

Московский государственный строительный университет
ЗАО «Ингеострой»

Уплотнение и упрочнение грунтов на основе модифицированных КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

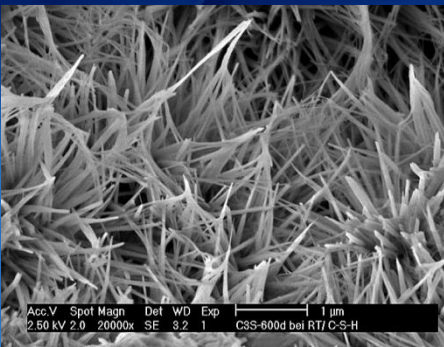
Пустовгар А.П., МГСУ
Харченко И.Я.,
ЗАО«Ингеострой»

Москва - 2016

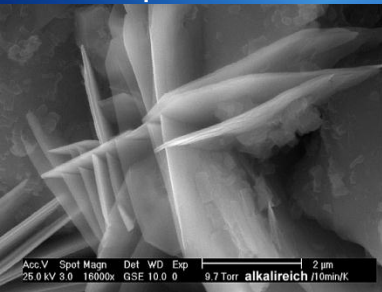
Основные направления деятельности

- » строительная диагностика зданий и сооружений, разработка проектных решений по обеспечению их эксплуатационной пригодности, обеспечение автоматизированного мониторинга в процессе строительства и эксплуатации
- » разработка и совершенствование методов расчёта и проектирования подземных конструкций при строительстве промышленных и гражданских зданий и сооружений
- » разработка и внедрение инновационных строительных материалов и технологий строительства подземных сооружений в условиях плотной городской застройки, научно-техническое сопровождение при реализации проектных решений

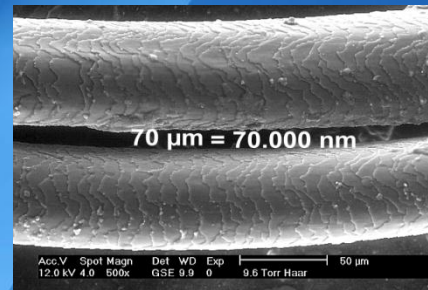
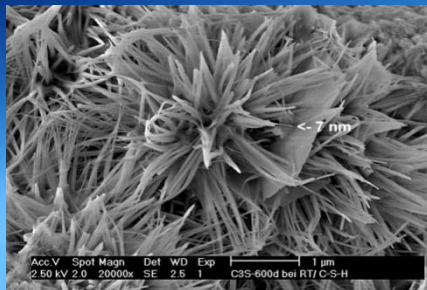
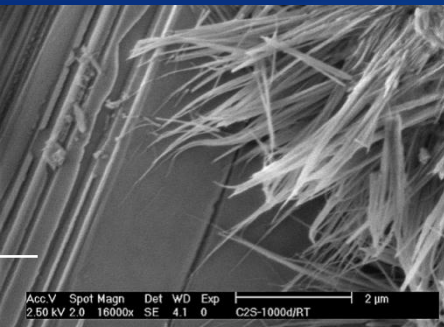
Инновационные строительные материалы на основе микро- и нанодисперсных минеральных порошков



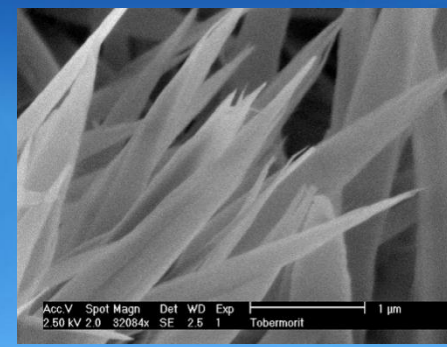
ГСК Длина - 1,5 µm, игольчатая форма - толщина 5 nm



