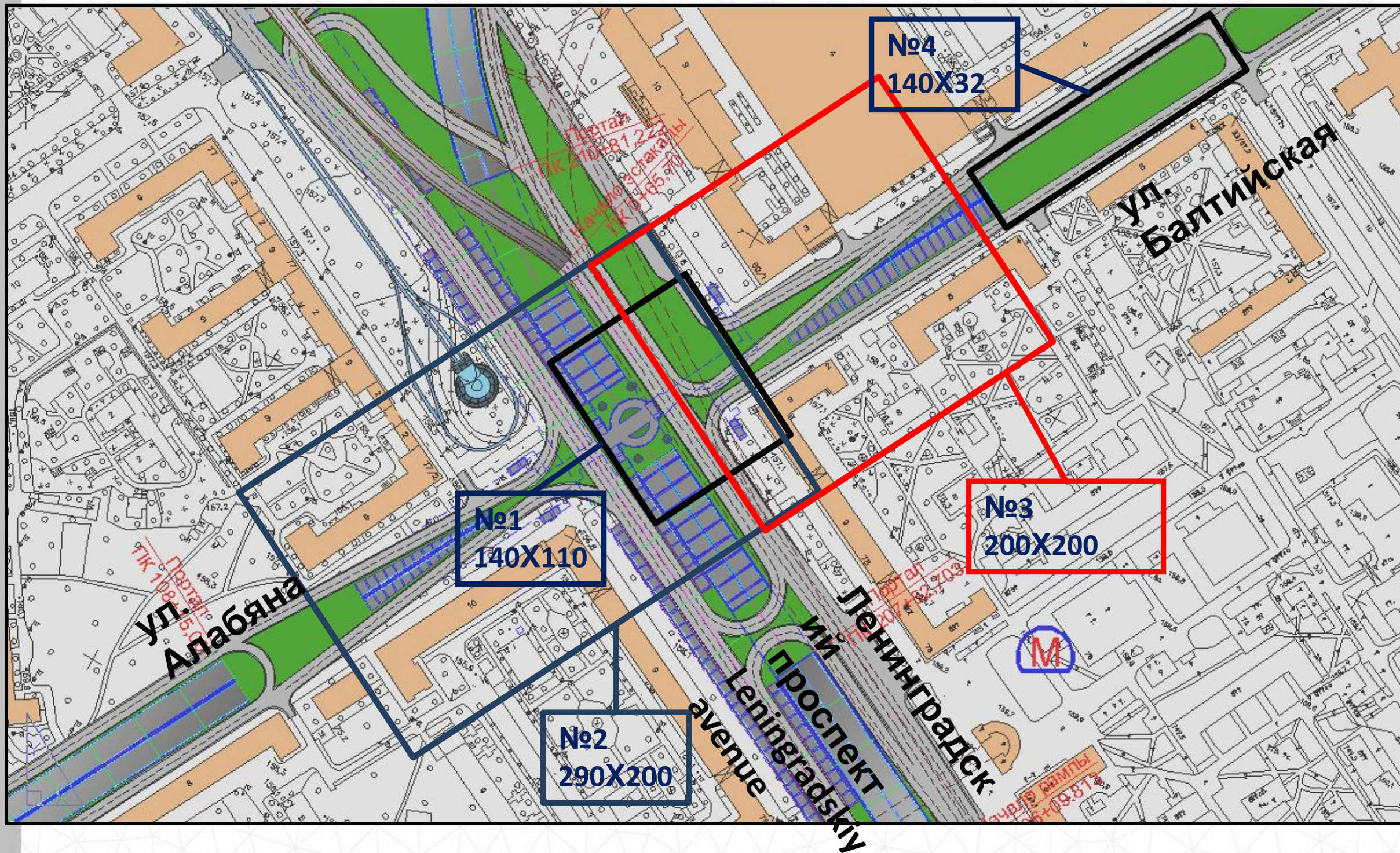


- 1. Устройство котлованов на глубину до 26 м в водонасыщенных песках и супесях**
- 2. Осуществление закрытой проходки тоннеля под действующими Ленинградским а/м тоннелем , прямоугольным ж/б и круглым чугунным Тоннелями метро без прекращения их работы**
- 2. Обеспечение минимального воздействия на гидрогеологический режим**
- 3. Обеспечение сохранности зданий окружающей застройки**

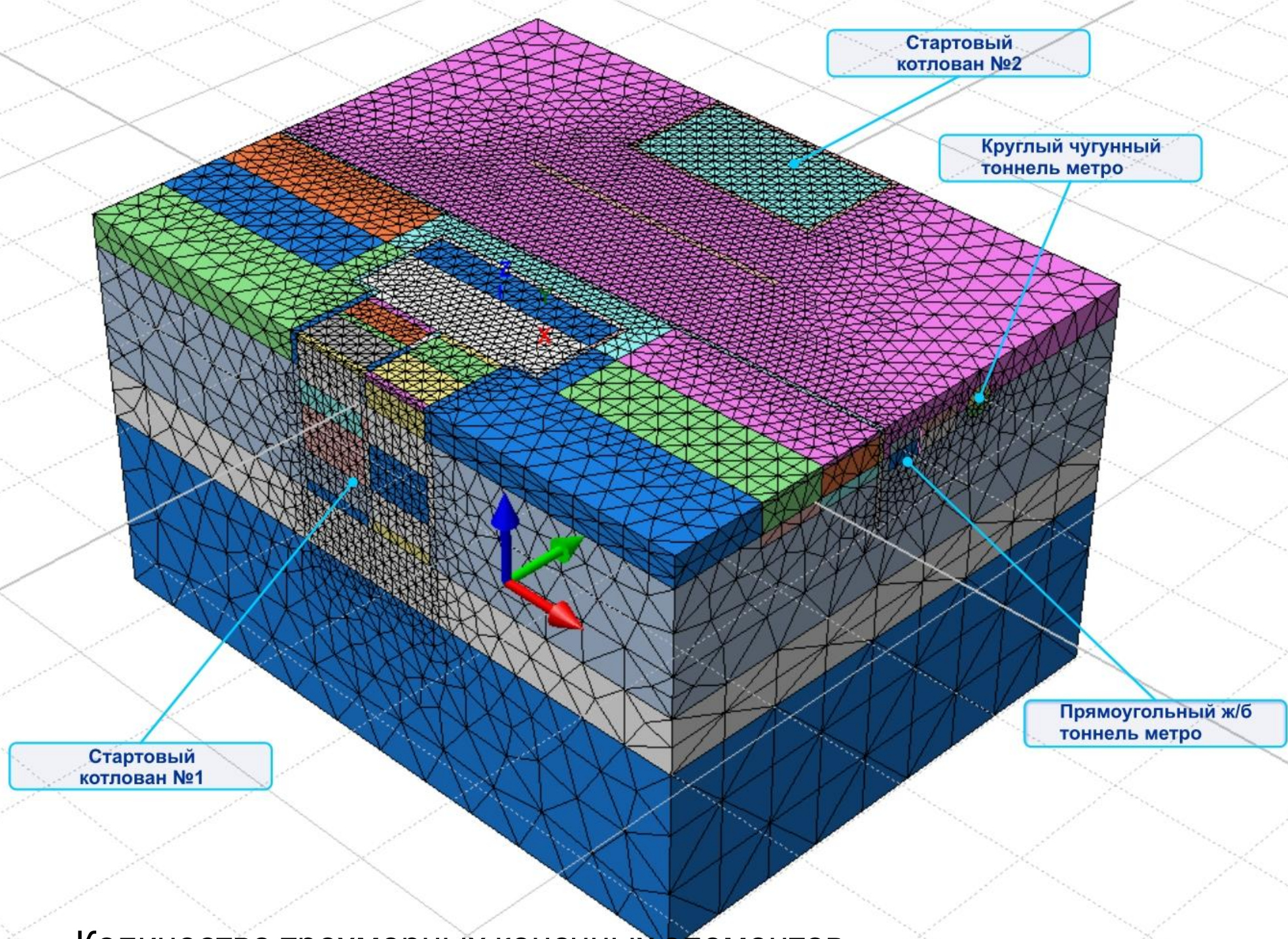
# Технические решения по строительству тоннеля

## Якосток открытого способа работ





№1-№4 – Расчетные области

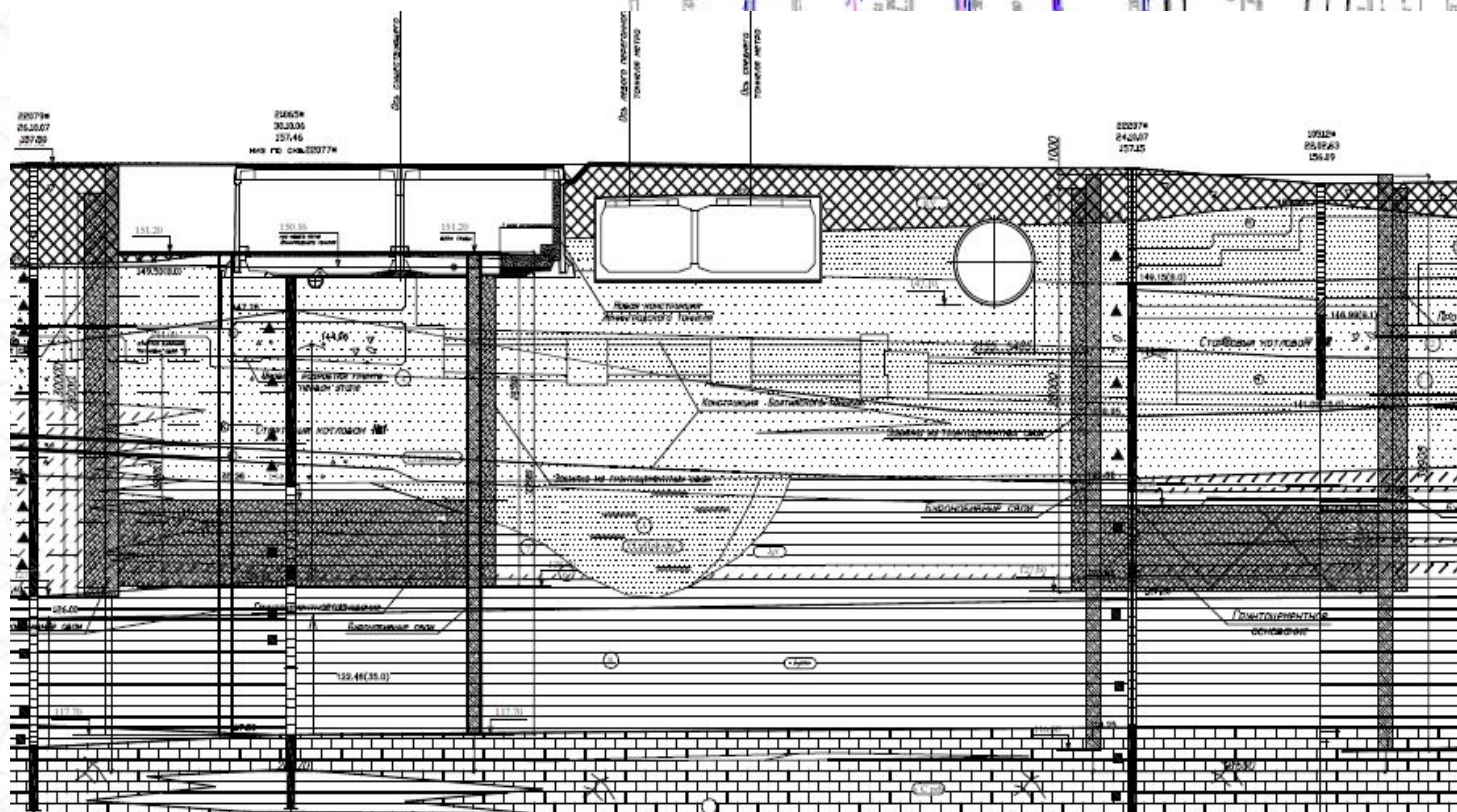
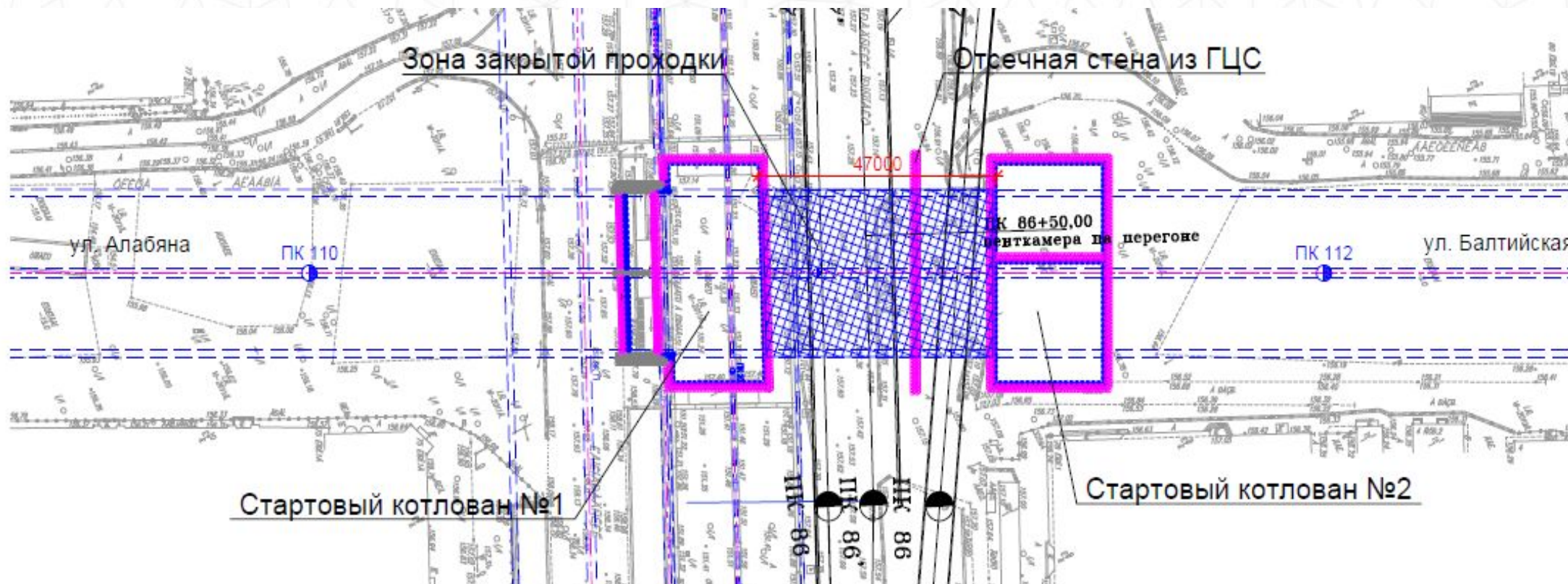


