



Российская геотехника – шаг в XXI век
Юбилейная конференция, посвященная
50-тилетию РОМГГиФ

Москва, 15-16 марта 2007 г.

И.В.Колыбин

Подземные сооружения и
котлованы в городских условиях – опыт
последнего десятилетия

Хронология основных событий



1972- 87 г. Строительство подземной стоянки на ул. Эйзенштейна



1998 Издание МГСН 2.07-97



1998 - 2007 г. Строительство ММДЦ "Москва-Сити"



2005 Издание СП 50-101-2004

1980

1985

1990

1995

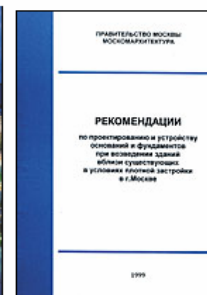
2000

2005

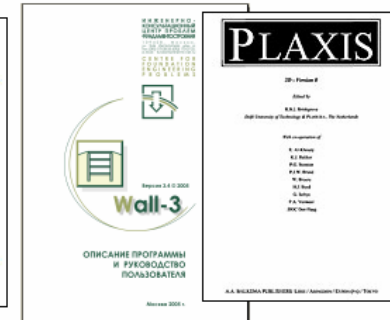
1993 - 97 г. Строительство ТРК "Охотный ряд"



1999 Издание серии рекомендаций по строительству в городских условиях

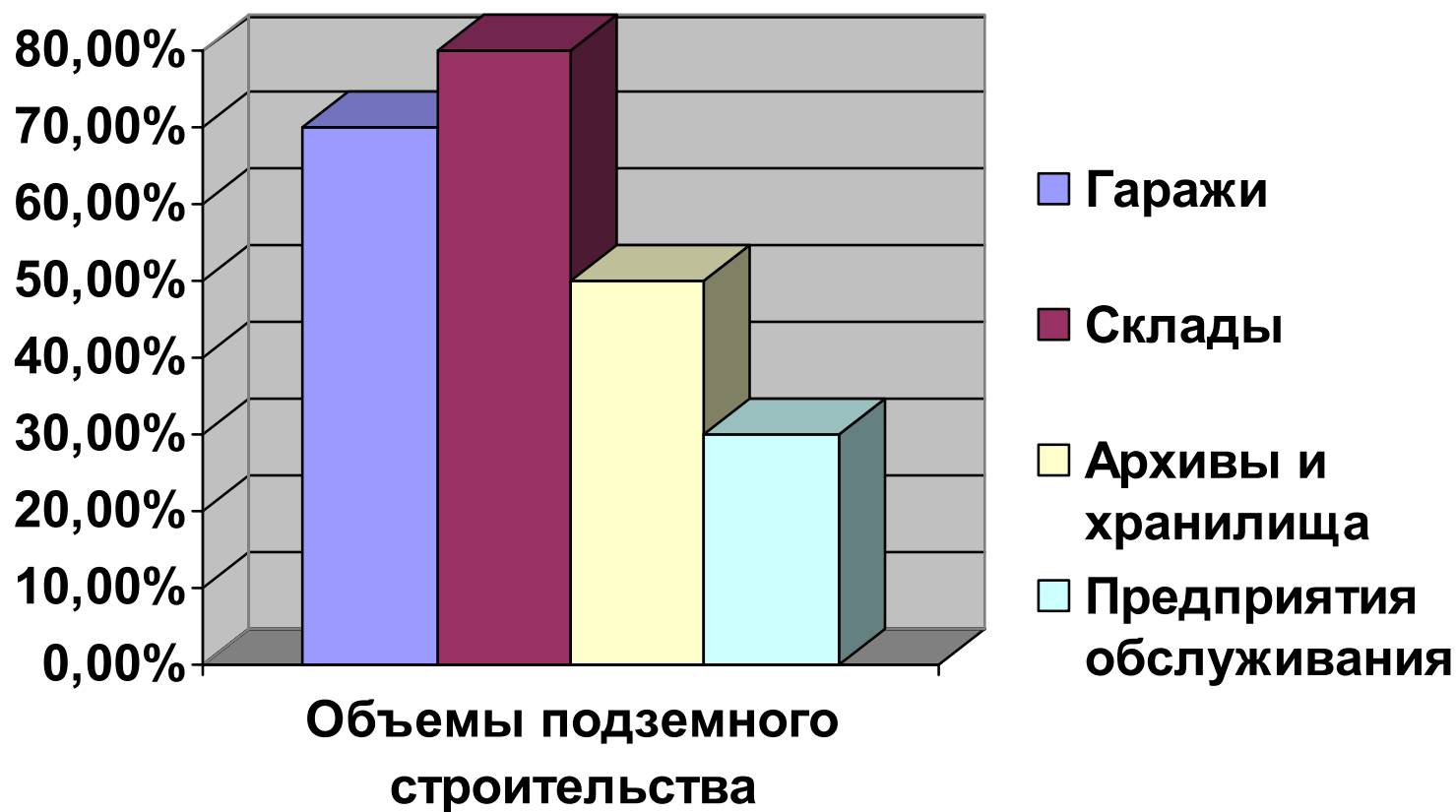


Начало использования в проектировании коммерческих программ



Перспективы и масштабы освоения подземного пространства

Перспективы использования подземного пространства Москвы в соответствии с НИПИГенплана



Характеристики некоторых подземных объектов в Москве

Характеристика объекта	Объем экскавации в котловане, м ³	Периметр подпорных стен, м	Глубина котлована, м	Количество подземных этажей
<i>Построенные объекты</i>				
Центральное ядро ММДЦ «Москва-Сити»	1 354 000	1770	26	6
ТРК «Охотный ряд» на Манежной площади	280 000	780	18	4
Комплекс «Царев сад» на Софийской набережной	155 000	534	15	4
Международный отель «Ritz Carlton» на ул. Тверская	100 000	280	20	5
Турецкий торговый центр в Замоскворечьи	78 000	314	13	3
Многофункциональный комплекс «Арбат-Центр»	44 000	255	16	5
Подземная стоянка на площади Революции	22 000	220	14	4
<i>Строящиеся и проектируемые объекты</i>				
Башня «Россия», участки 17-18 ММДЦ «Москва-Сити»	830 000	672	40	10
Многофункциональный комплекс на площади Павелецкого вокзала	620 000	1050	15-30	3-6
Многофункциональный комплекс на площади Тверская застава	490 000	1200	15-22	3-5
Бизнес-центр «Миракс-Плаза» на Кутузовском проспекте	350 000	1100	16	4
Жилой комплекс «Итальянский квартал» на ул. Долгоруковская	240 000	620	10	3