Сингенит

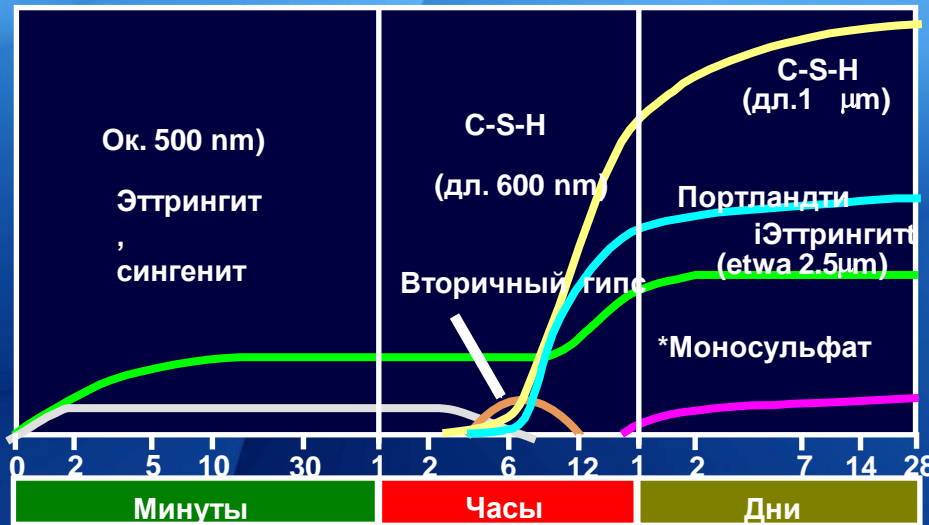


Размеры C-S-H-фазы в сравнении с волосом



Тоберморит - 1.13 nm

Тенденция развития фазовых образований

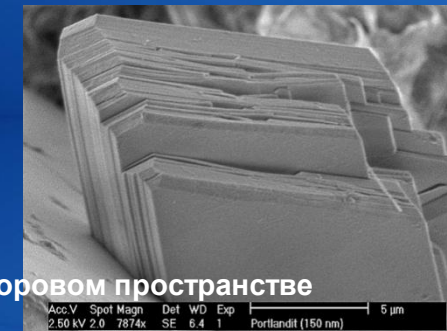


Этtringит

Схема гидратационного твердения композиционных вяжущих

β-C₂S –фаза через 3 года

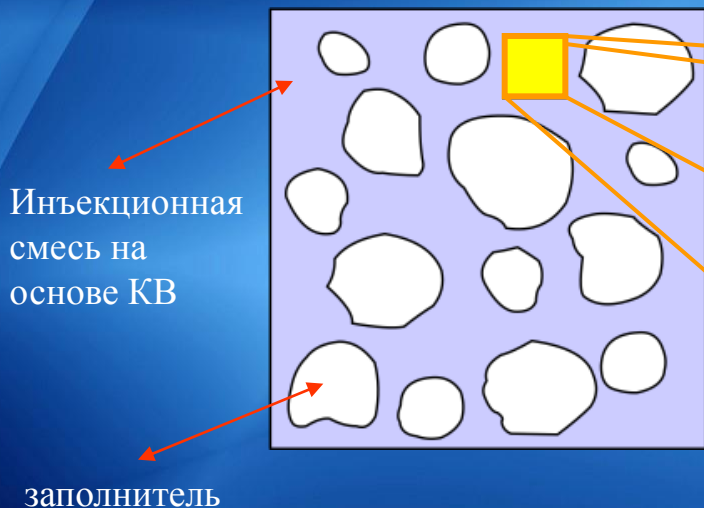
Кристаллы портландита в поровом пространстве



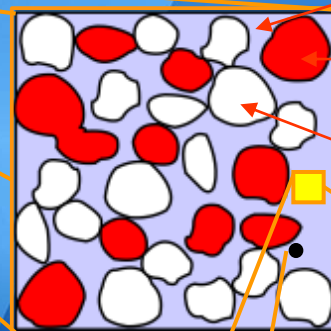
Портландит (150 nm)