Количество трехмерных конечных элементов –  
466486

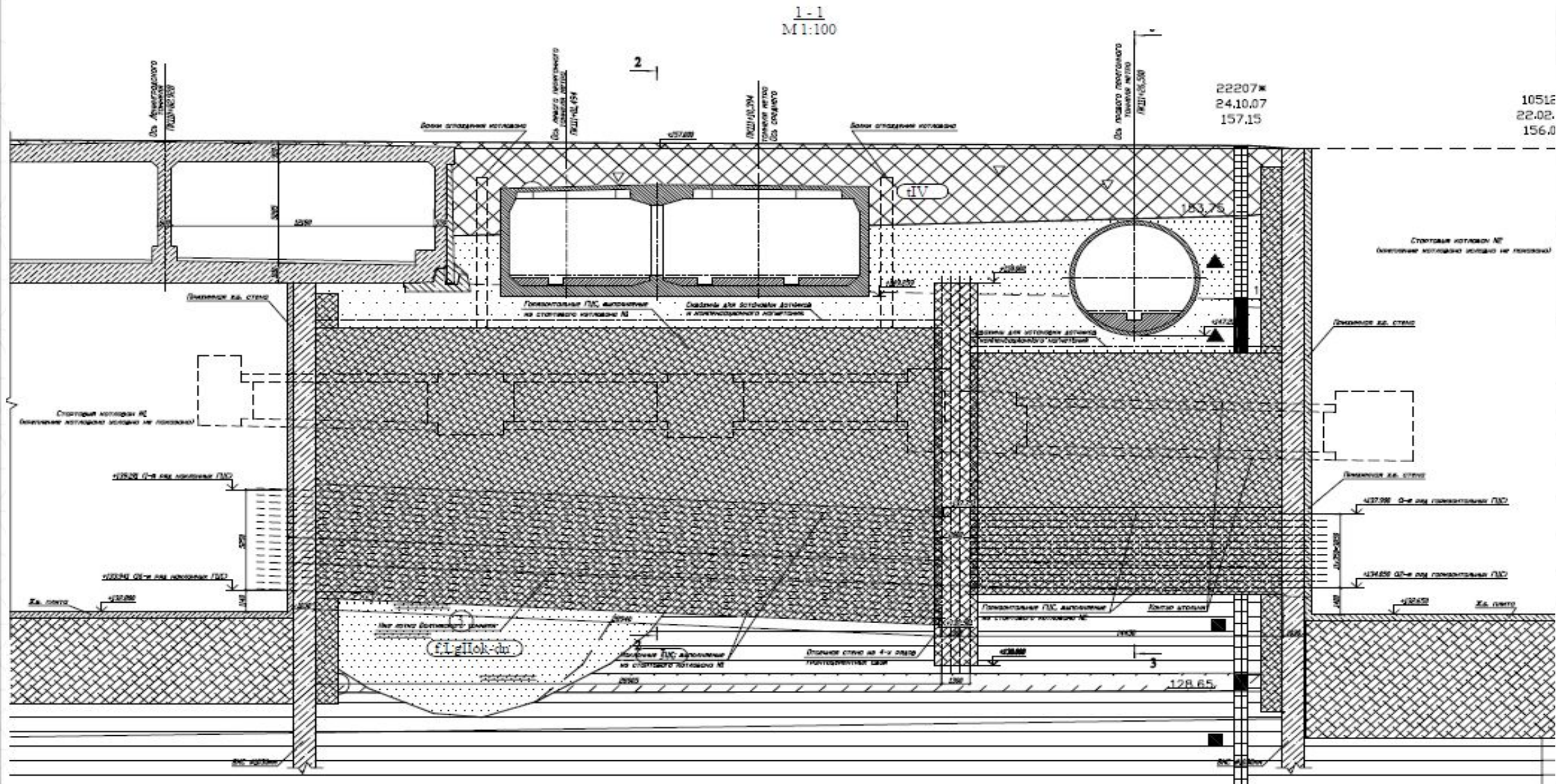
Количество узлов - 81370



# Технические решения по строительству тоннеля закрытого способа работ

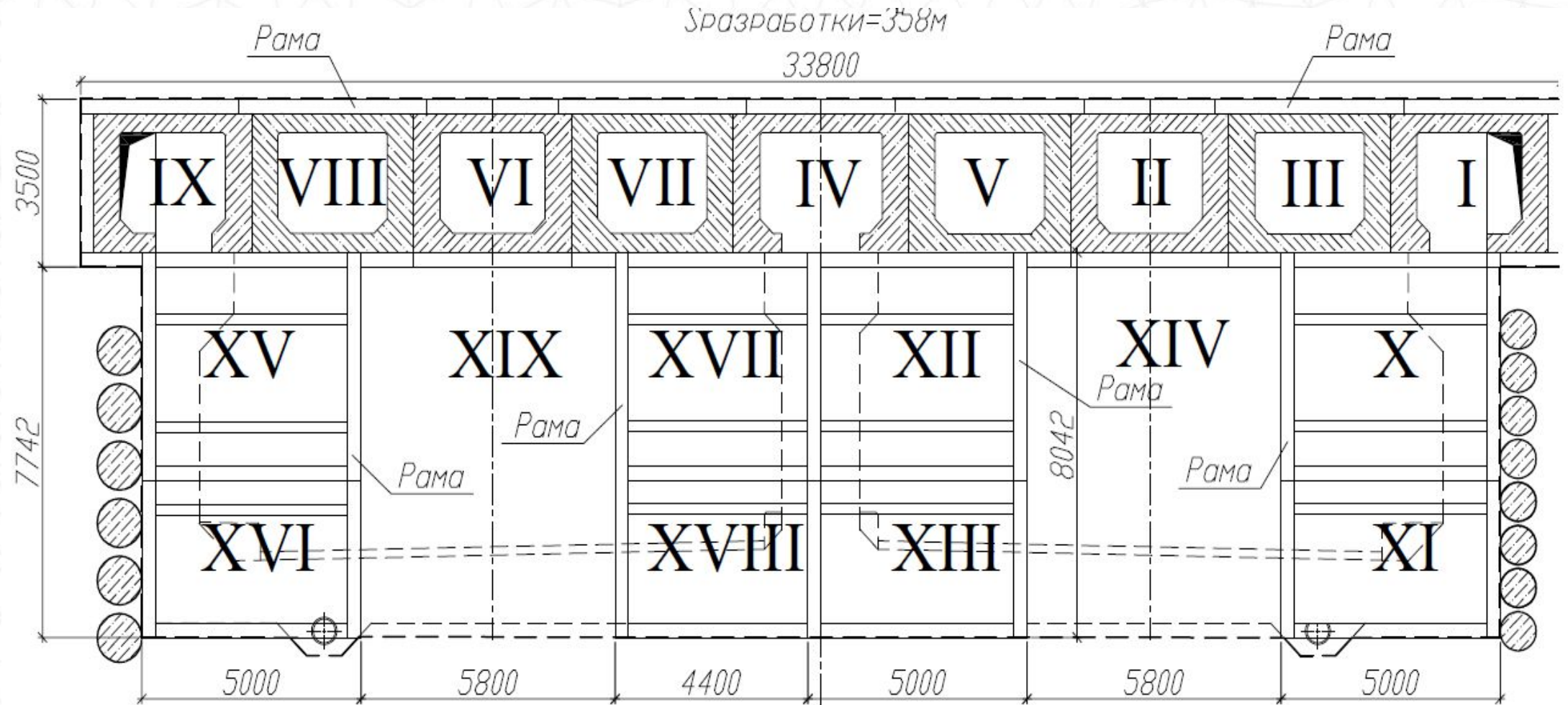


# Технические решения по строительству тоннеля участок закрытого способа работ

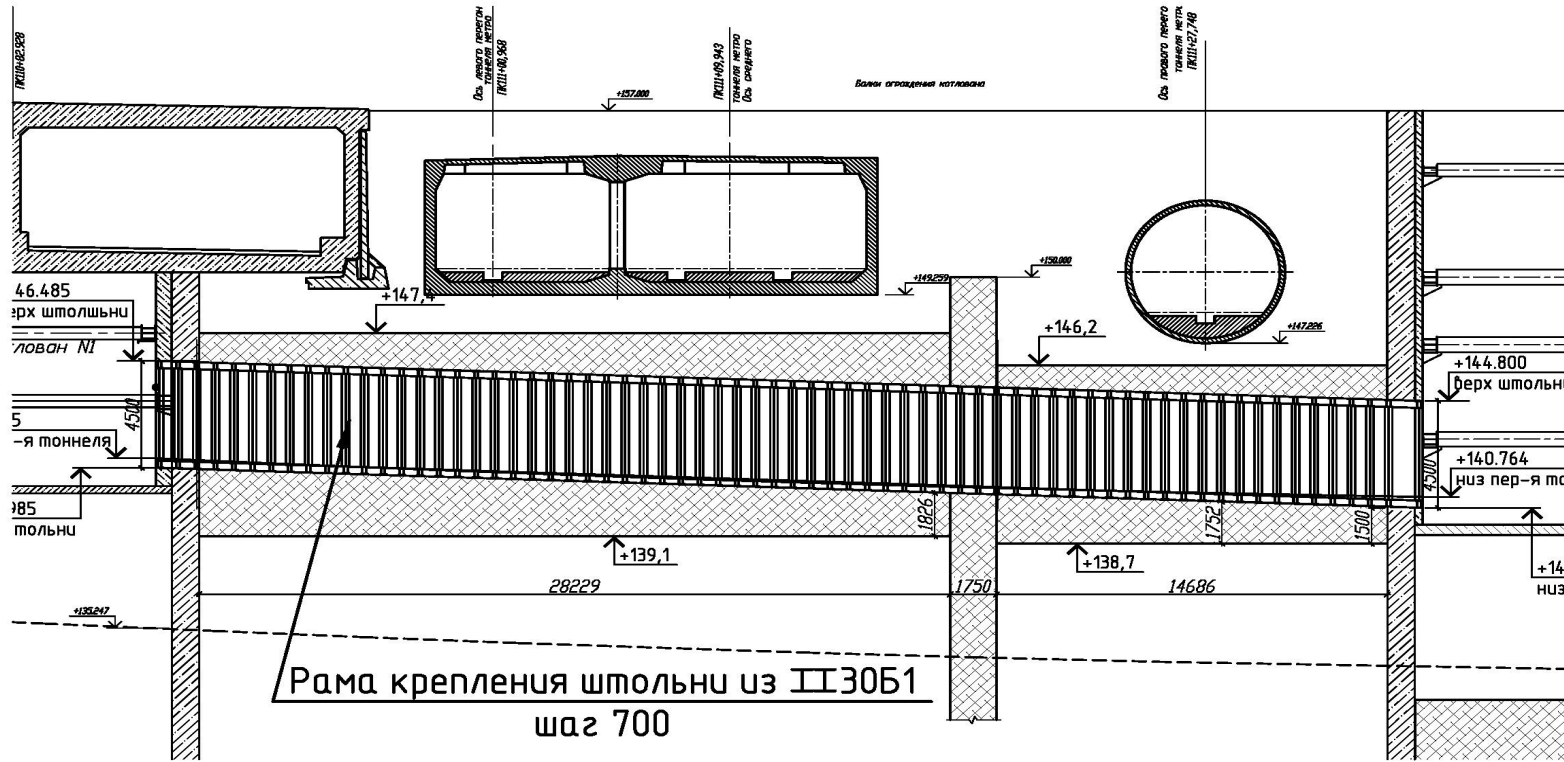




Проходка под метро  
Последовательность  
в проходки

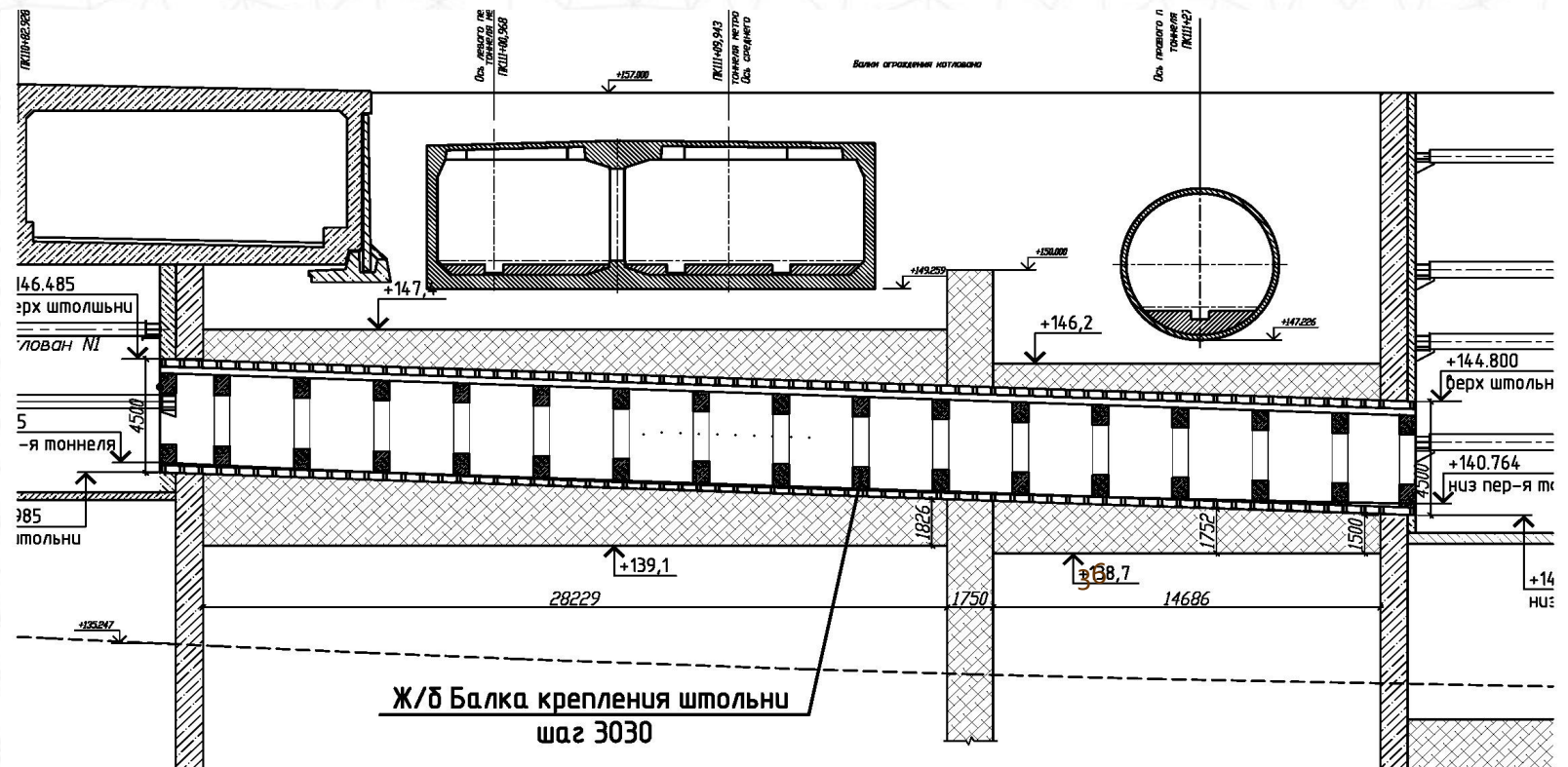


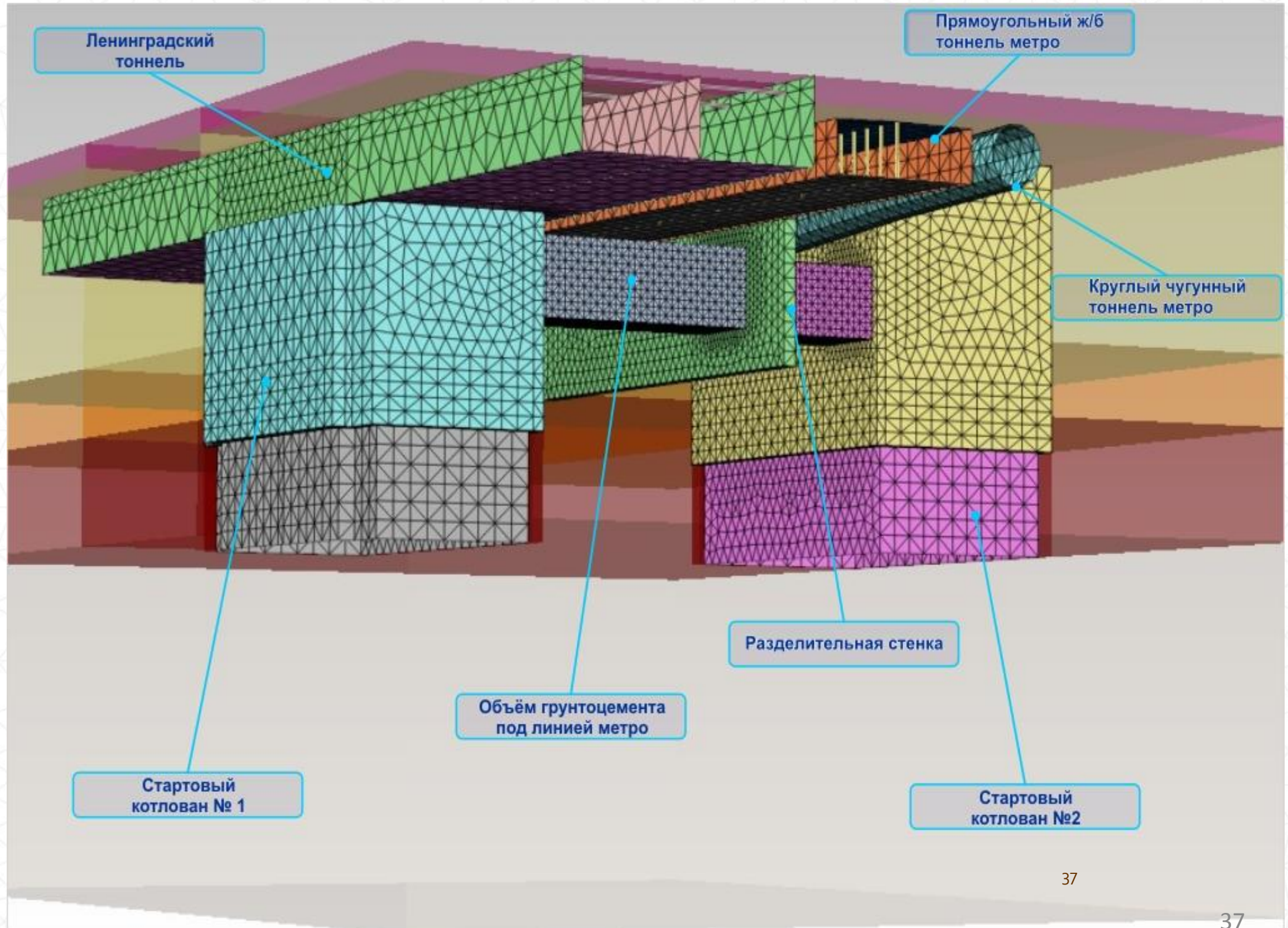
# Разрез по штольне с металлическими рамами (1) Разрез по штольне с ж/б рамами (1)