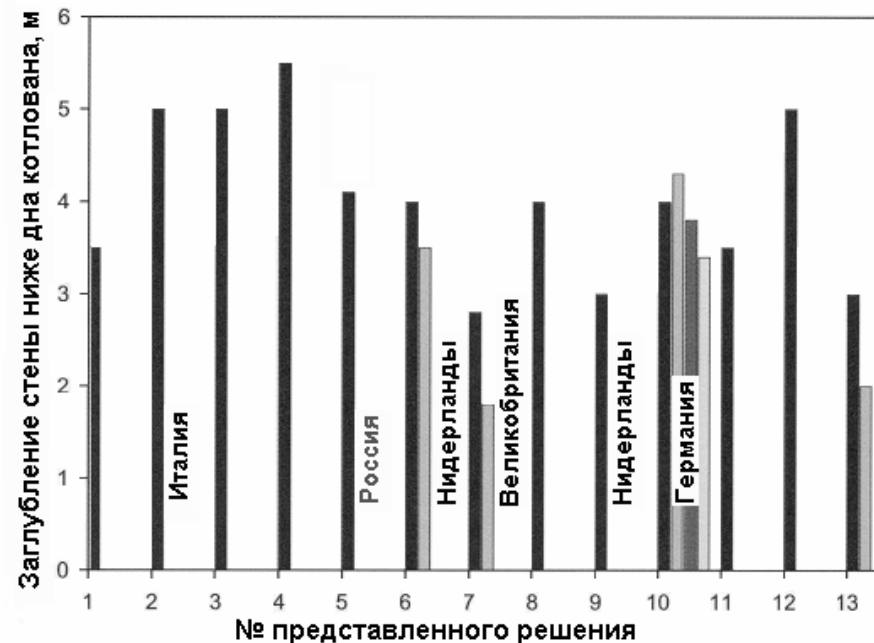
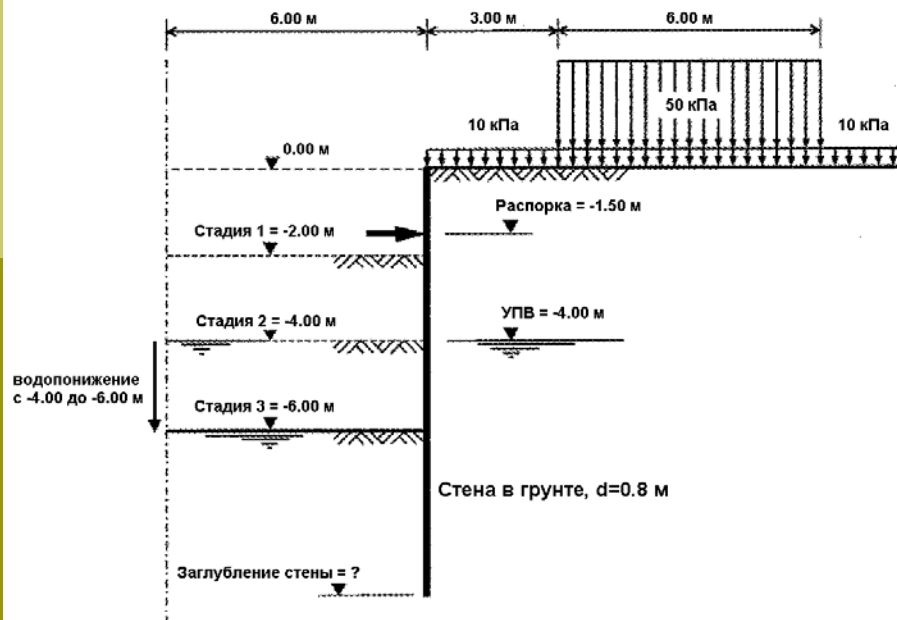
Методы расчета и строительные нормы

Методы расчета ограждений КОТЛОВАНОВ

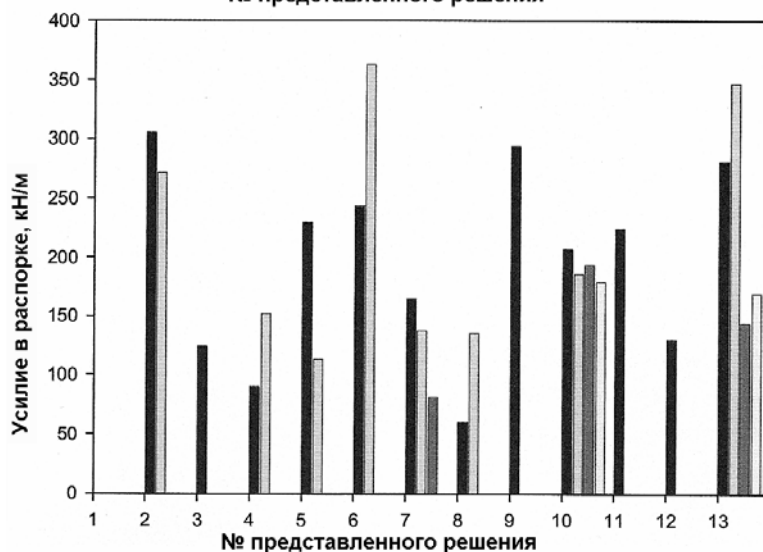
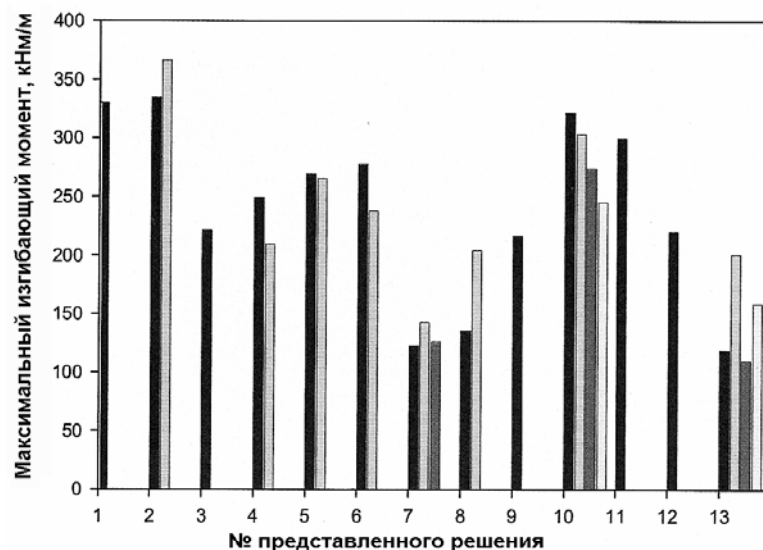
- **Численные методы решения контактной задачи**
WALL-3, PARIS, ReWaRD, BMWALL, DEEP
- **Метод конечных элементов**
PLAXIS, GEOSLOPE, Z-Soil, FEM-models, FLACK
- **Экспертно-аналитические системы и базы данных**

Сопоставление результатов расчета тестового примера

Деформационные и прочностные характеристики					
	E , МПа	ν	φ' , град.	c' , кПа	γ , кН/м ³
Грунт	30	0.3	27.5	10	20/19
Стена	30000	0.18	-	-	24



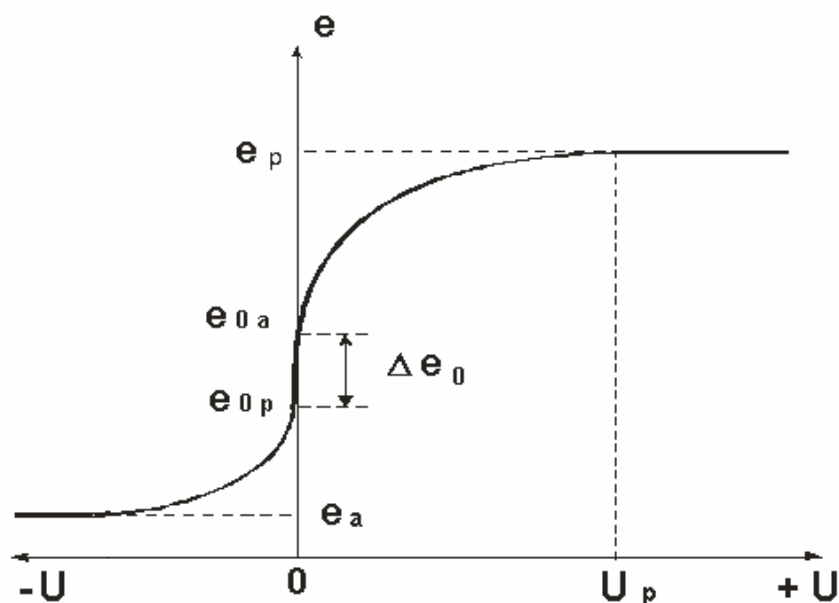
Сопоставление результатов расчета тестового примера



Различия в результатах
расчетов связаны с:

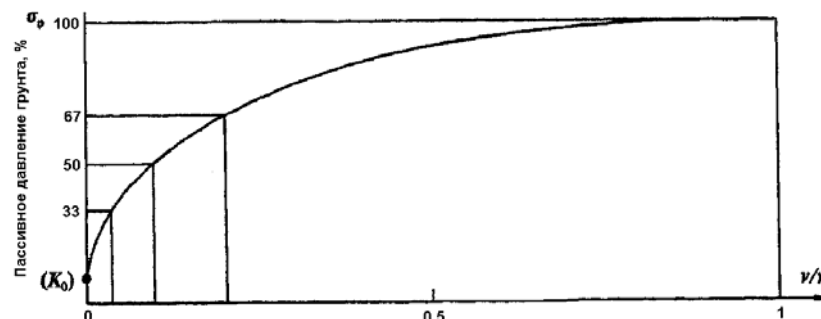
- Разбросом требуемого коэффициента общей устойчивости от 1.15 до 2.0;
- Разницей в коэффициентах трения грунта по стене от 0.3φ до 0.8φ ;
- Учетом или пренебрежением сцепления на контакте стены с грунтом;
- Различными коэффициентами надежности по нагрузкам.

Зависимость бокового давления грунта от перемещений конструкции

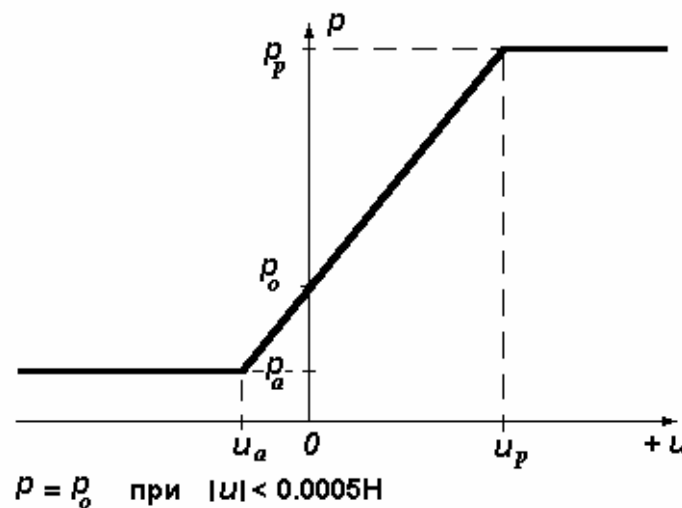


Зависимость с учетом «порога гравитации»

(М.П.Дубровский. О давлении грунта в состоянии покоя на подпорные стенки)



Зависимость в соответствии с Еврокодом 7



$p = p_0$ при $|u| < 0.0005H$

Зависимость в соответствии с МГСН 2.07-97

Современные технологии и уникальные объекты

Оборудование для устройства «стены в грунте»



Плоский грейфер



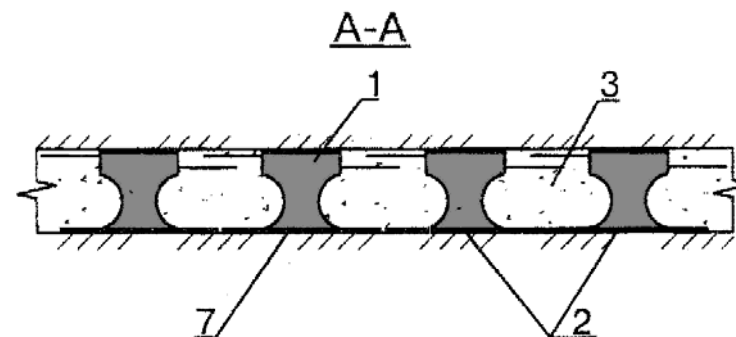
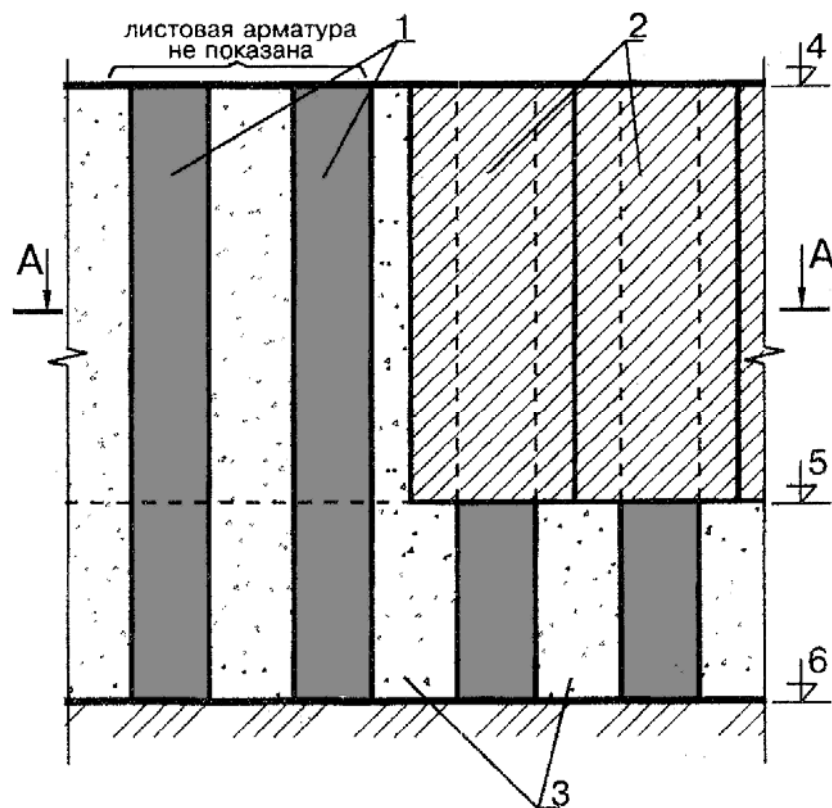
Гидрофреза