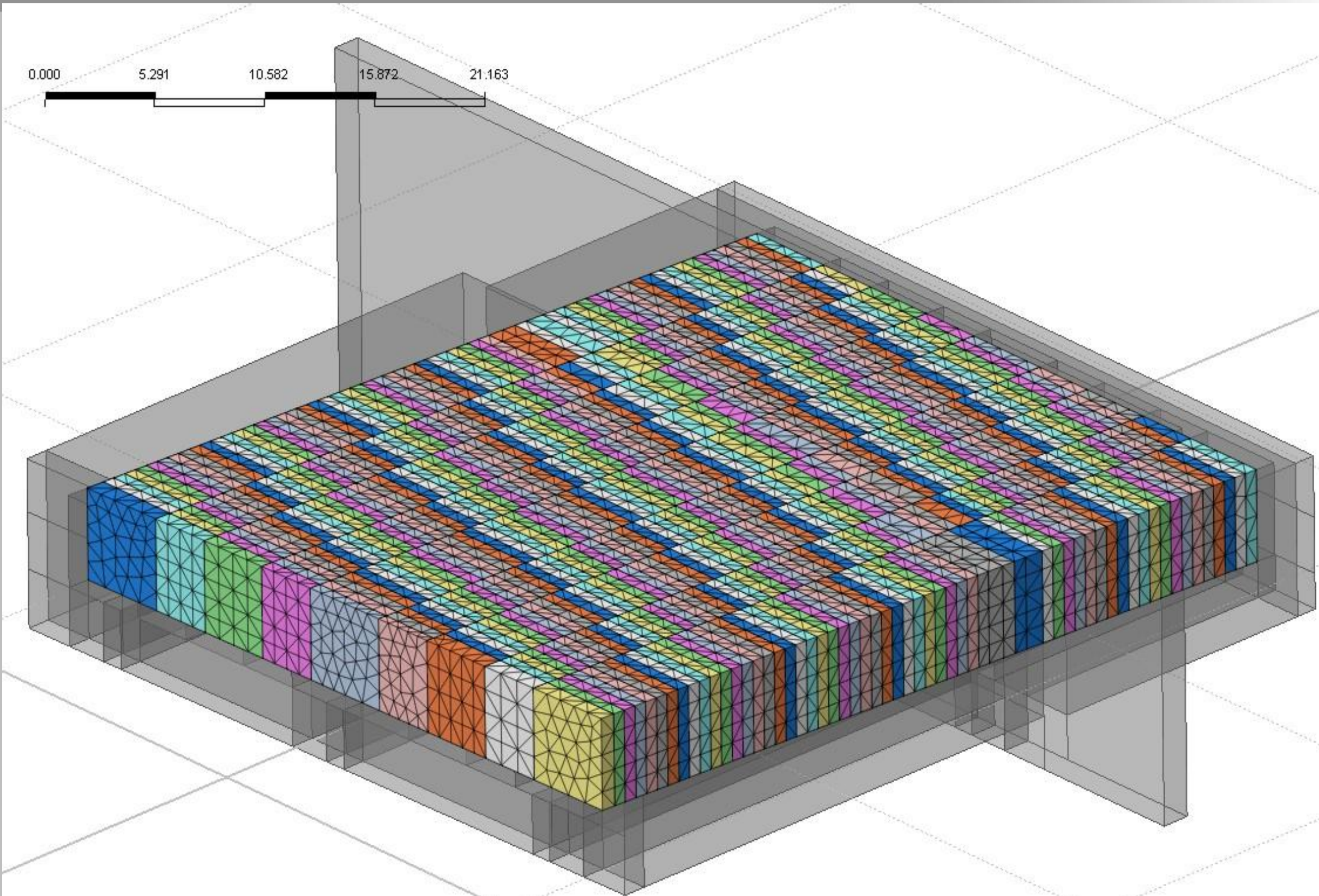


(1)

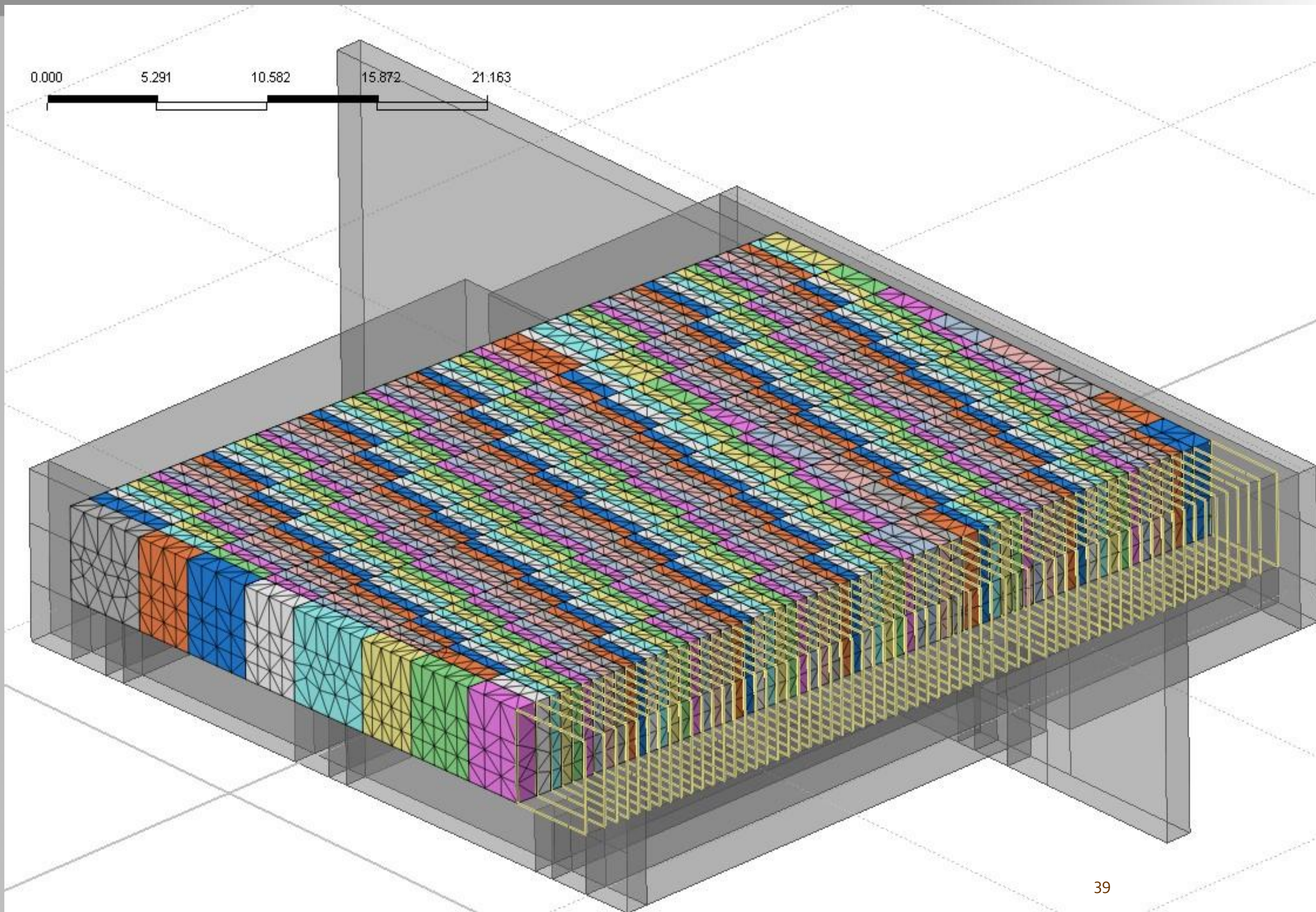
(2)





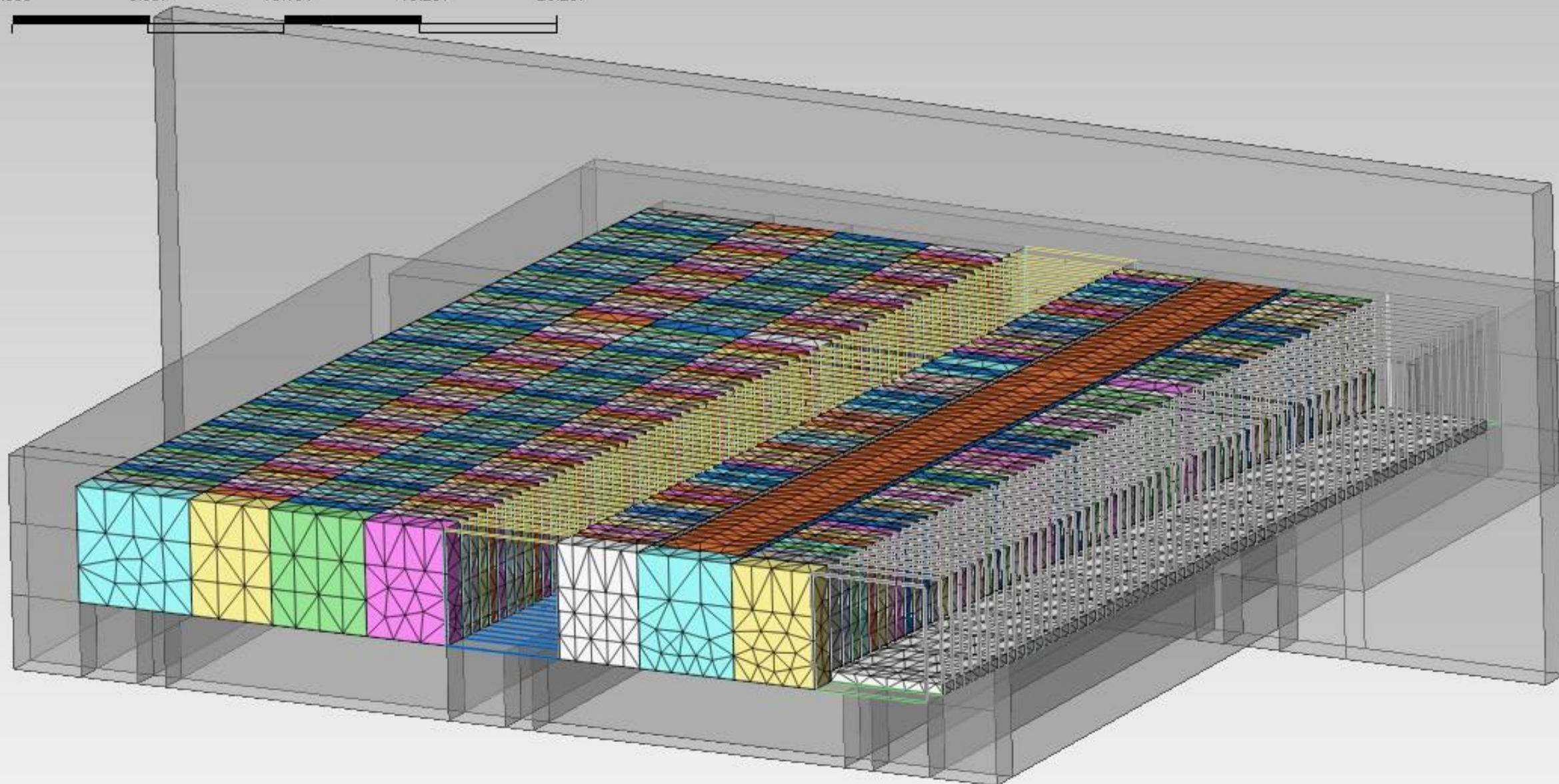


# 1. Штольня №1





0.000      5.067      10.134      15.201      20.267



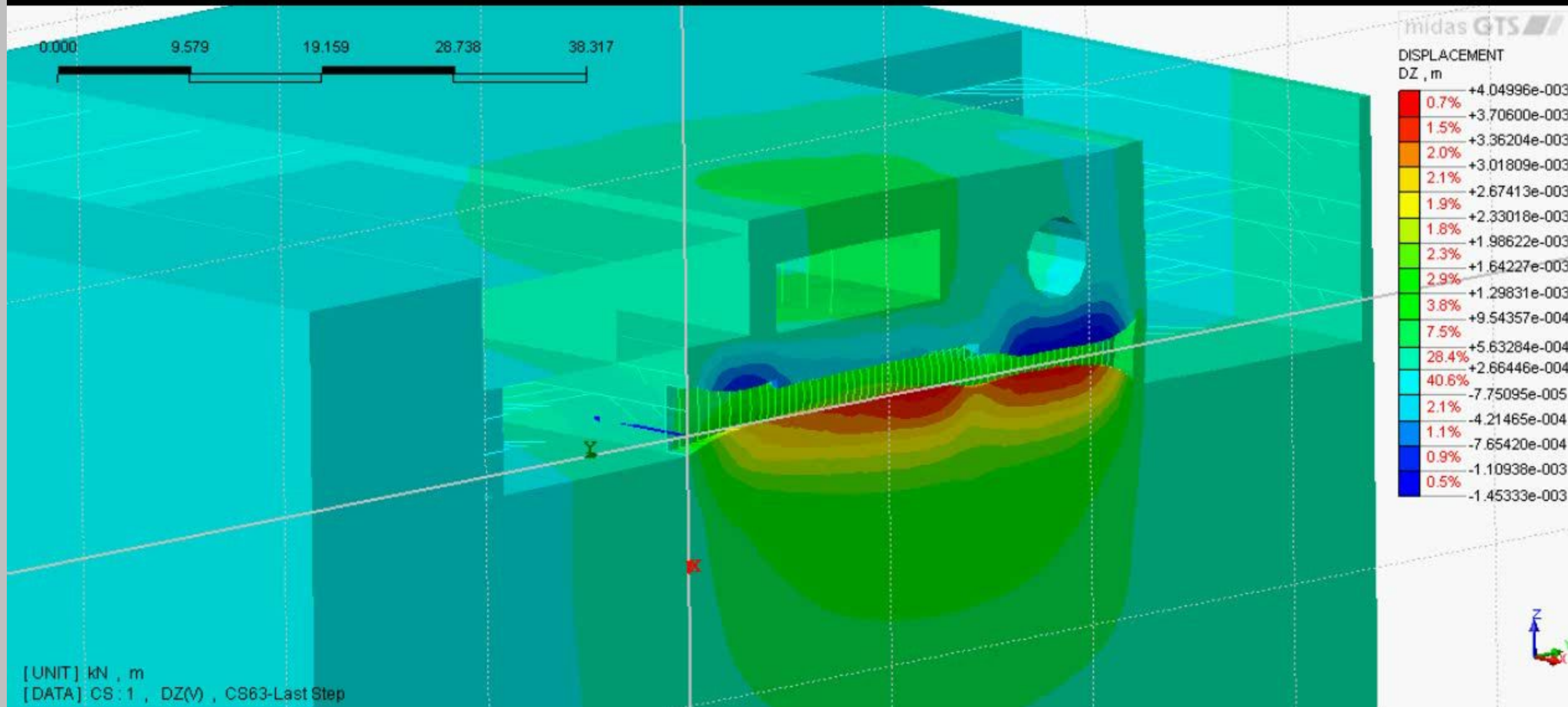
40



40









**Был выполнен расчет более 250  
этапов строительства тоннеля**



**Оптимальное  
проектирование оснований  
фундаментов и  
конструкций ограждения  
котлованов**



На правах рукописи

**БОБЫРЬ ГАЛИНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УПРОЧНЕННЫХ  
МАССИВОВ В ОСНОВАНИЯХ, СЛОЖЕННЫХ  
СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫМИ ГРУНТАМИ**

05.23.02 Основания и фундаменты, подземные сооружения

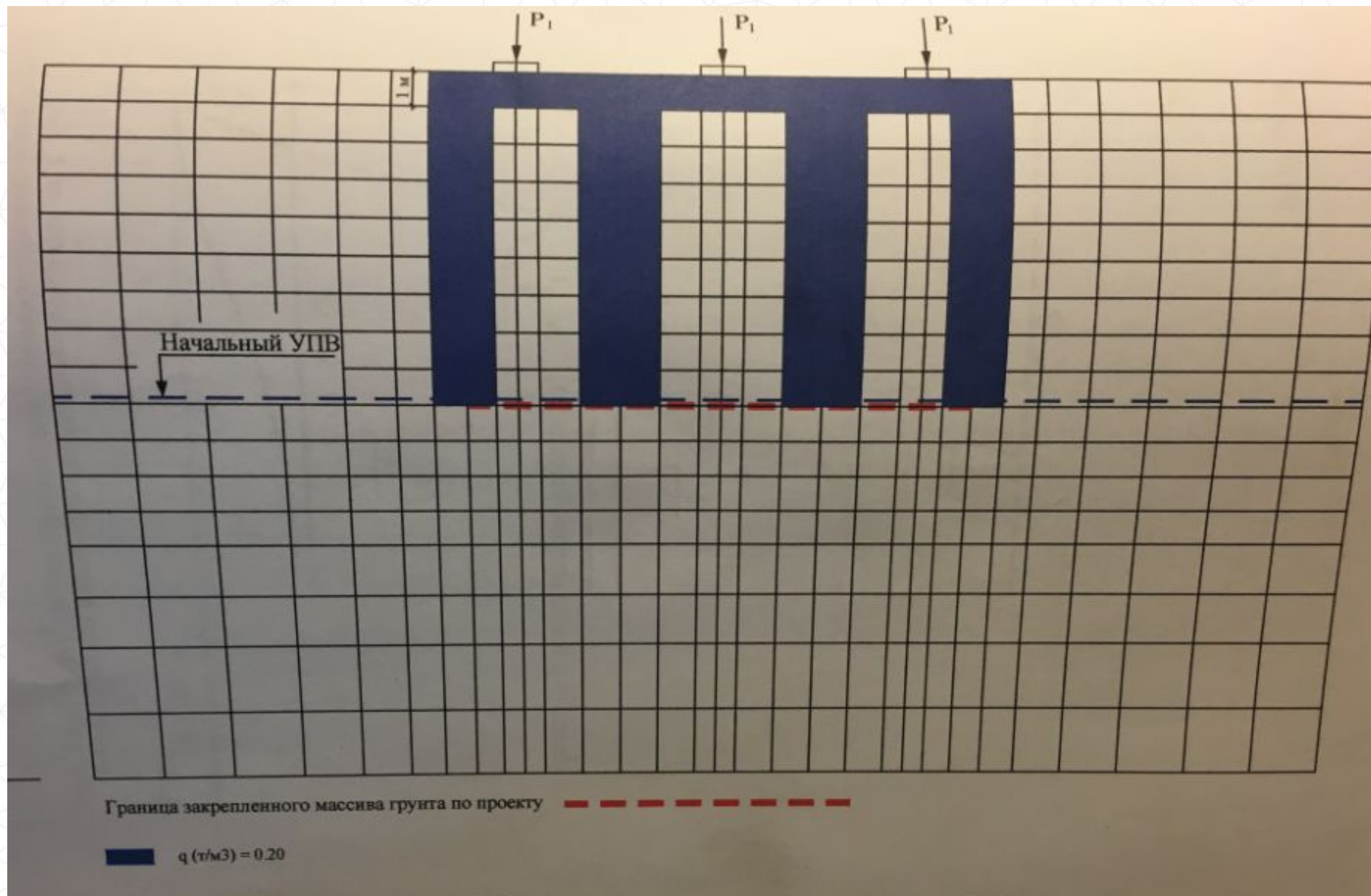
Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