**Устройство «стены в грунте»
малогабаритным оборудованием**

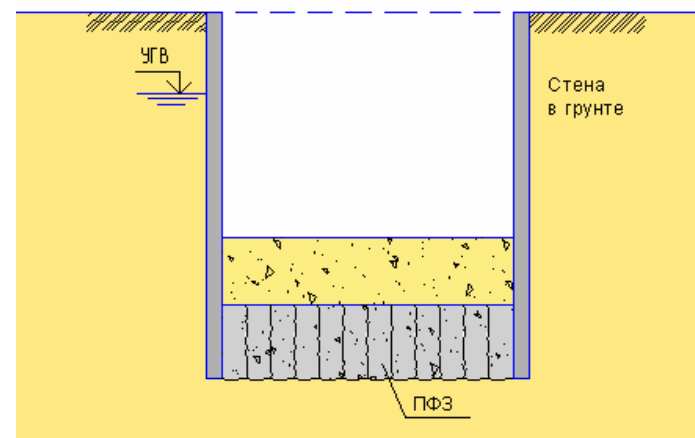
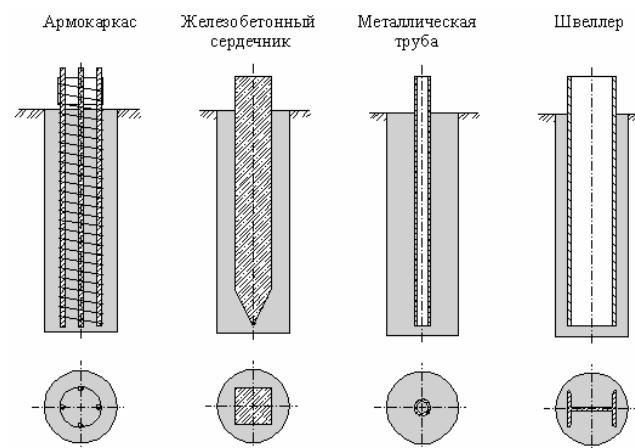
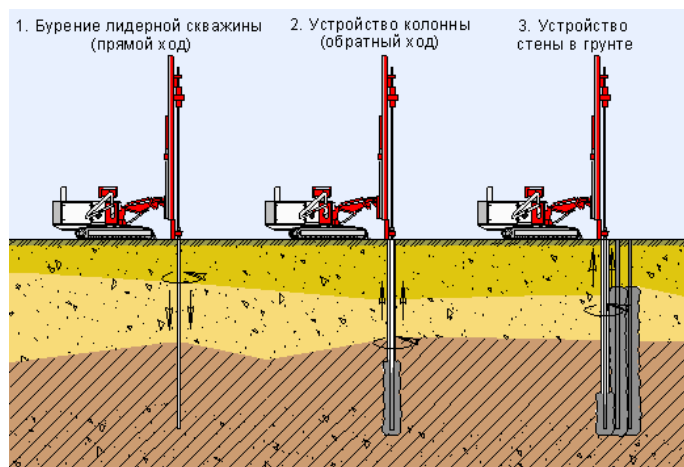
(Сингапур)

Конструкция сборно-монолитной «стены в грунте» с листовой арматурой



- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1 – стеновой блок | 5 – отметка дна котлована |
| 2 – листовая арматура | 6 – отметка низа стены |
| 3 – бетонное заполнение | 7 – контур траншеи |

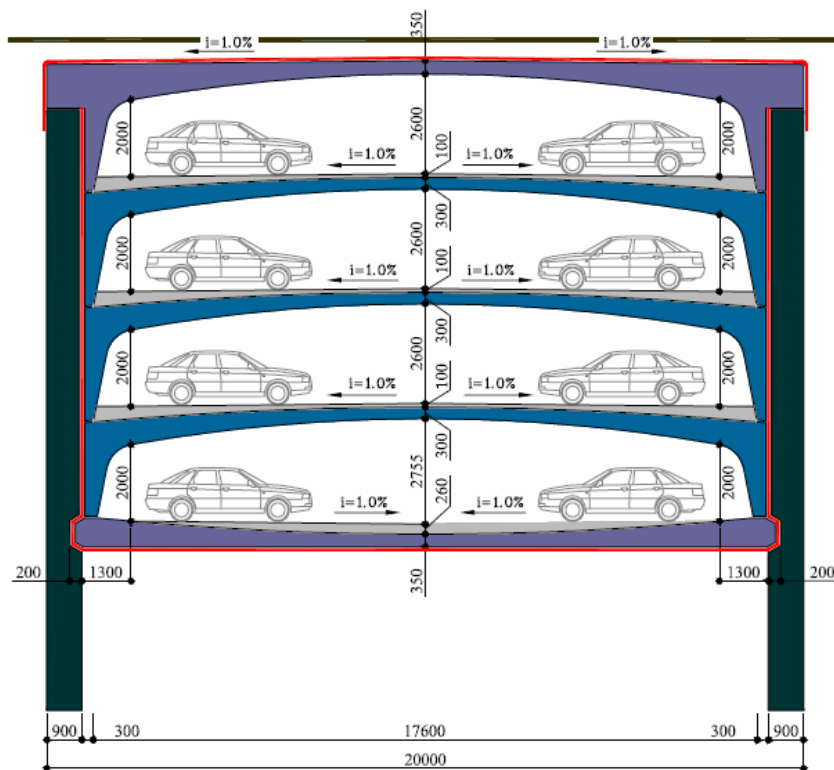
Использование струйной технологии при устройстве котлованов



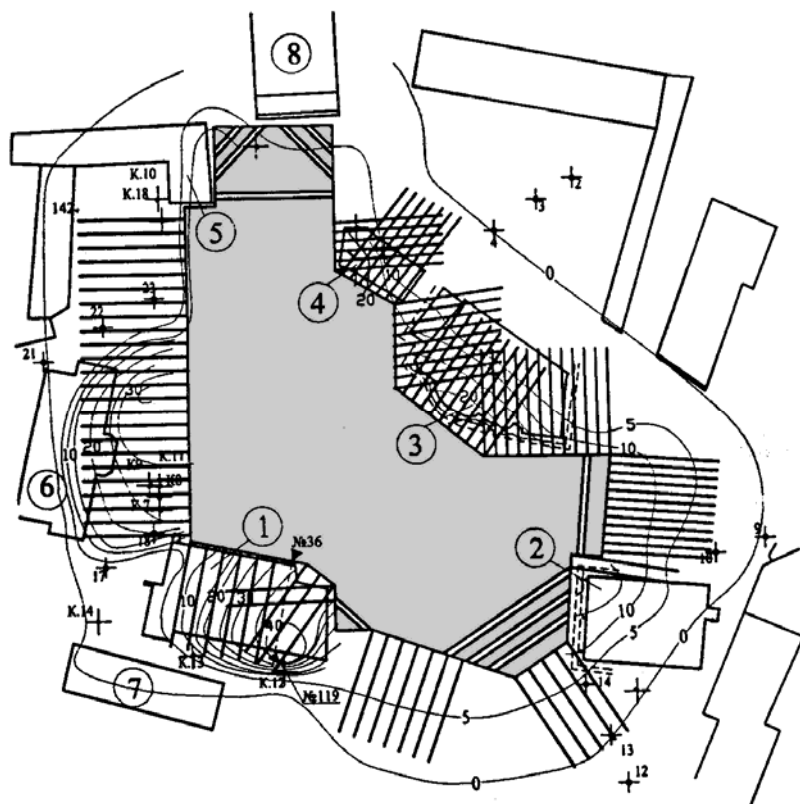
Строительство транспортного тоннеля в Москве с использованием jet-свай