*Научный руководитель*

*академик РААСН  
засл. деятель науки и техники  
доктор технических наук  
профессор*

**ИЛЬИЧЕВ ВЯЧЕСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ**

Москва - 2002



## Квазиоптимальное закрепление основания дома №51



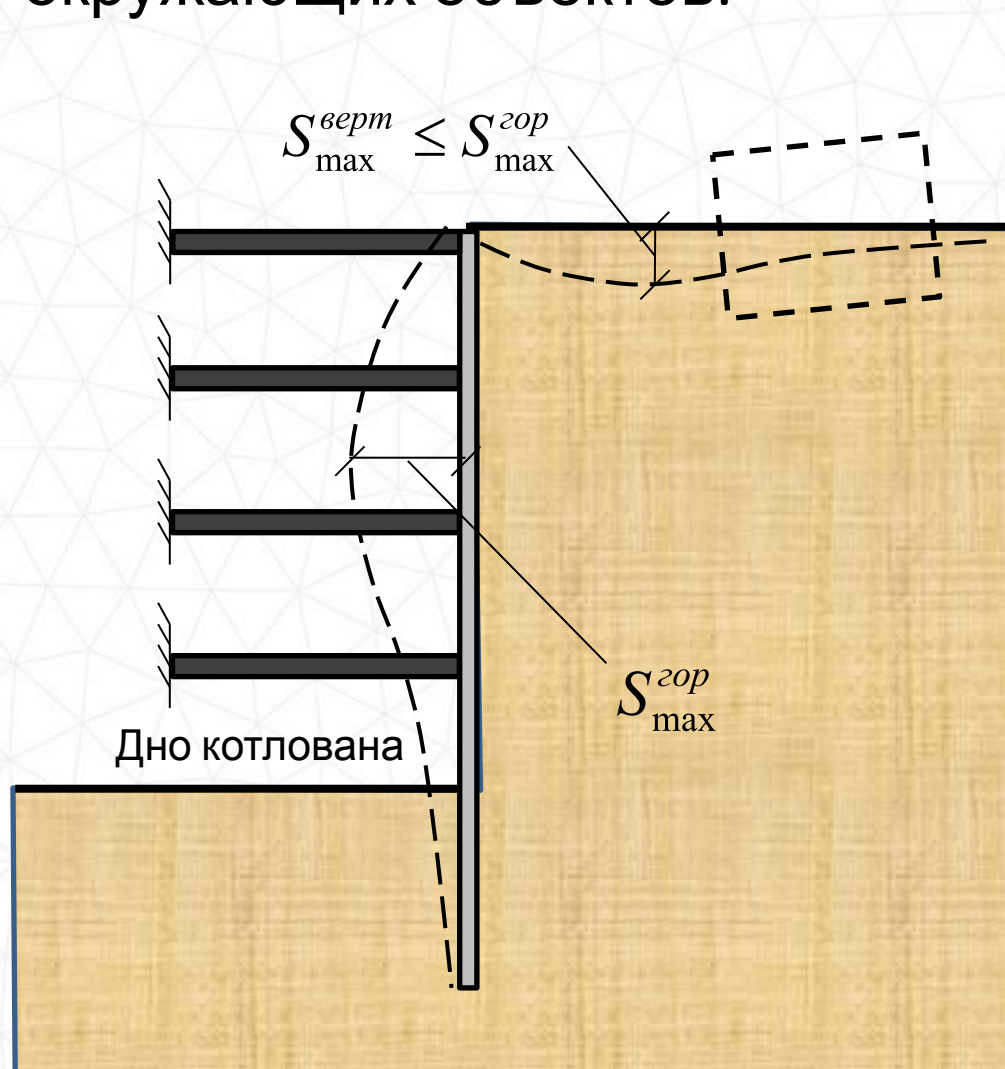
# **Оптимальное проектирование закрепленного массива перед стеной в грунте**

**(диссертация Ю.А. Готмана, научный  
руководитель В.А. Ильичев)**

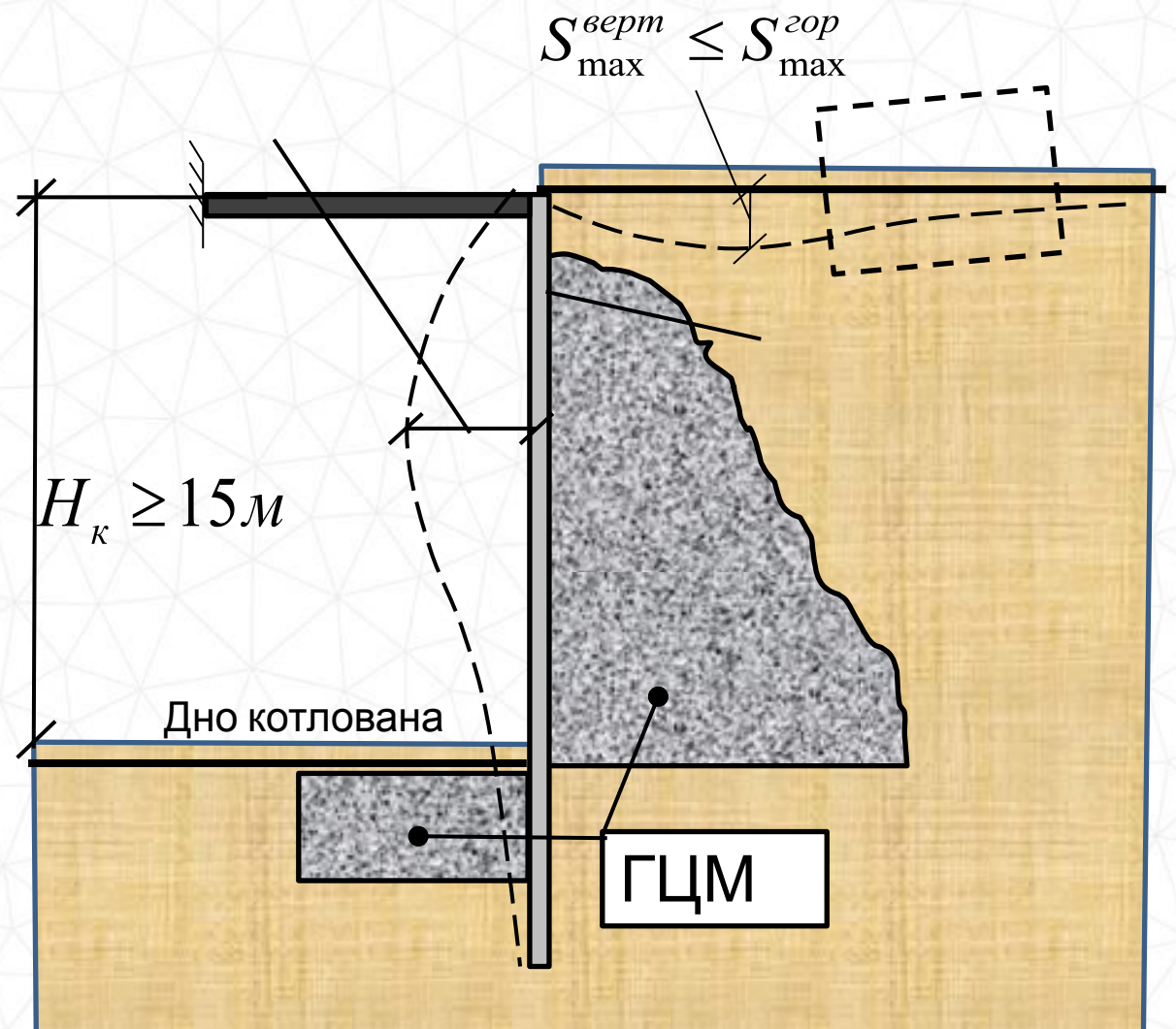
# Определение оптимальных размеров грунтоцементного массива при строительстве глубоких котлованов



1. Существенное сокращение сроков и трудоемкости земляных работ в котловане
2. Обеспечение устойчивости и требуемых малых деформаций ограждения и окружающих объектов.



Многоярусная системы крепления ограждения

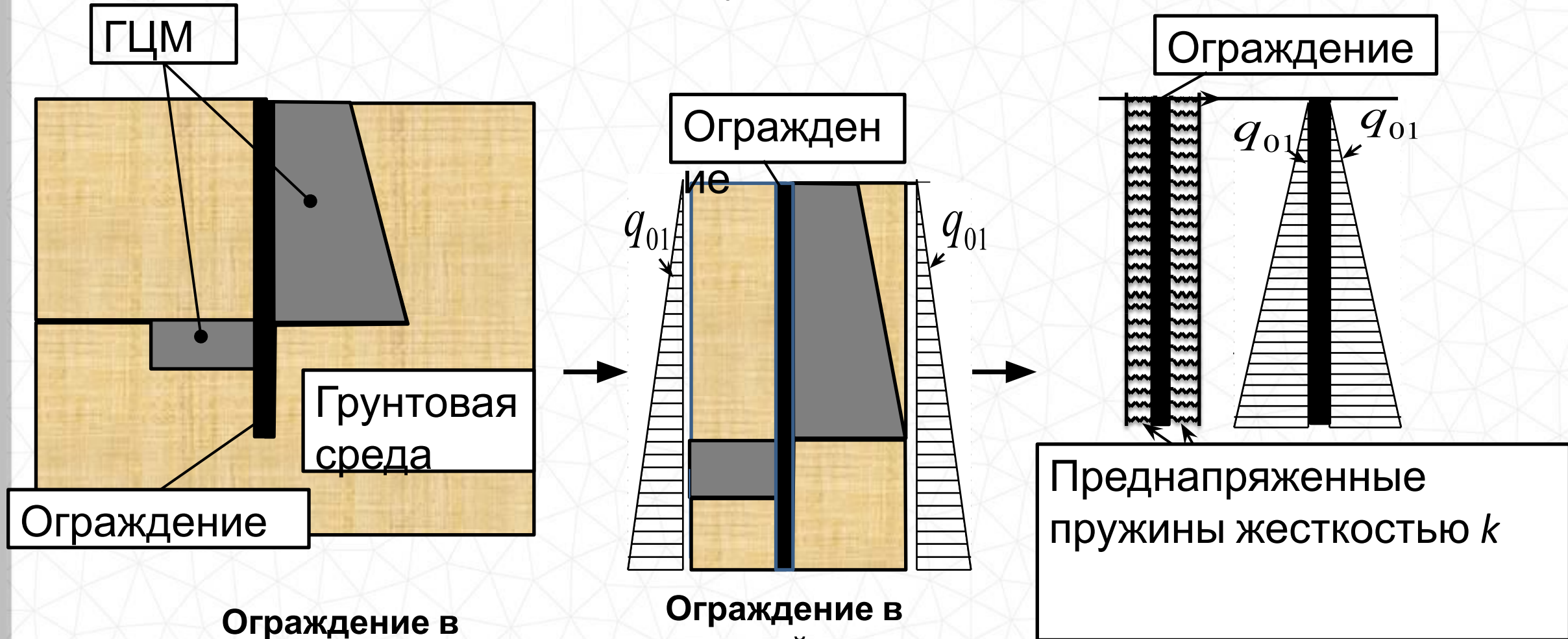


Комбинированная система «ограждение-ГЦМ-грунт»





## Система «ограждение – ГЦМ – грунт»

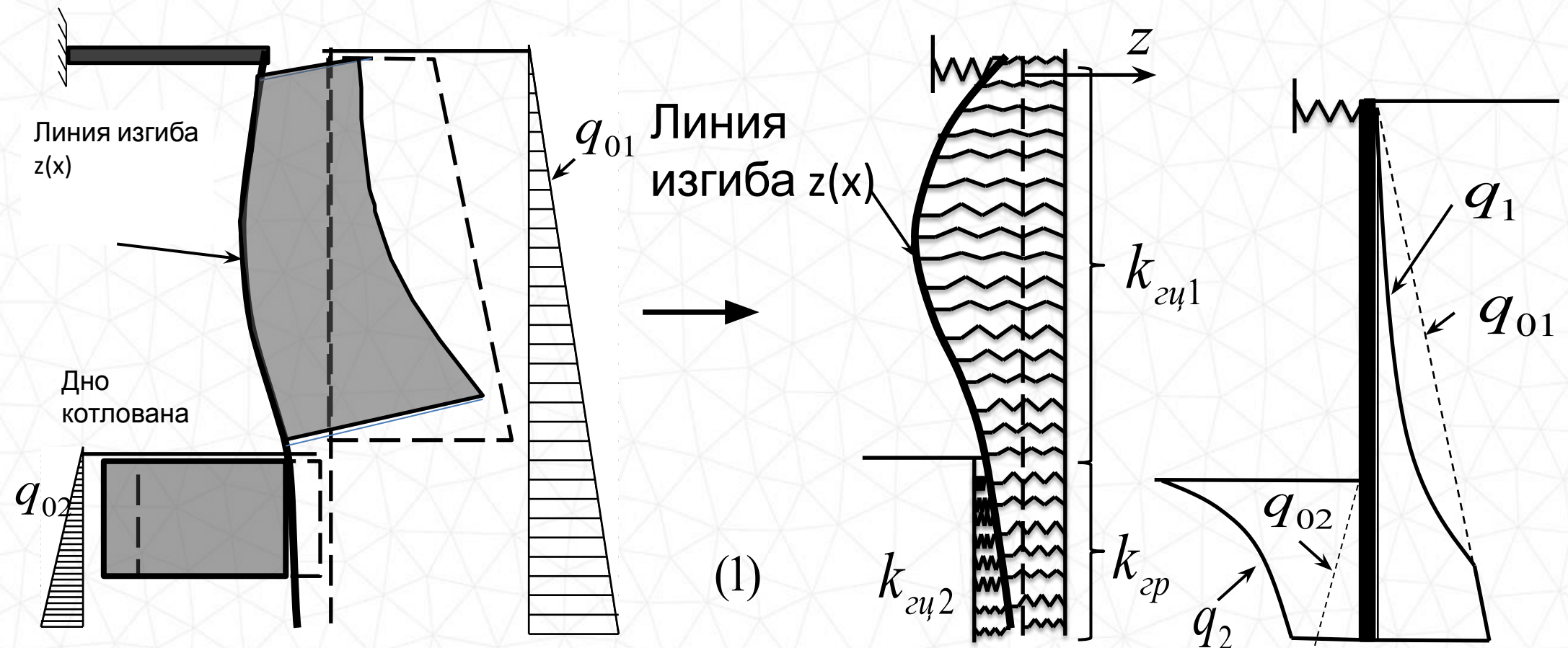


1. Ограждение в сплошной грунтовой среде

2. Ограждение в линейно-деформируемой системе «ГЦМ-грунт»

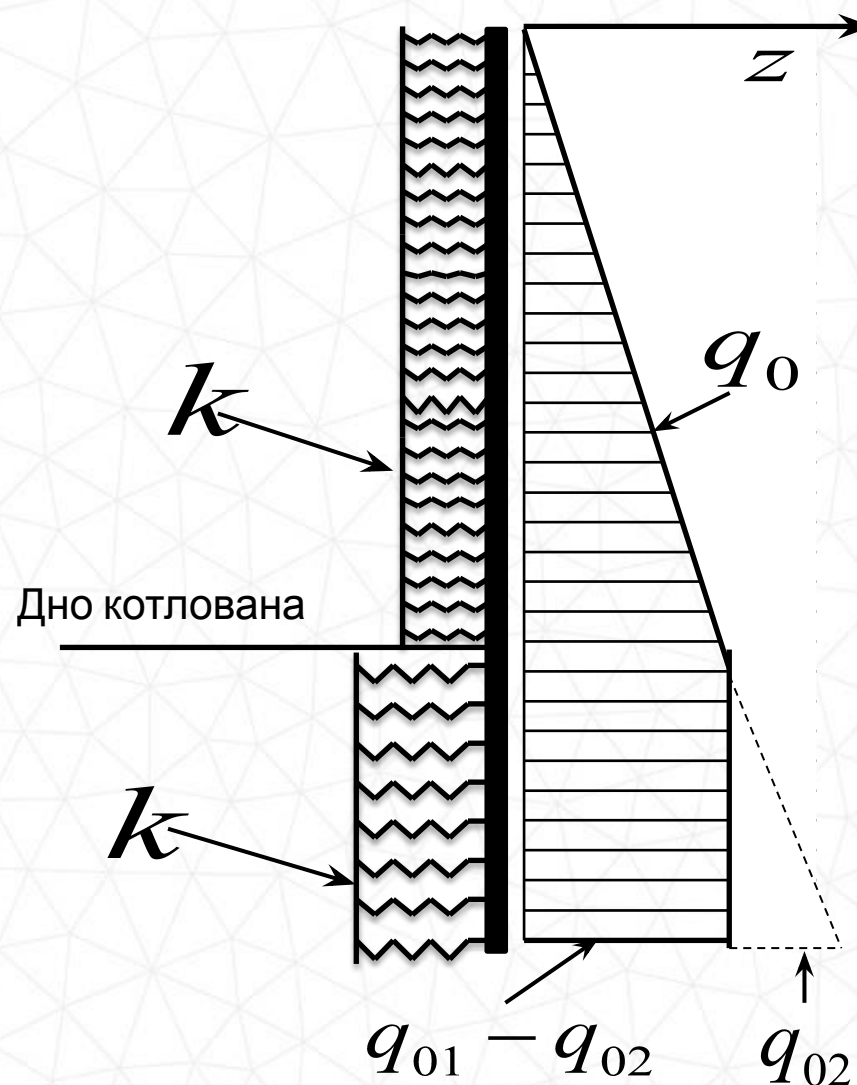
3. Балка, зажатая в винклеровское

$q_{01}$  - давление грунта в состоянии покоя (величина <sup>основание</sup> преднапряжения пружин)

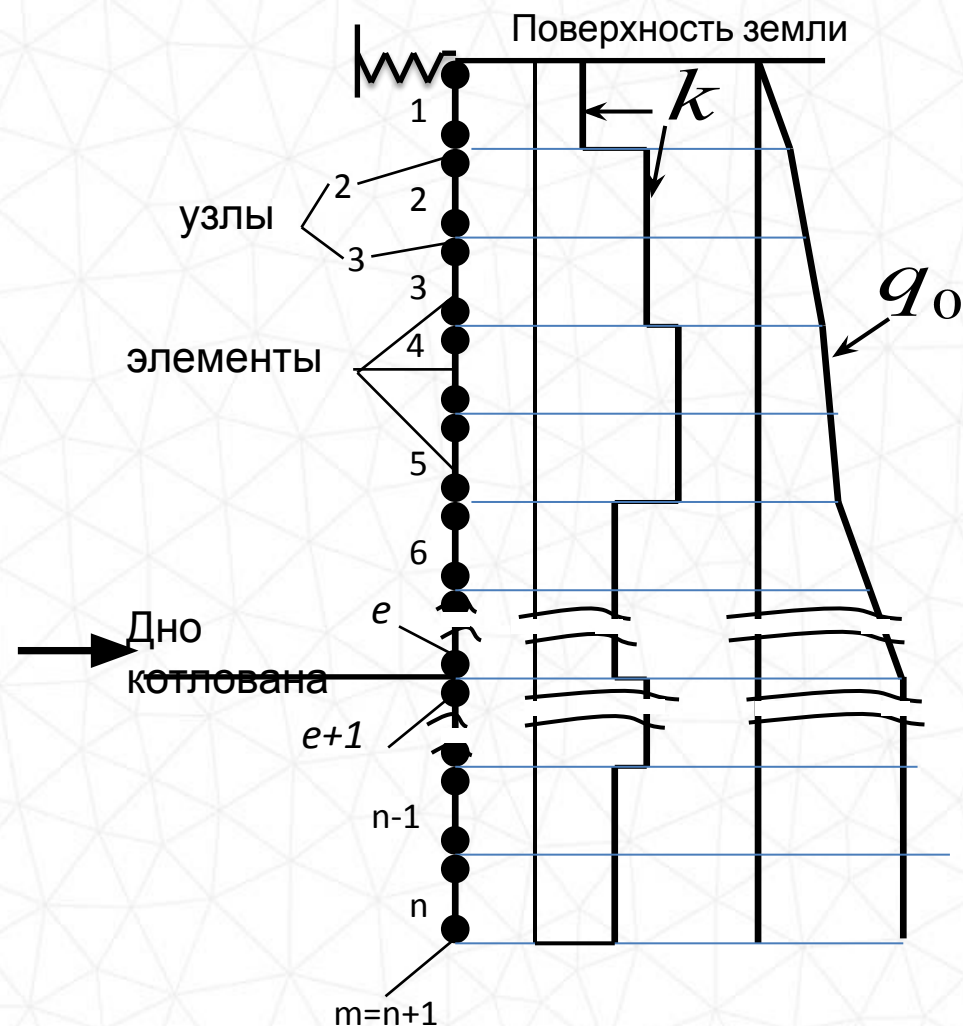


Общее дифференциальное уравнение системы «ограждение-ГЦМ-грунт»

$$EI \frac{d^4 z(x)}{dx^4} + k(x) * z(x) = q_0(x) \quad (8)$$



**Расчетная модель**  
Дифференциальное уравнение



**Конечно-элементная расчетная схема**  
Матричное уравнение МКЭ

$k$  — характеризует систему  $\Rightarrow k$  — ?  
«ГЦМ-грунт»

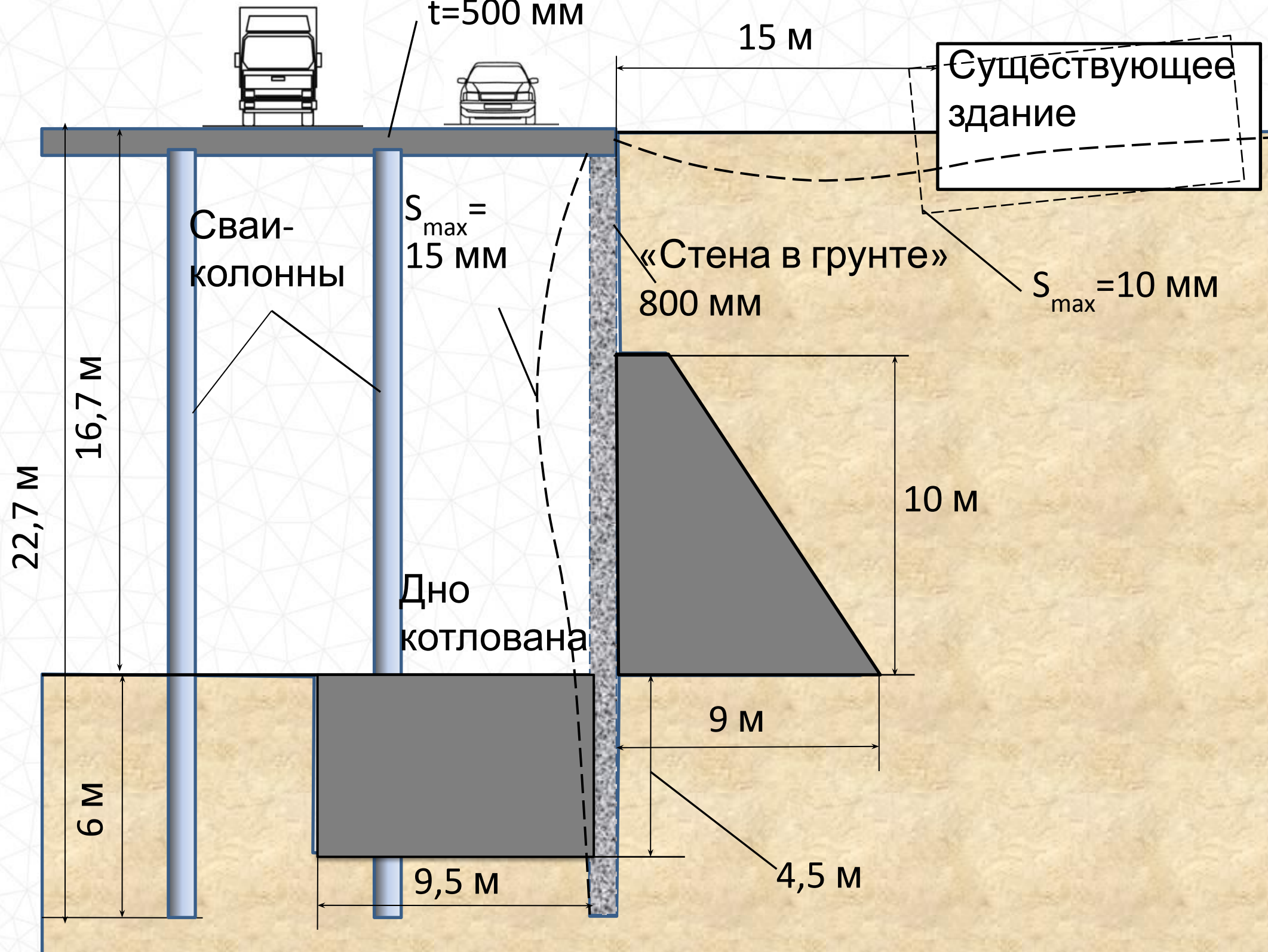
# Подземный комплекс на площади Тверская Застава



в г. Москве. Результаты расчета

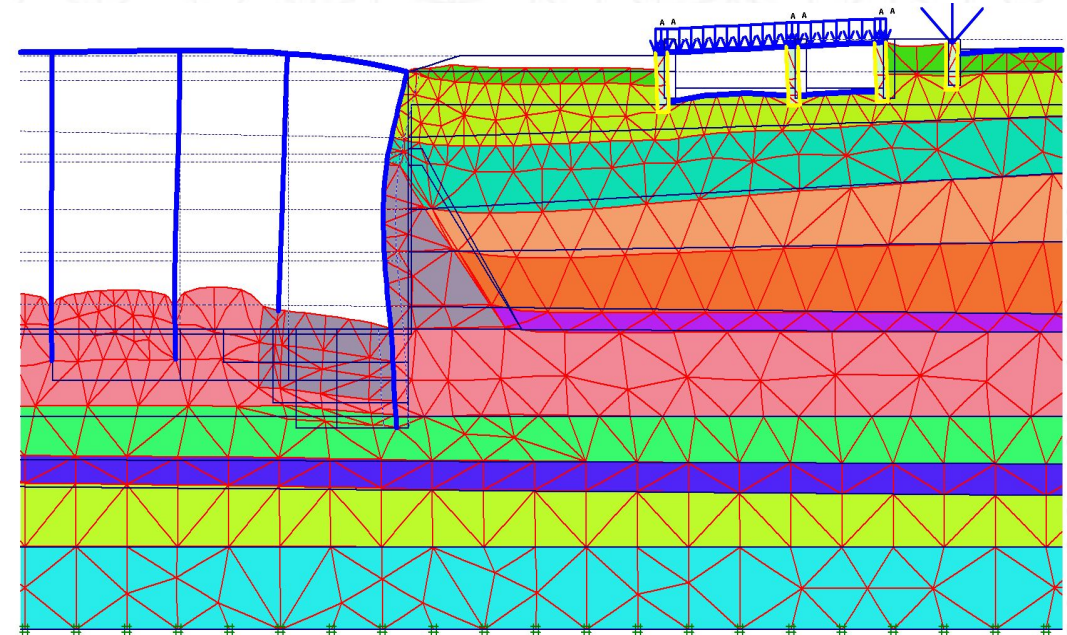
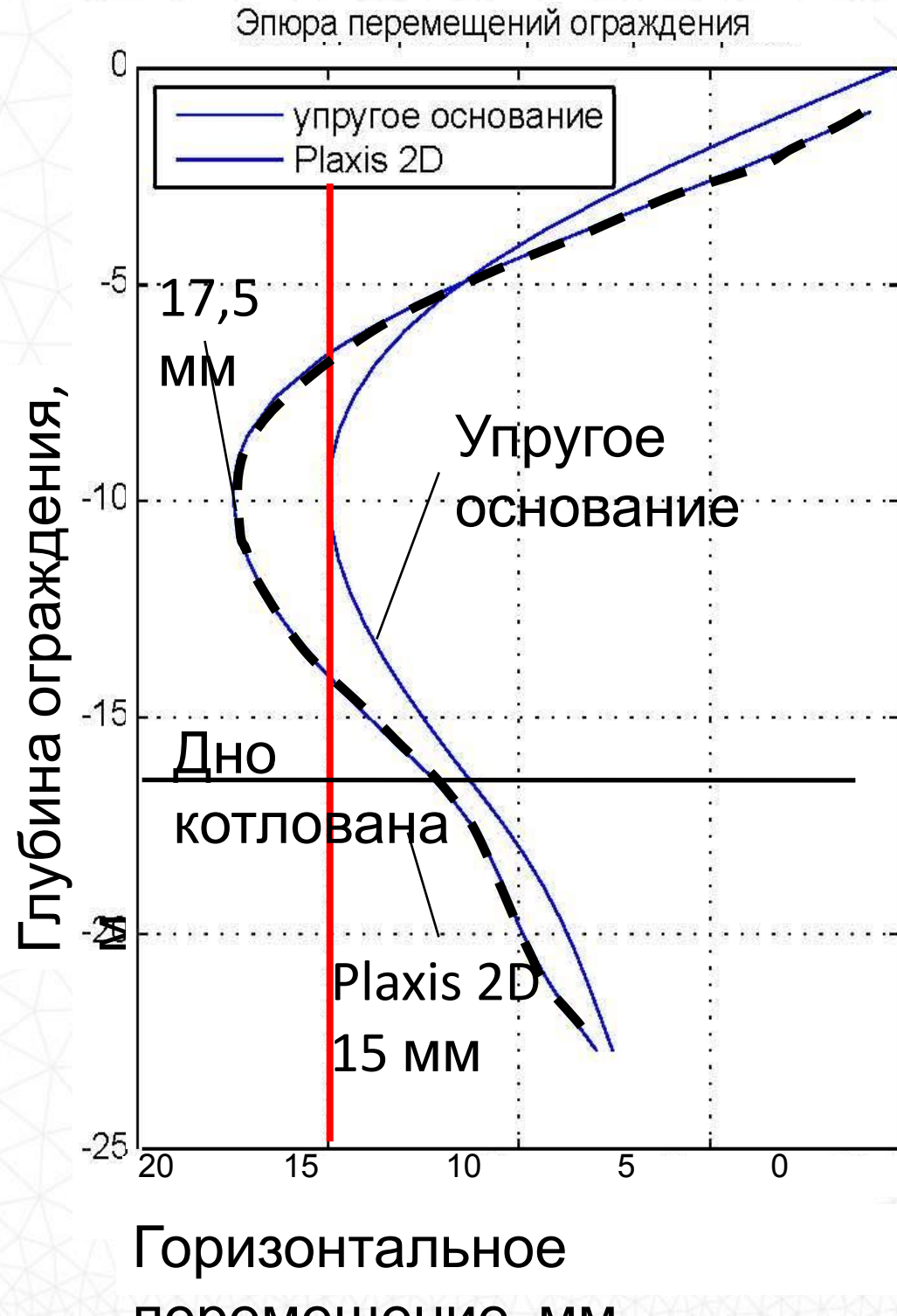
Перекрытие

$t=500$  мм

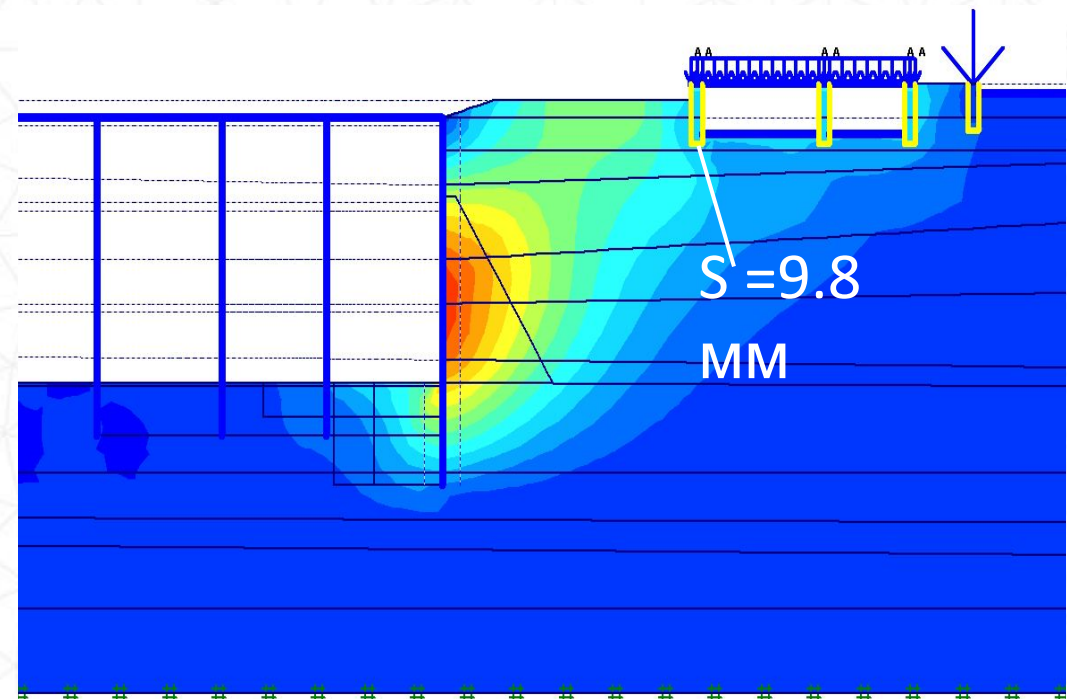




## Эпюра перемещений ограждения



Деформированная конечно-элементная схема



Изополе горизонтальных перемещений



# **Динамика фундаментов и передача колебаний через грунт.**



**Модель грунта в виде однородного  
изотропного полупространства и с  
растущим по глубине модулем  
упругости**



Продольные волны создают сопротивление движущемуся штампу (фундаменту), зависящее от его перемещения и скорости. Поперечные и рэле-евские волны создают также и сопротивление, которое зависит от ускорения движения штампа, что нашло свое отражение в появлении массы  $m_2$ .