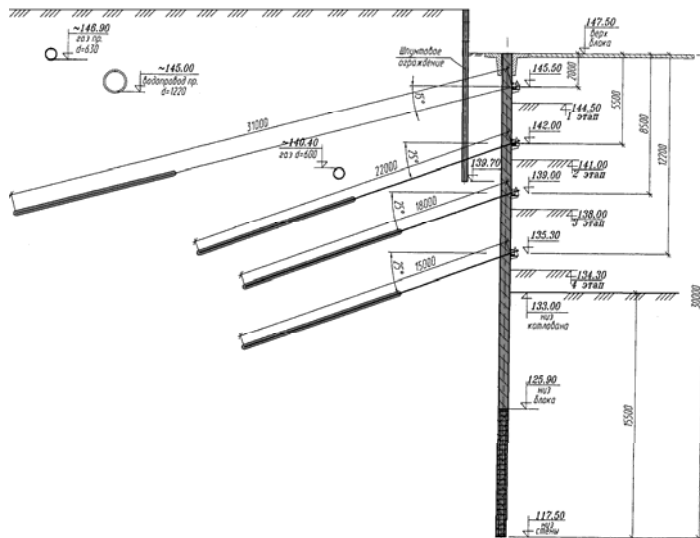
Подземная автостоянка на площади Революции в Москве



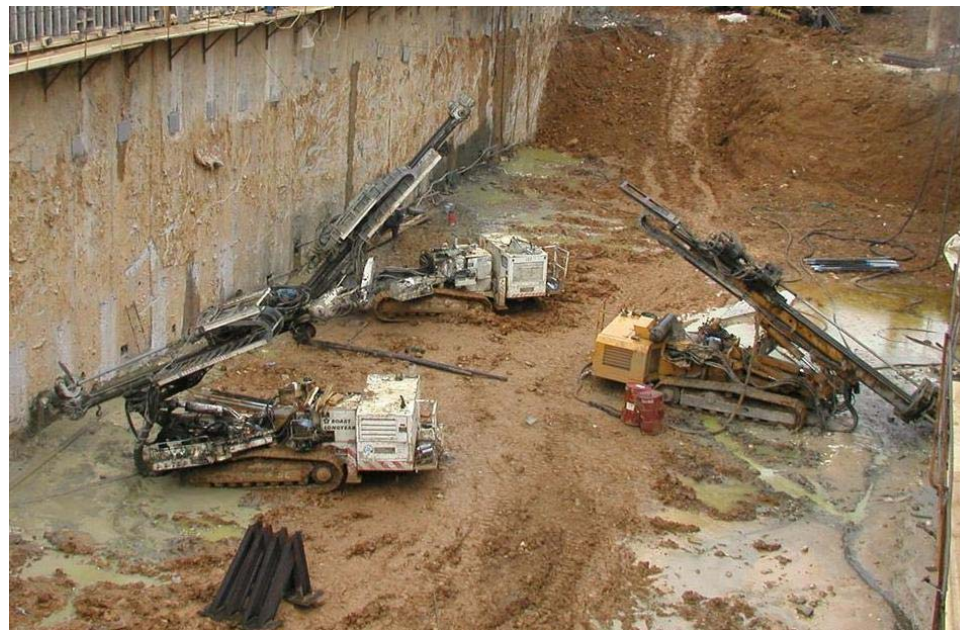
Турецкий торговый центр в Замоскворечьи



Московский Океанариум на Поклонной горе



Станционный комплекс «Аэропорт Внуково»

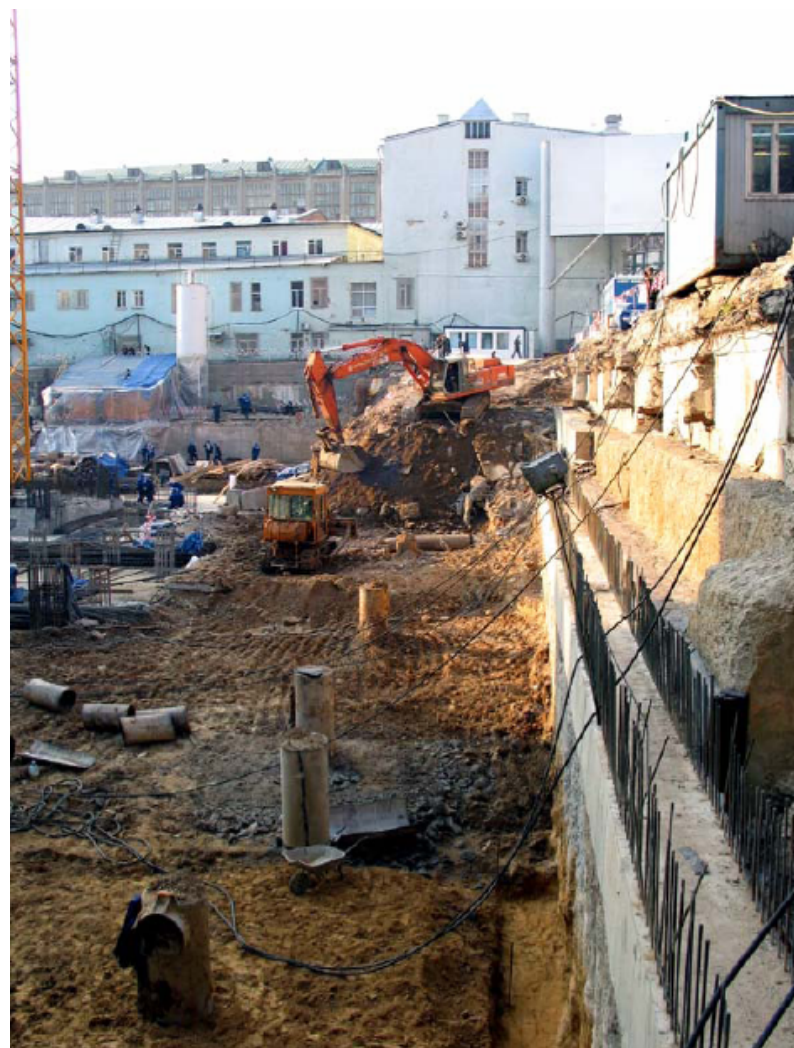
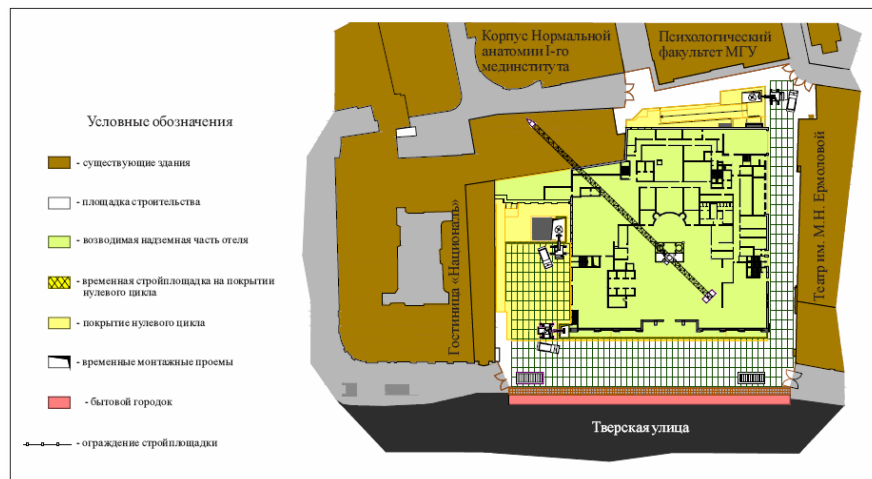
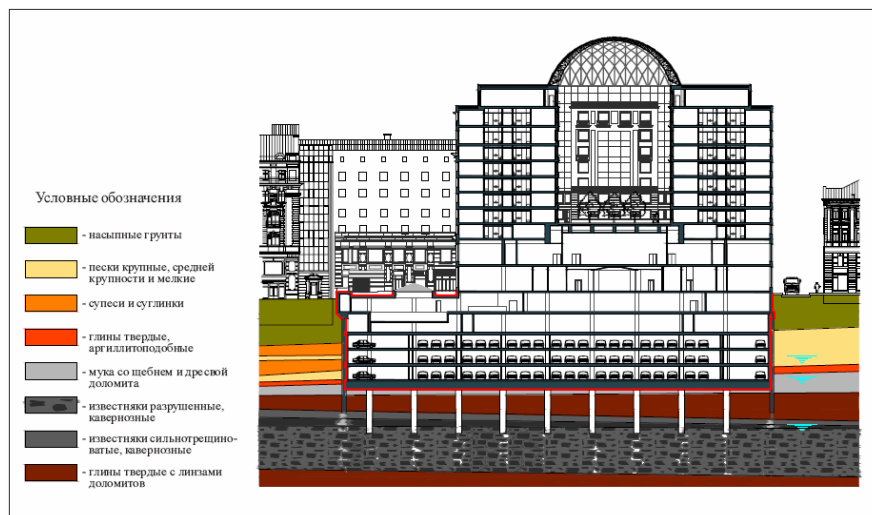