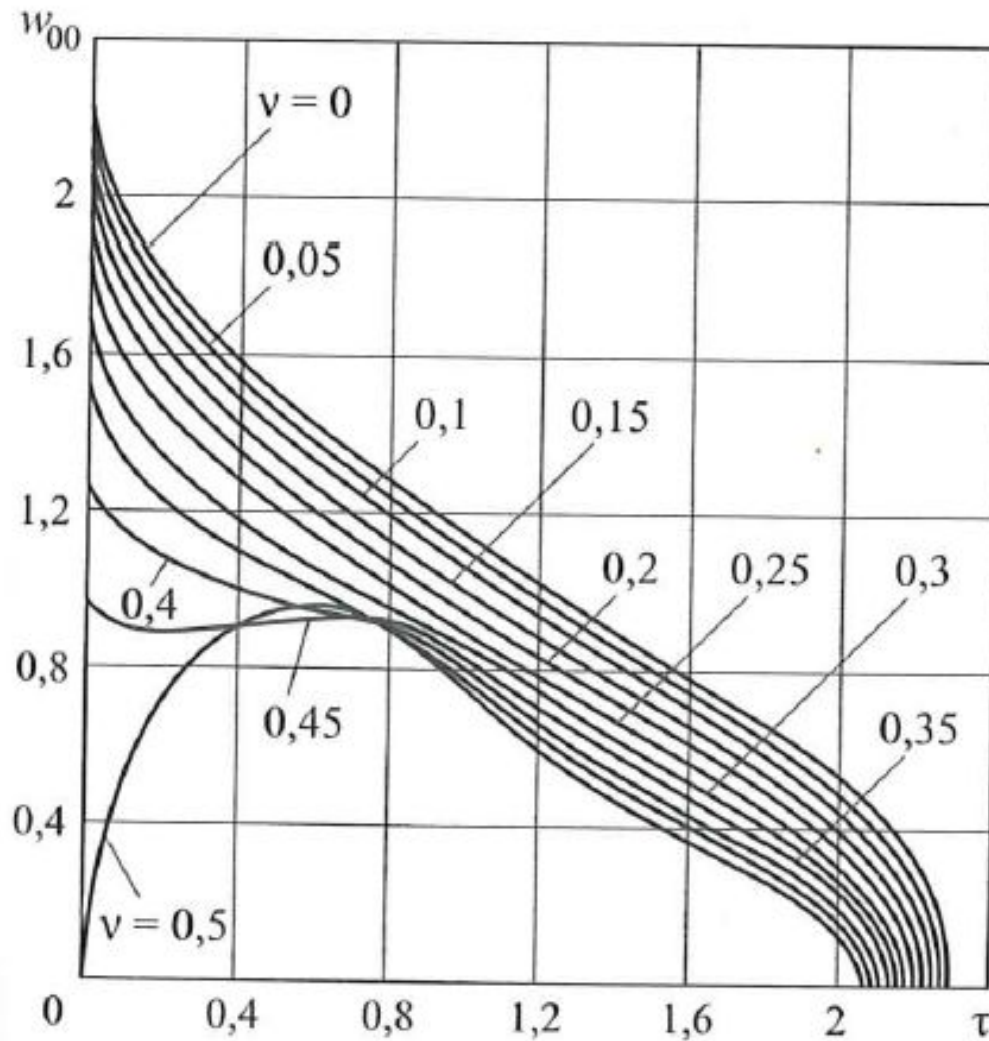


Рис. 19.4 Значения функции  $w_{00}$  при различных значениях коэффициента Пуассона

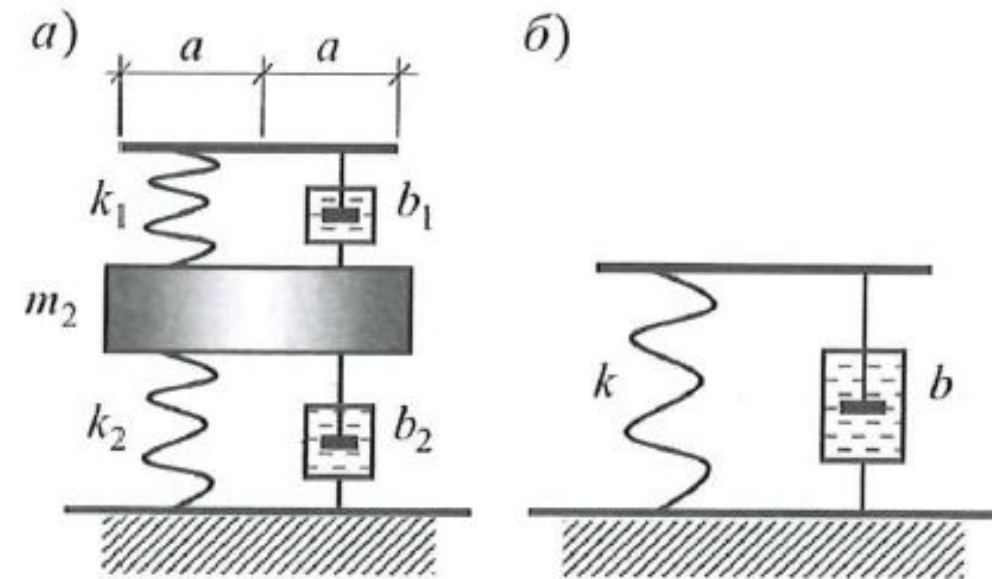


Рис. 19.5. Упрощенные модели грунтового основания, моделируемого упругим инерционным полупространством





В.А. Ильичев и А.В. Аникьев получили общие формулы для параметров жесткости и демпфирования для различных (вертикальных, сдвиговых и поворотных) колебаний штампа на полупространстве с возрастающим по глубине модулем упругости.

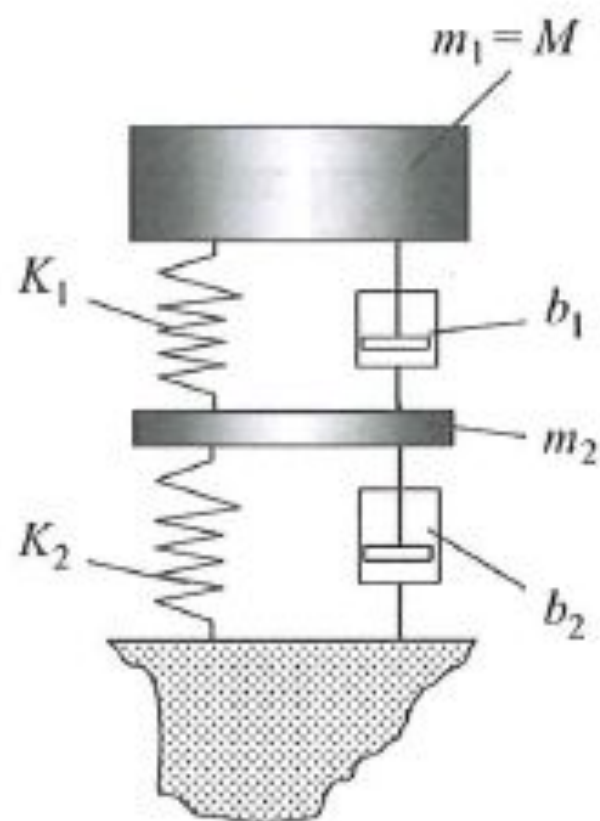


Рис. 19.16. Расчетная схема взаимодействия основания и фундамента

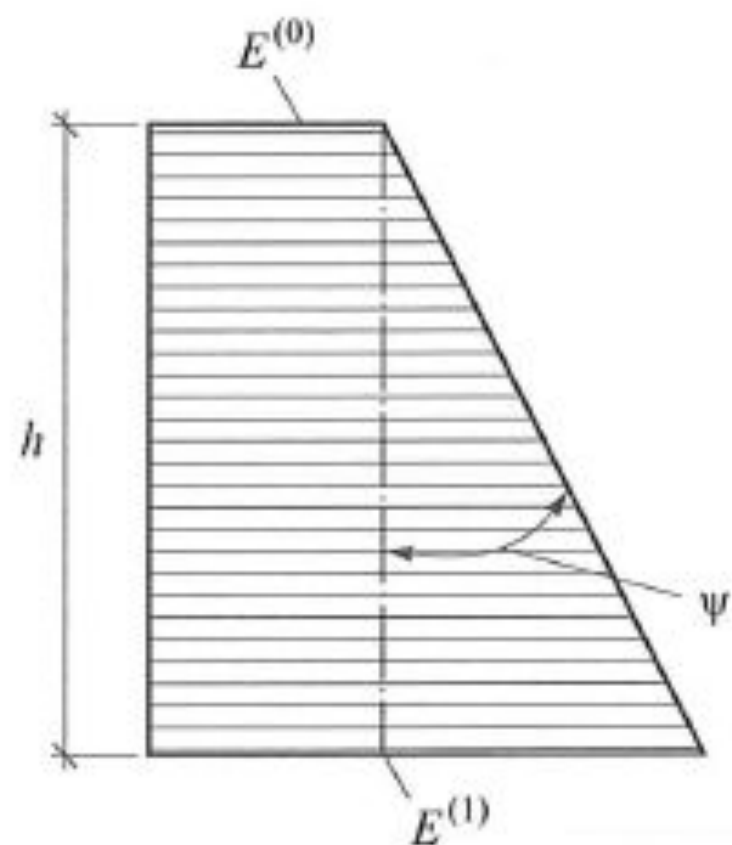


Рис. 19.17. Представление модуля упругости основания в модели Ильичева–Аникьева



**Все параметры системы с полутора степенями свободы для вертикальных, горизонтальных и вращательных колебаний даны для коэффициентов Пуассона 0.25; 0.35 и 0.45**

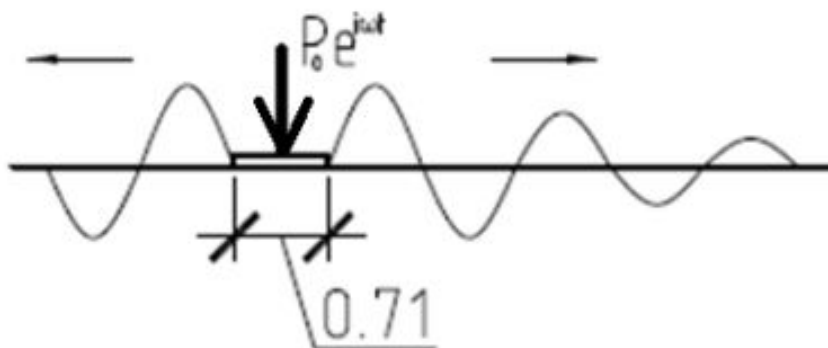
**Изложенный подход позволил уточнить параметры демпфирования, которые вошли в нормативный документ по динамике фундаментов под машины**



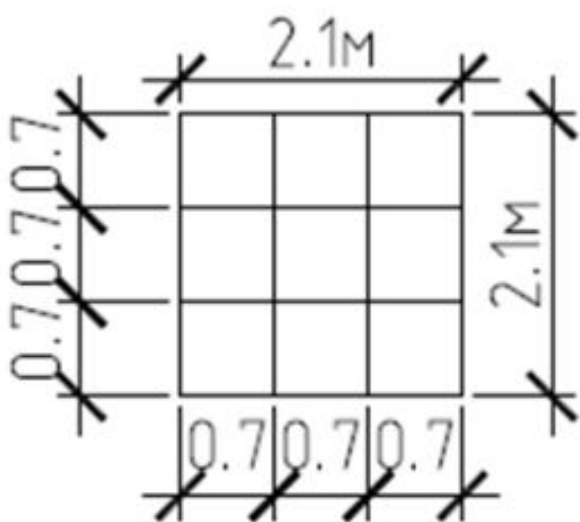
**Экспериментальные передаточные  
функции для определения  
динамических характеристик  
большеразмерных фундаментов**



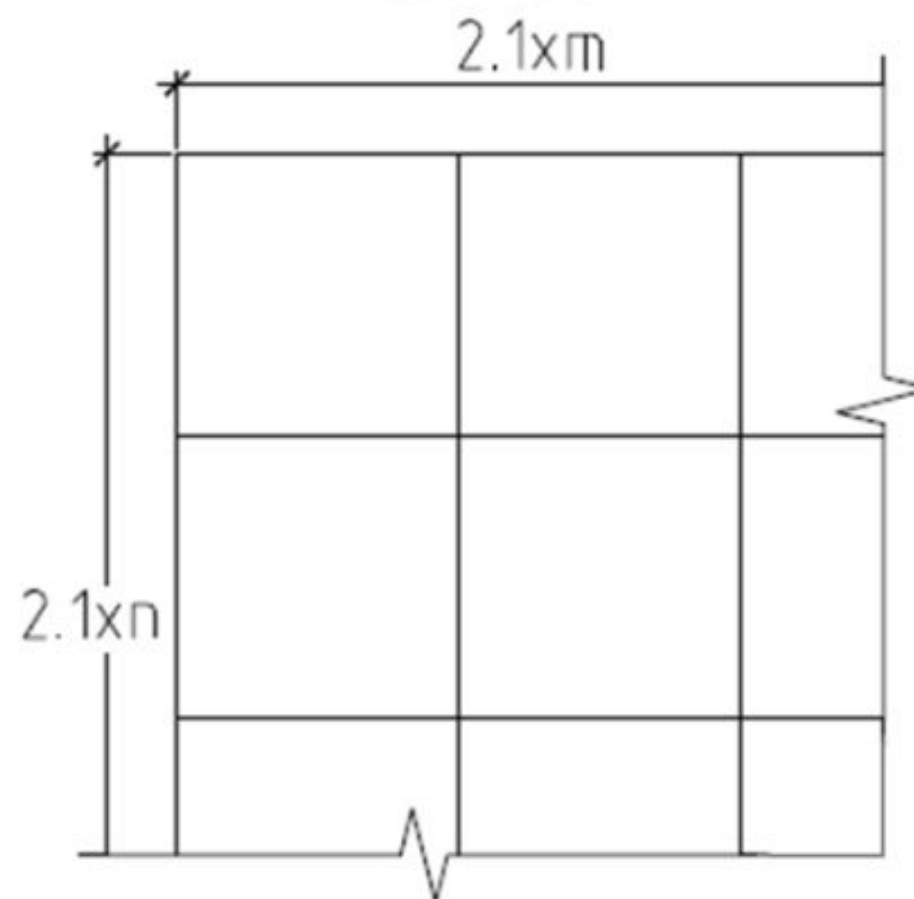
# Эксперимент



# Расчет



# Расчет





# Сейсмостойкость



# Сейсмостойкость свайных фундаментов



В.А. Ильичев  
Ю.В. Монголов  
В.М. Шаевич

# СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ



МОСКВА  
СТРОЙИЗДАТ  
1983

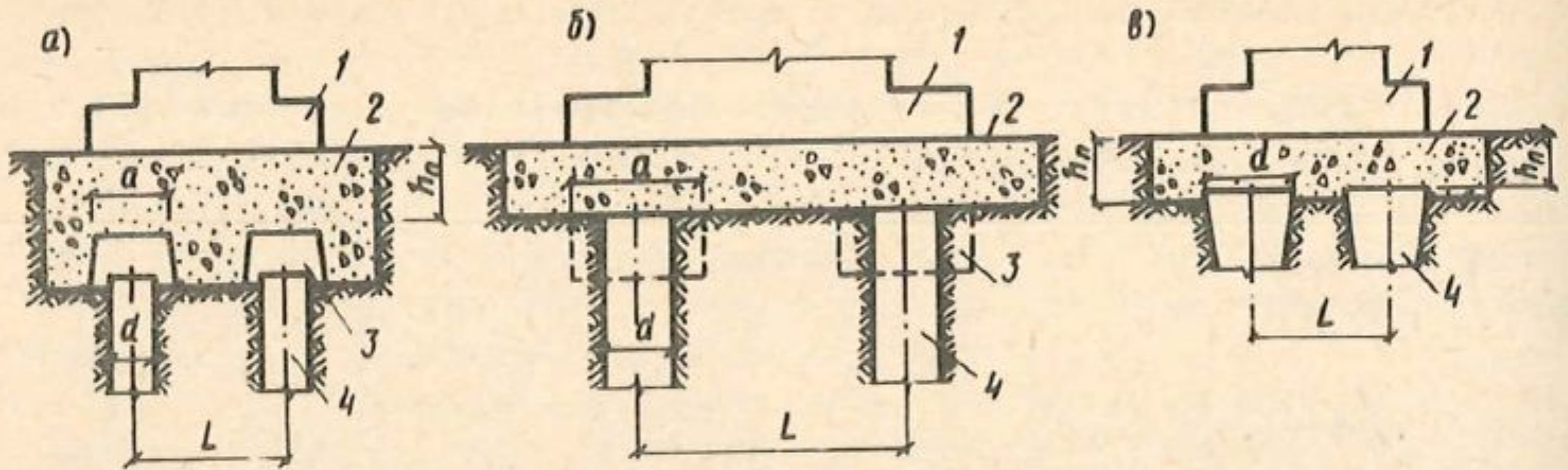


Рис. 1У.1. Конструктивные схемы свайных фундаментов с промежуточной подушкой с забивными призматическими (а), набивными (б) и забивными пирамидальными сваями (в)

1 — фундаментный блок; 2 — промежуточная подушка; 3 — оголовок; 4 — сваи



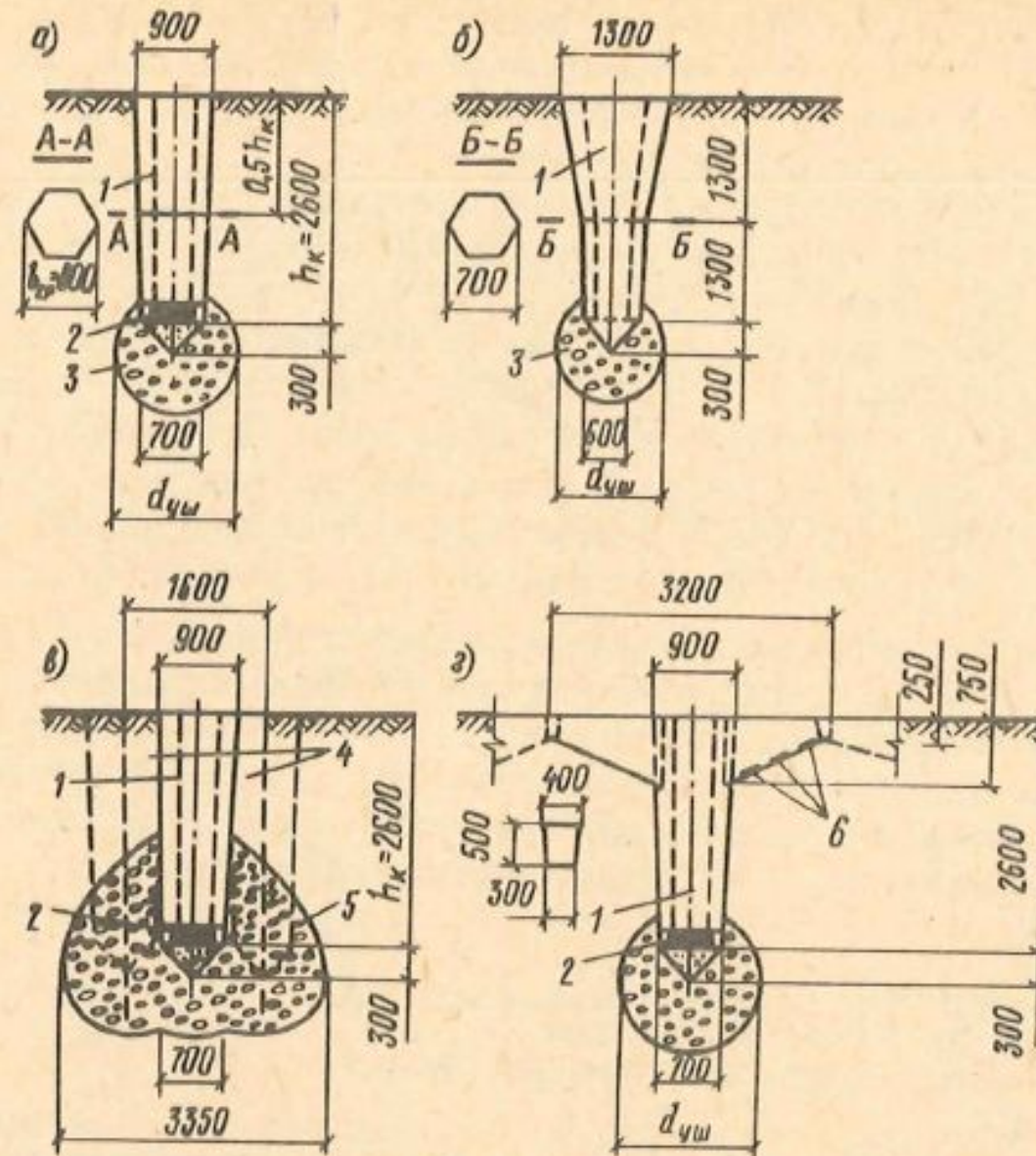


Рис. 1У.19. Конструкции опытных свайных фундаментов в вытрамбованных котлованах  
 а, б — с уширенным щебеночным основанием; в — с несущим слоем; г — с консолью;  
 1 — тело фундамента; 2 — датчик для измерения усилия под торцом фундамента;  
 3 — уширение из втрамбованного щебня; 4 — вспомогательные котлованы, засыпанные грунтом с уплотнением; 5 — несущий слой; 6 — месдозы для измерения давления на грунт под консольными элементами



# **Сейсмостойкость фундаментов на естественном основании**



Л.Р. Ставницер

**СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ  
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ**



**Рис. 2.3. Образец песчаного грунта после испытания**

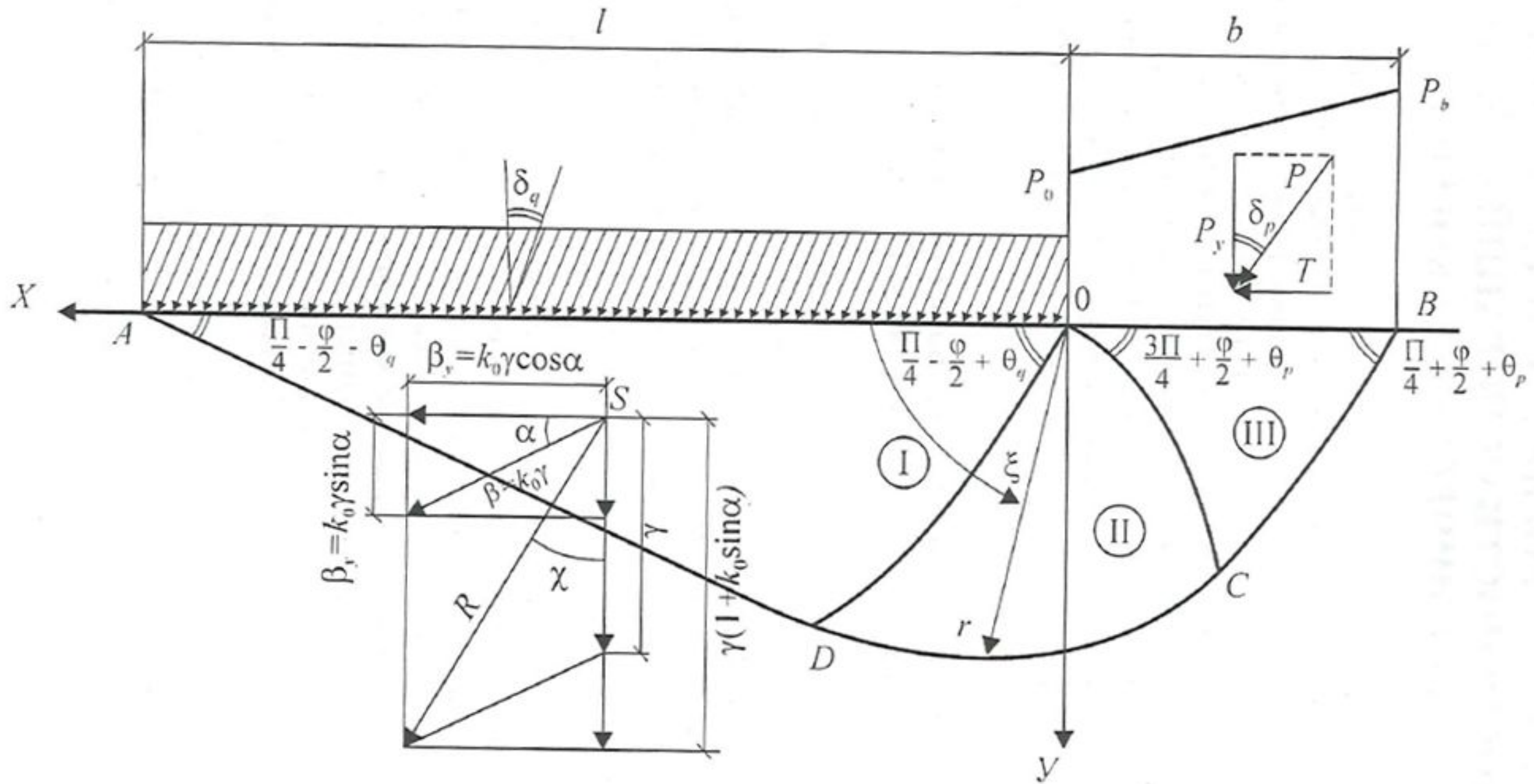


Рис. 3.1. Схема действия объемных и поверхностных сил при одностороннем сдвиге грунта в поле ускорений

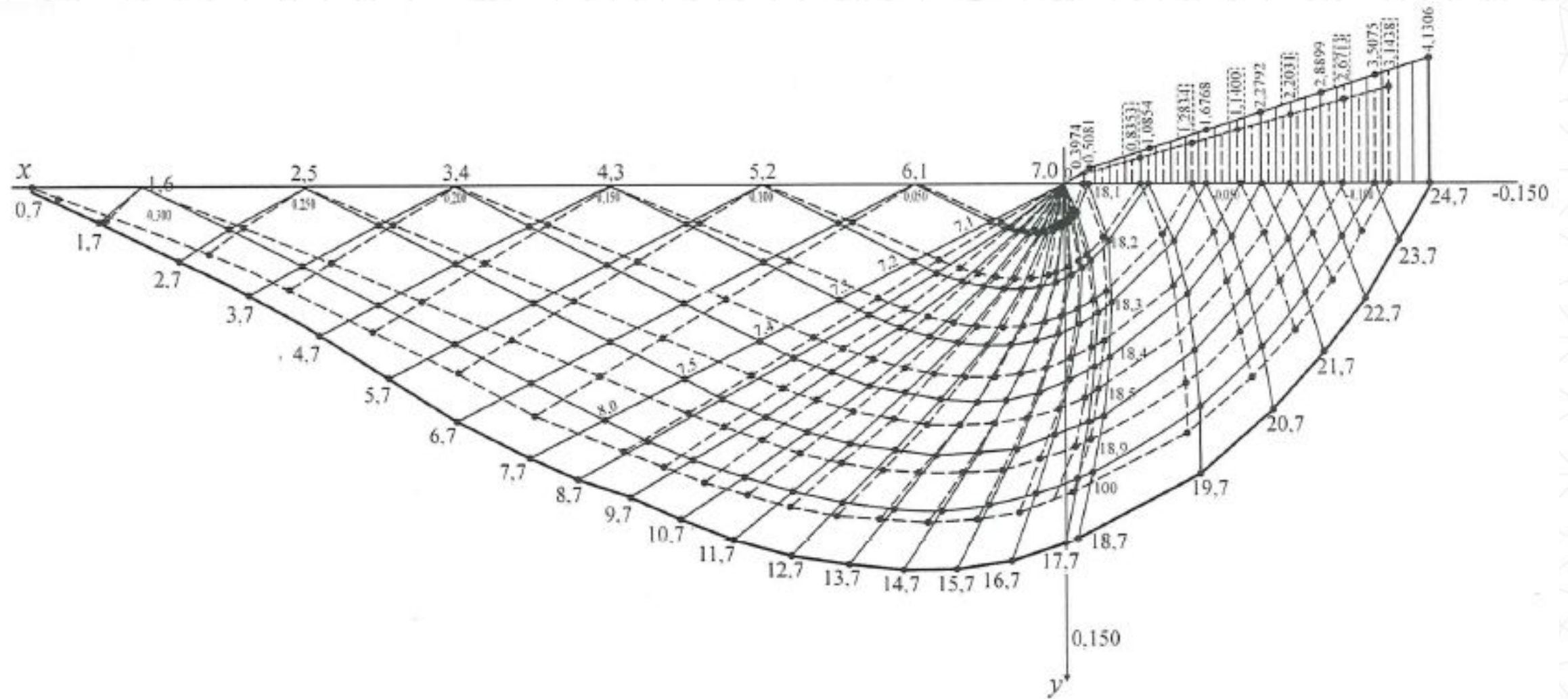


Рис. 3.8. Сетки линий скольжения и эюры предельного давления при  $\bar{q} = 0$ ,  $\varphi = 36^\circ$ ,  $\delta_p = 0$  для статической задачи (сплошные линии) и для случая  $\kappa = 0,2$  (пунктир)



**На основании указанных выше исследований разработаны впервые нормативные документы по расчету фундаментов (свайных и на естественном основании) в сейсмических районах**



# Виброползучесть оснований





Специальные исследования на данной площадке заключались в следующем. Был изготовлен фундамент-источник F-3 конструкции В.М. Пятецкого, который состоял из нижней плиты с вибратором, на нее через пружины передавалась нагрузка от массивного блока, состоящего из нескольких плит, которые можно добавлять или убирать в ходе эксперимента. Такая конструкция позволяет создавать под подошвой нижней плиты произвольные сочетания статического и динамического давлений (рис. 19.65).

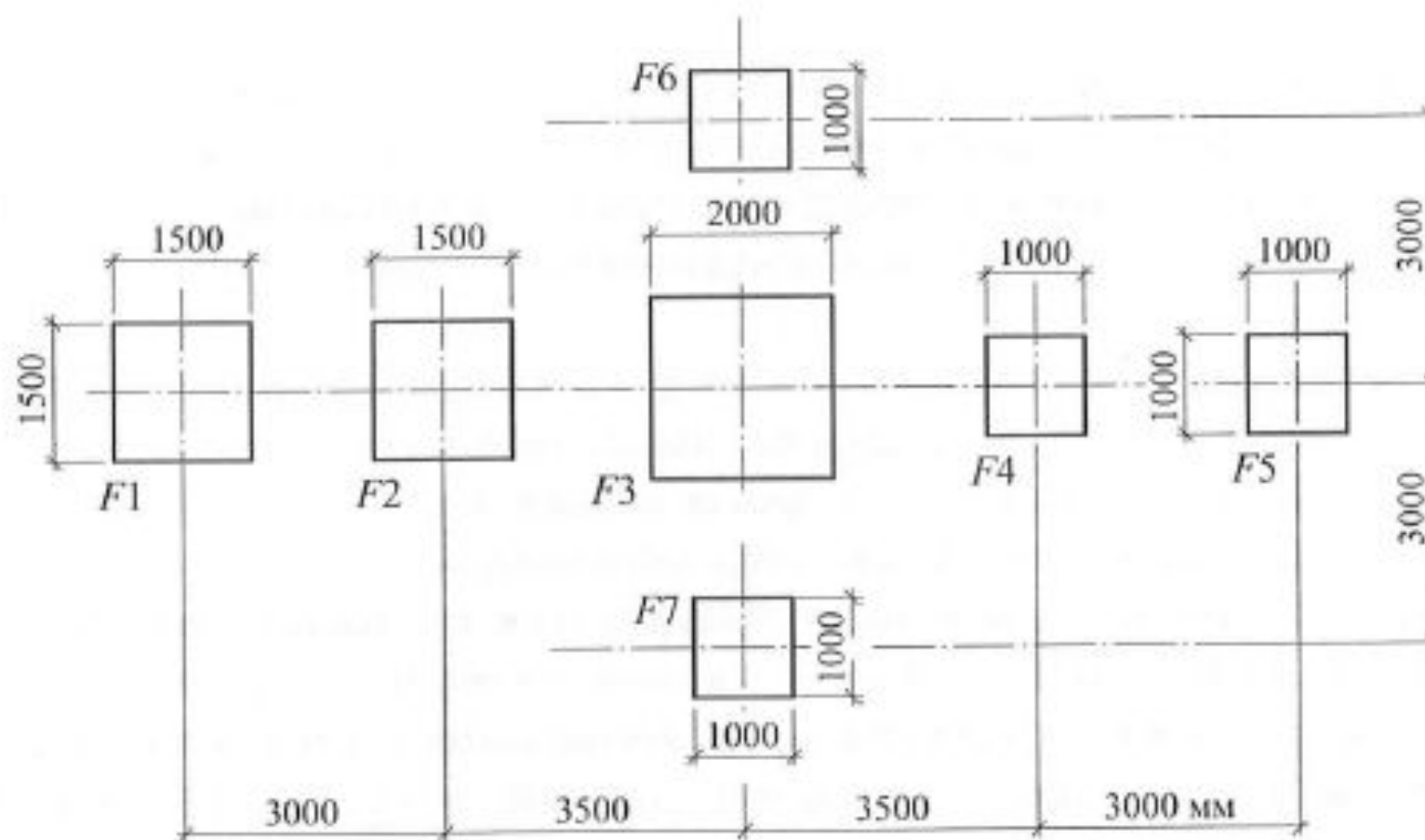


Рис. 19.65. Схема испытаний грунтового основания группой фундаментов на виброползучесть



Основной результат опыта заключен в графике на рис. 19.66: в осях  $\sigma_{st} - \sigma_{dyn}$  отмечены кружком опыты, в которых не было осадок фундаментов, и крестиком – опыты, где наблюдались осадки. Оказалось, что их разделяет прямая линия, выше которой есть осадки, а ниже нет;

$$\sigma_{st}^{доп} = \sigma^* - \alpha \cdot \sigma_{dyn} ,$$

где величина  $\sigma^* < R$ ;  $R$  – предельная нагрузка;  $\alpha = 20$  по эксперименту.