Использование ферм в качестве распорных элементов

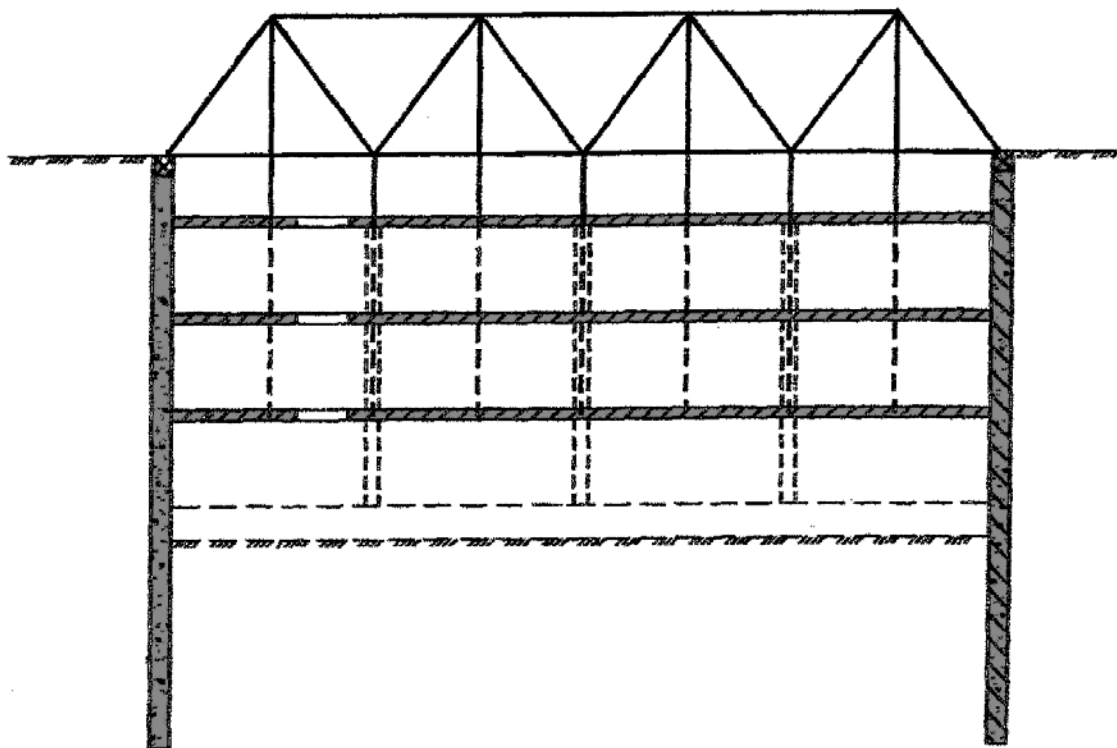


Строительство отеля Sentury
в Сан-Франциско (США)

Строительство по технологии top-down гостиницы «Риц-Карлтон»



Способ строительства по технологии top-down без устройства промежуточных опор



Патент № RU 2220258 C1 (С.О.Зеге)