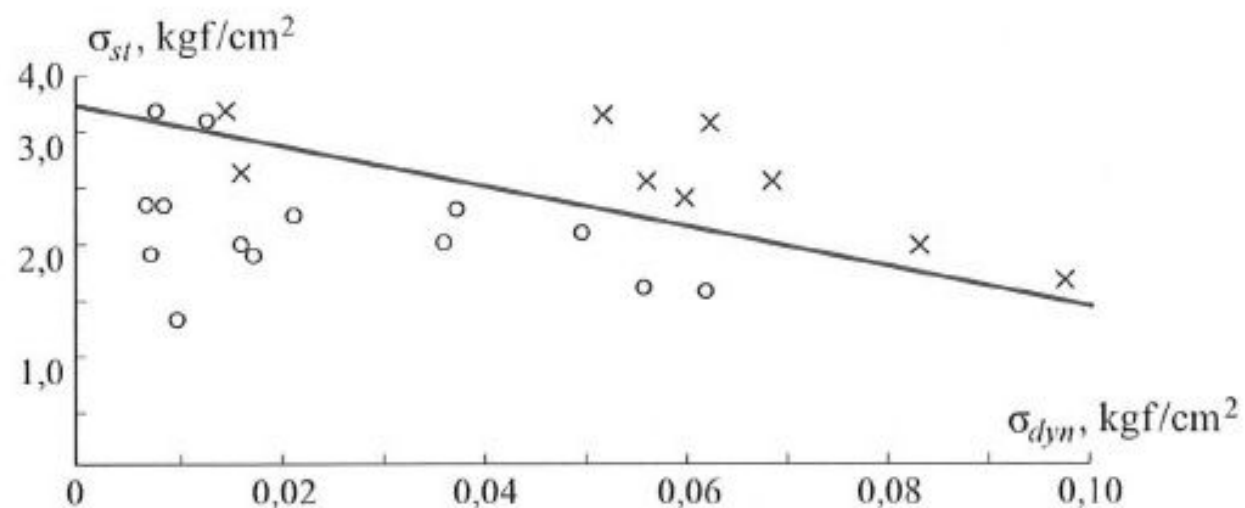


Рис. 19.66. Результаты испытаний грунтового основания на виброползучесть при динамических нагрузках

В принципе эти цифры могут служить ориентиром для инженеров при определении возможности возникновения виброползучести в аналогичных условиях.

Необходимо специально подчеркнуть, что явление виброползучести определяется не ускорением колебаний (что было проверено по данным этого эксперимента), а некоторым соотношением между статическими и динамическими напряжениями под подошвой фундаментов, опирающихся на указанные выше грунты.



# **Станции метрополитена**

**В Москве реализуется программа строительства новых станций метрополитена с 2012 по 2020 годы будет простроено 79 станций**

**Ниже приведены отдельные примеры**

**Генеральный проектировщик**

**АО «Мосинжпроект»**

# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Борисово» (2011 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Зябликово» (2011 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Зябликово» (2011 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Шипиловская» (2011 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Шипиловская» (2011 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Шипиловская» (2011 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



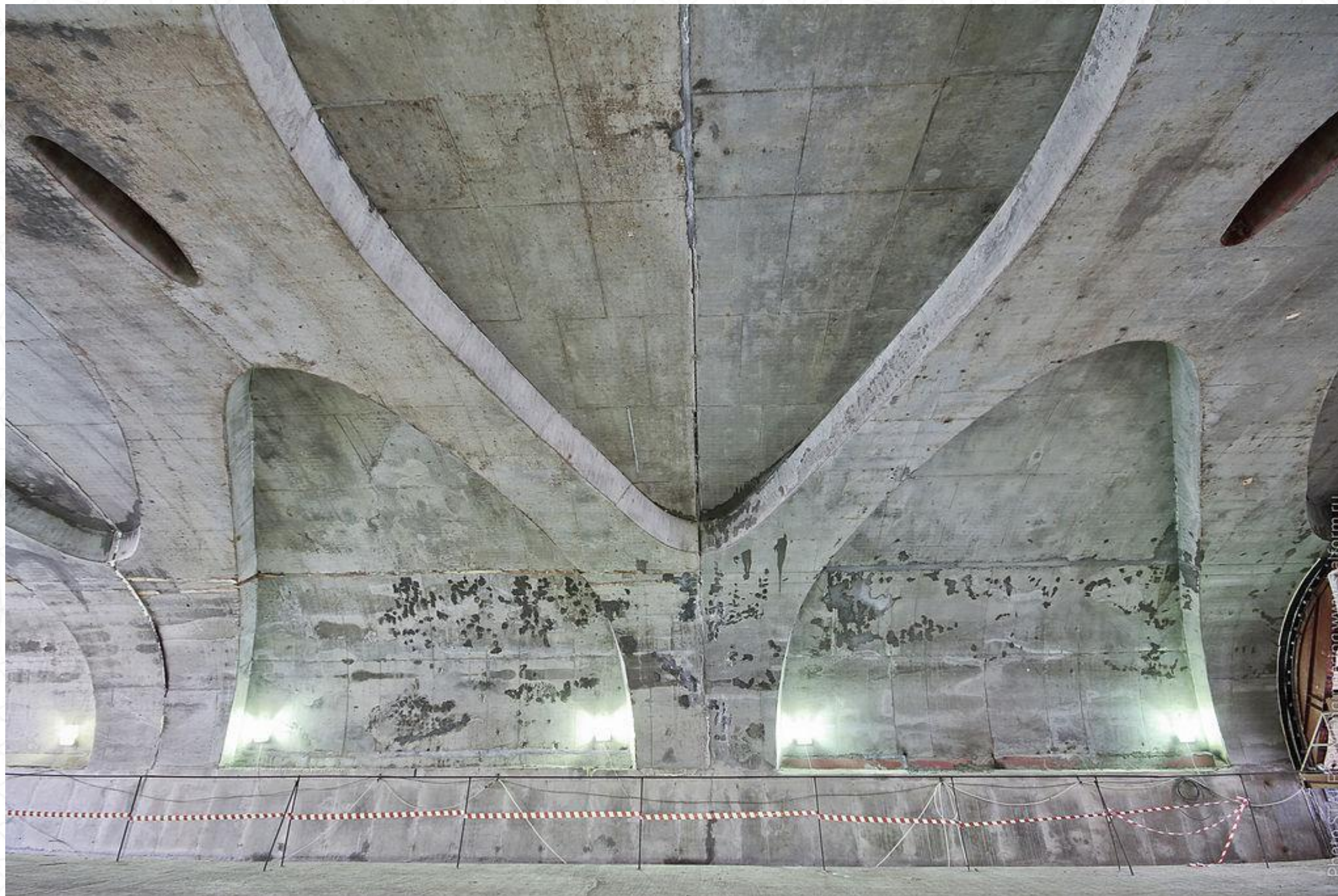
## Станция метро «Новокосино» (2012 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Новокосино» (2012 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Пятницкое шоссе» (2012 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Пятницкое шоссе» (2012 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Пятницкое шоссе» (2012 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Битцевский парк» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Деловой центр» (2013 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Деловой центр» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Жулебино» (2013 год)



Aksenov Dmitry  
Мир метро/Metroworld

MIRMETRO.NET

# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Жулебино» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Жулебино» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



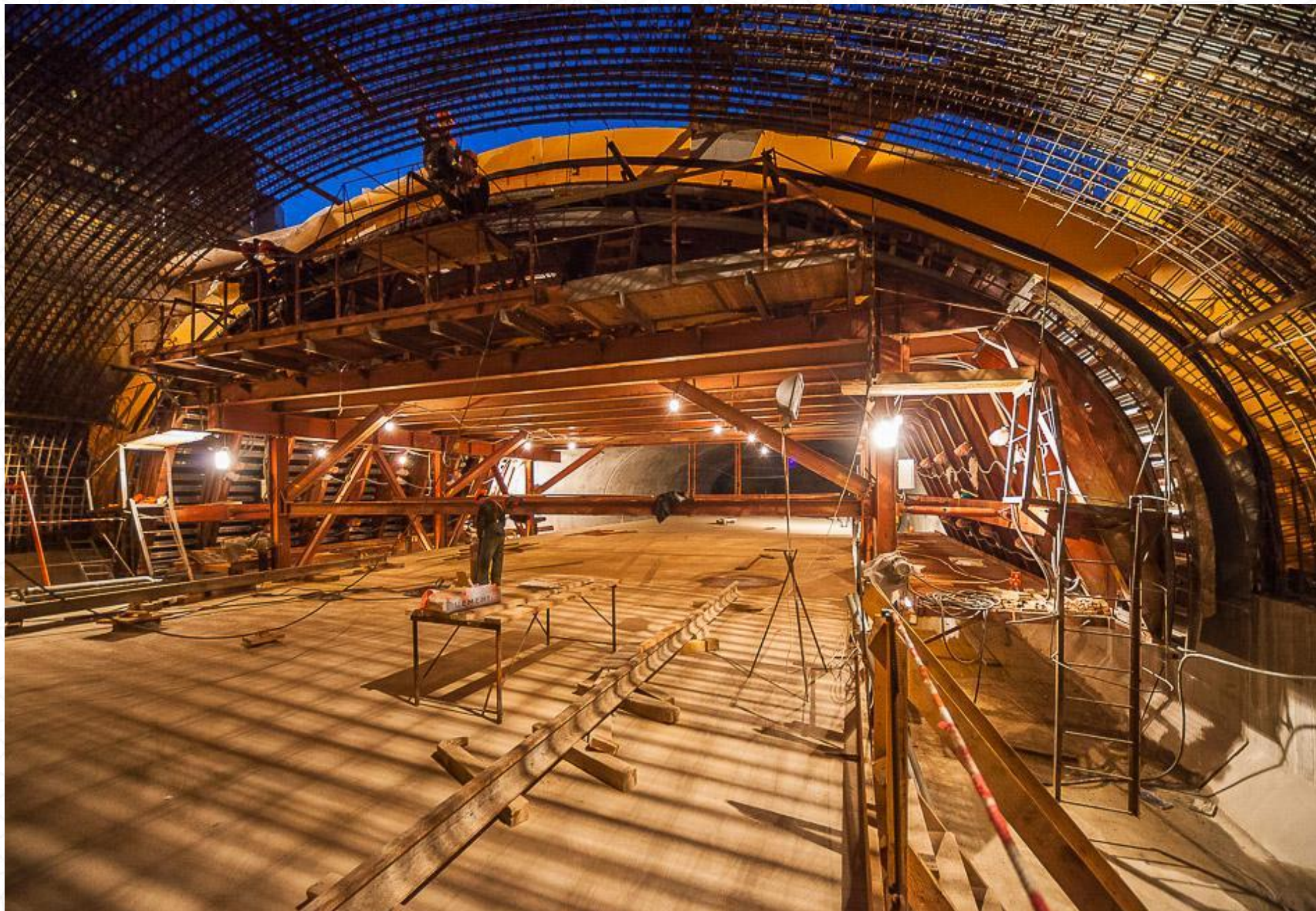
## Станция метро «Лермонтовский проспект» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Лермонтовский проспект» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Лермонтовский проспект» (2013 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Спартак» (2014 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Спартак» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Спартак» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Спартак» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Спартак» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Тропарёво» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Тропарёво» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Тропарёво» (2014 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Котельники» (2015 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Котельники» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Котельники» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



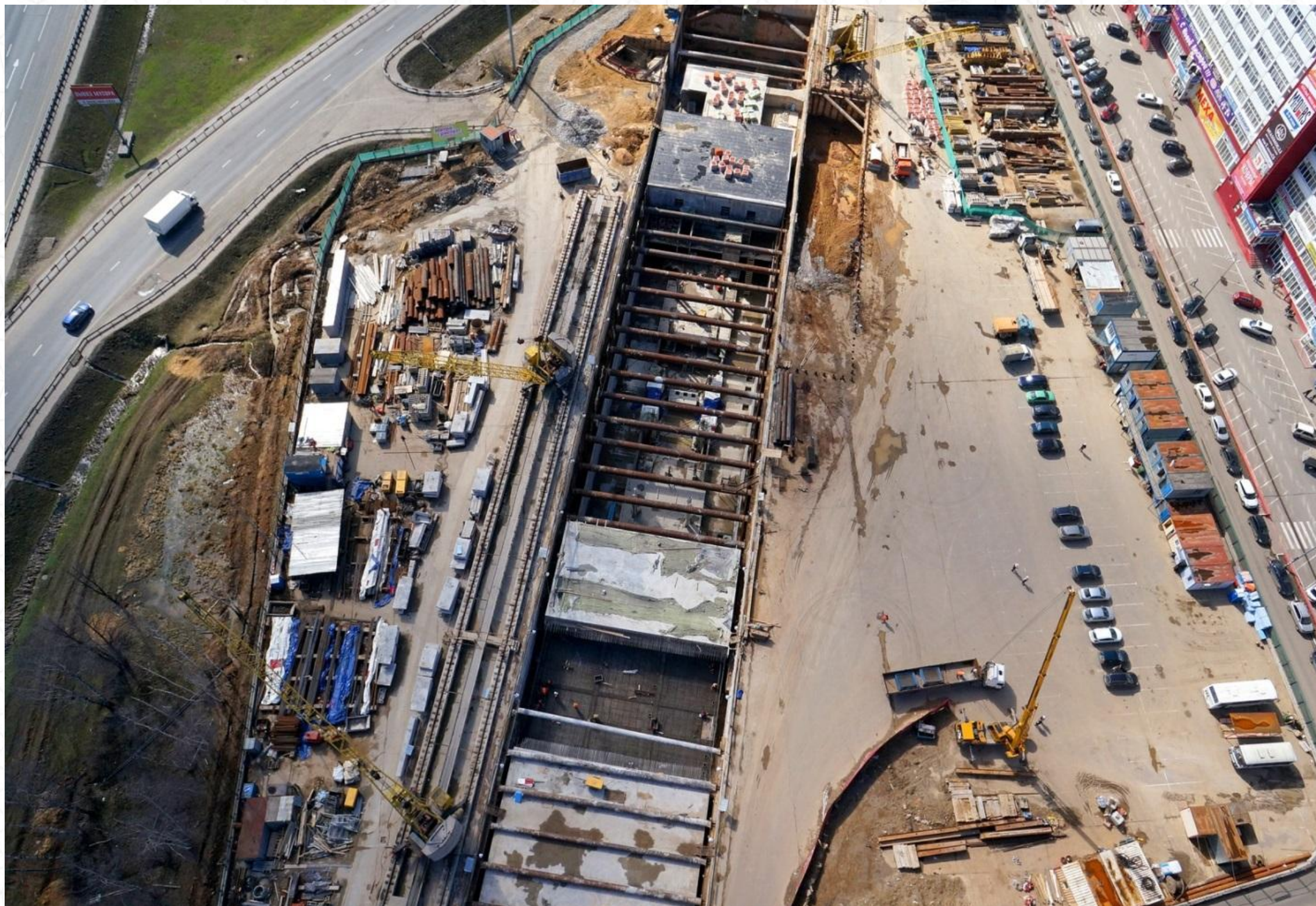
## Станция метро «Котельники» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Румянцево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Румянцево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Румянцево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Румянцево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Саларьево» (2015 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Саларьево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Саларьево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Саларьево» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Технопарк» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Технопарк» (2015 год)



# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)



## Станция метро «Технопарк» (2015 год)





# Новые станции и линии метрополитена. Московское центральное кольцо (МЦК)





# Спасибо за вн



Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Российская Академия архитектуры и строительных конструкций  
Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению  
Международное геосинтетическое общество