Строительство по технологии semi-top-down

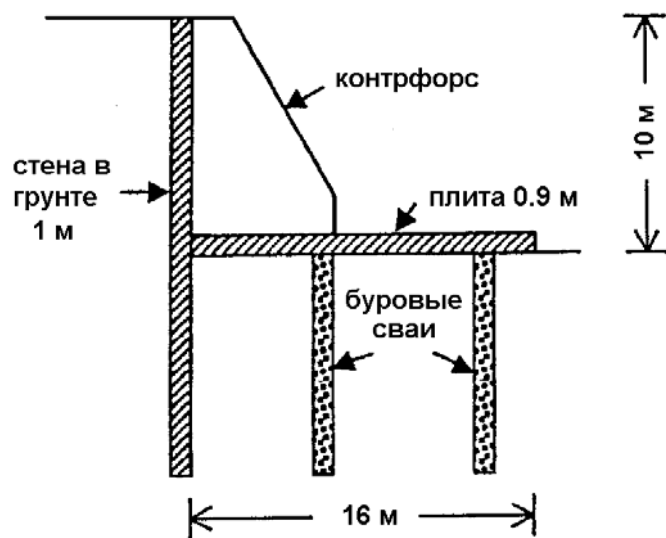


Офисный центр на Ленинградском
проспекте



Универмаг «Ашан»
на Красносельской улице

Использование «стены в грунте» с контрфорсами

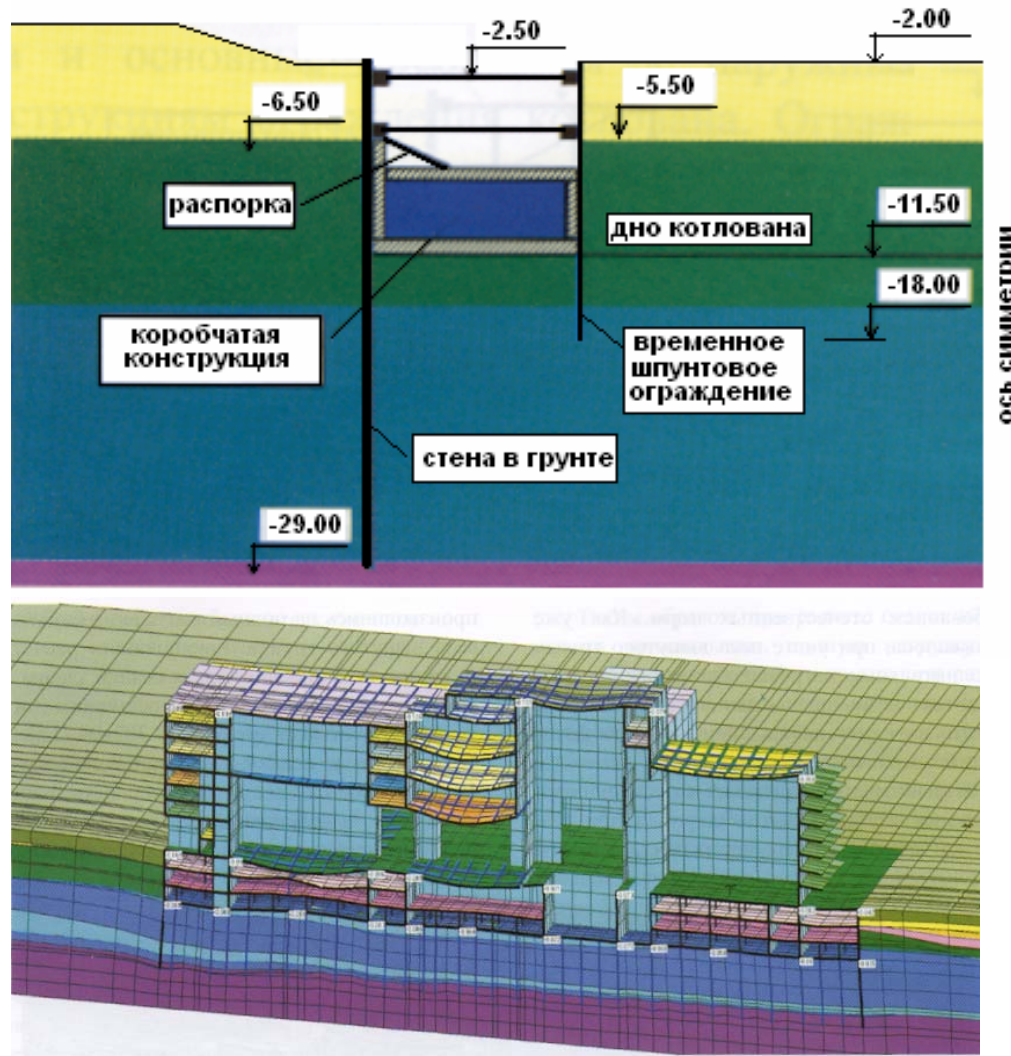


Эспланада-театр в
Сингапуре



Культурно-выставочный
центр в Монако

Проект второй сцены Мариинского театра в Санкт-Петербурге

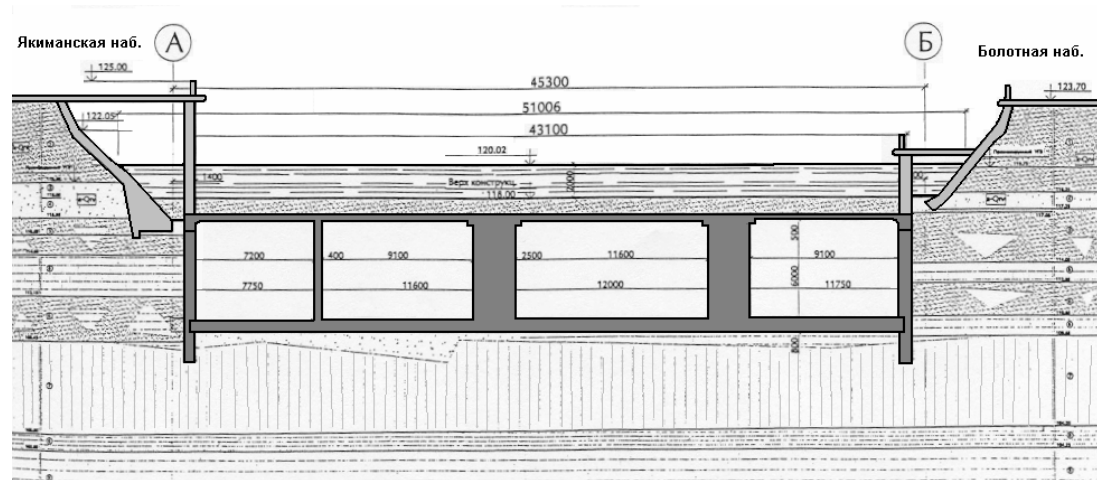


Проект НПО
«Геореконструкция-
Фундаментпроект»

Подводное строительство в городских условиях

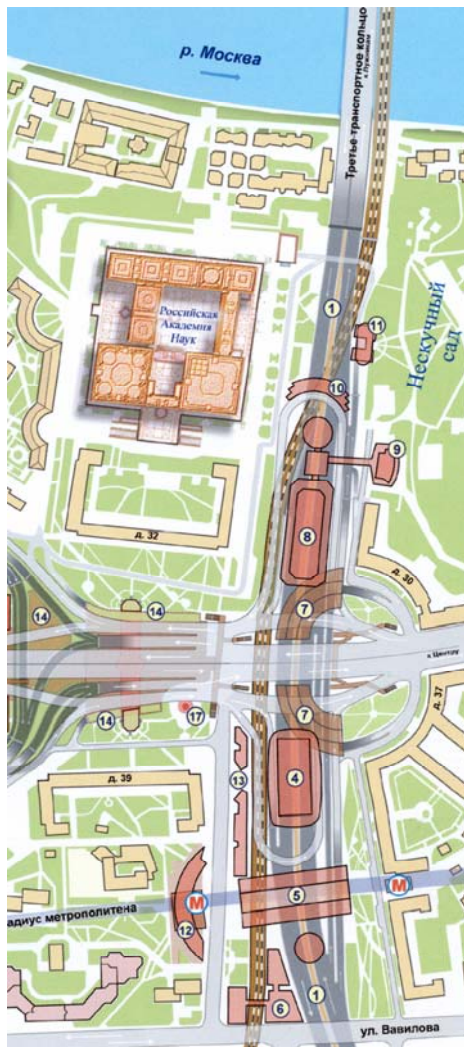


Строительство тоннеля под каналом в Нидерландах



Проект автостоянки под руслом Водоотводного канала в Москве

Строительство подземного моста в районе площади Гагарина в Москве



Строительство подземного этажа при реконструкции ЦВЗ «Манеж»



Проблемы влияния на окружающую застройку

Типы защитных мероприятий

- **Активные мероприятия**

- Выбор технологии крепления и последовательности устройства котлована, позволяющих снизить деформации ограждающей конструкции и грунтового массива;
- Установка дополнительных распорных или анкерных конструкций помимо тех, которые необходимы из расчета подпорной стены по I группе предельных состояний;
- Мероприятия по сохранению существующих уровней и пьезометрических напоров в горизонтах подземных вод.

- **Пассивные меры защиты**

- Усиление фундаментов буроинъекционными и задавливаемыми сваями;
- Усиление фундаментов с помощью струйной технологии (jet-grouting);
- Химическое закрепление оснований, в том числе цементацией и микродуром;
- Устройство разделительных стенок и отсечных экранов в грунте;
- Компенсационное нагнетание, геотехнический барьер;
- Усиление надземных конструкций здания.

Аварийные ситуации

Аварийные ситуации при устройстве котлованов в Москве

Объект	Краткое описание	Причины
1. Котлован нового здания МЖД	Значительные перемещения «стены в грунте», образование трещин в окружающих зданиях	Потеря преднапряжения в анкерах в результате длительного перерыва в строительстве
2. Многоэтажный подземный гараж в СВАО	Сверхпроектные перемещения «стены в грунте», образование трещин в примыкающем здании	Несвоевременная установка элементов распорной системы
3. ТРК «Охотный ряд»	Образование трещины между «стеной в грунте» и удерживающей плитой	Дефекты сварки в узле сопряжения
4. Центральное ядро ММДЦ «Москва-Сити»	Горизонтальные перемещения восточной стены котлована до 20 см	Изменение проекта после завершения «стены в грунте», взрывные работы
5. Котлован подземной части здания в ЮЗАО	Обрушение части «стены в грунте» с анкерным креплением	Ошибки при определении усилий в анкерах, обильные дожди
6. Котлован жилого комплекса в ЮЗАО	Обрушение части ограждения котлована из двутавровых элементов	Несвоевременная установка наклонных раскосов, дожди
7. Котлован торгового центра в ВАО	Горизонтальные перемещения «стены в грунте» до 60 см	Отступления от последовательности ПОС
8. Котлован административного комплекса в САО	Уход в котлован водонасыщенной грунтовой массы сквозь дефектный участок «стены в грунте»	Некачественное выполнение «стены в грунте», недостаток авторского надзора

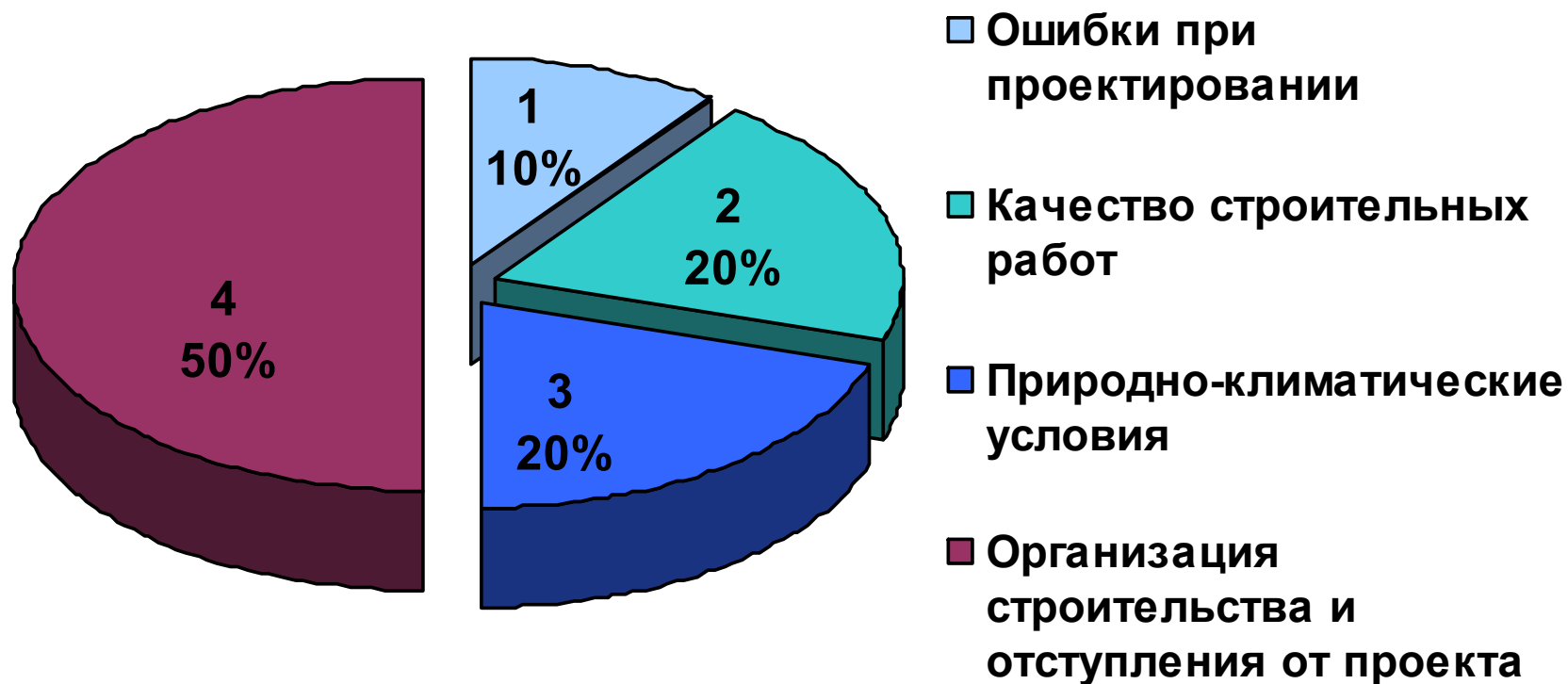
Предаварийная ситуация при строительстве торгового центра в ВАО г. Москвы



Авария при строительстве административного комплекса в САО г. Москвы



Причины аварийных ситуаций при устройстве котлованов



Заключение

- В России накоплен значительный положительный опыт проектирования и строительства городских подземных сооружений, устраиваемых в котлованах.
- Сложность и масштабы объектов подземного строительства в нашей стране не уступают их зарубежным прототипам.
- Многие отечественные идеи и технологии, используемые при освоении подземного пространства, не имеют аналогов за рубежом.
- Прошедшее десятилетие ознаменовалось разработкой ряда российских нормативных документов, в которых впервые в нашей стране были заложен комплексный подход к проектированию подземных сооружений, легализованы численные методы анализа, сформулированы требования к мониторингу и научному сопровождению объектов подземного строительства.
- Важным для подземного строительства является развитие в нашей стране численных методов и программных комплексов, способных соперничать с зарубежными аналогами.
- Целесообразно стремиться к более тесному сотрудничеству инженеров-геотехников и конструкторов при моделировании работы подземных сооружений.
- Новым направлением в научном обеспечении задач подземного строительства является создание автоматизированных экспертных систем на основе имеющихся баз данных.
- Отечественный опыт подземного строительства нуждается в более тщательном документировании и широкой публикации. В этом компоненте российские геотехники заметно проигрывают зарубежным коллегам.
- Требуется объективное обсуждение аварийных ситуаций в открытой печати.