Макро – и микроструктура грунтобетона

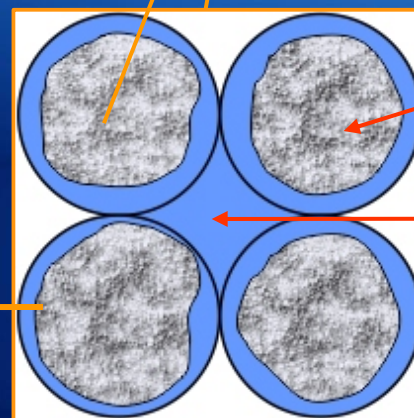
Структура грунтобетонной смеси



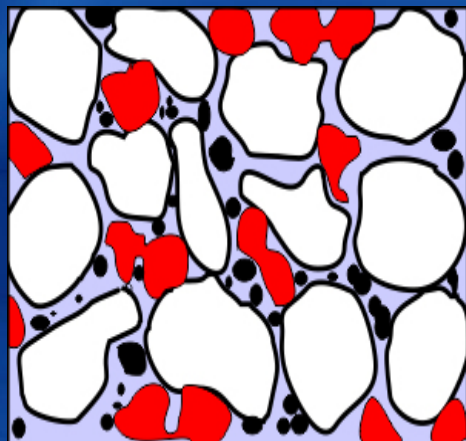
Структура цементного теста



Микроструктура цементного теста



Структура грунтобетонной смеси с микро – и наноаполнителем



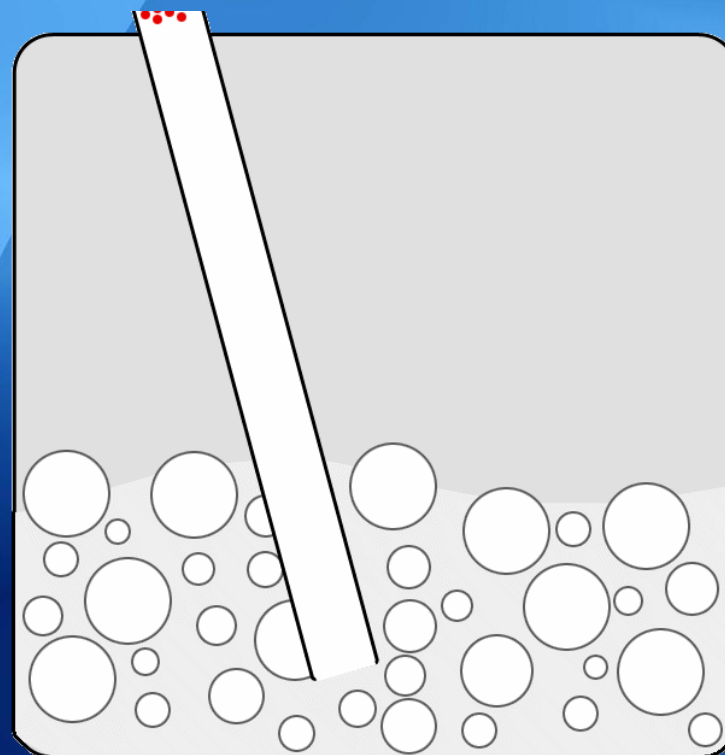
6

Частицы микроцемента на человеческом волосе



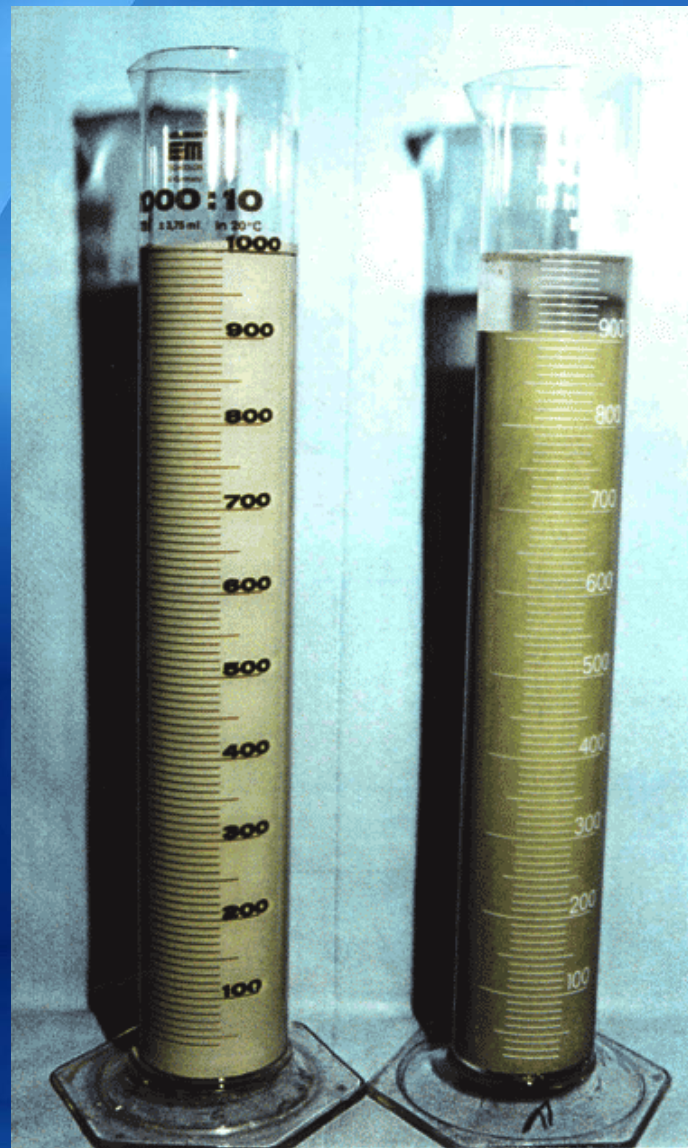
Микроцемент – готовый продукт для:

- » уплотнения и упрочнения грунтов;
- » повышения несущей способности фундаментов, свайных оснований;
- » углубления подвальных помещений в существующих зданиях;
- » Устройства водонепроницаемых экранов в грунтах;
- » восстановления качества бетонных и железобетонных конструкций;



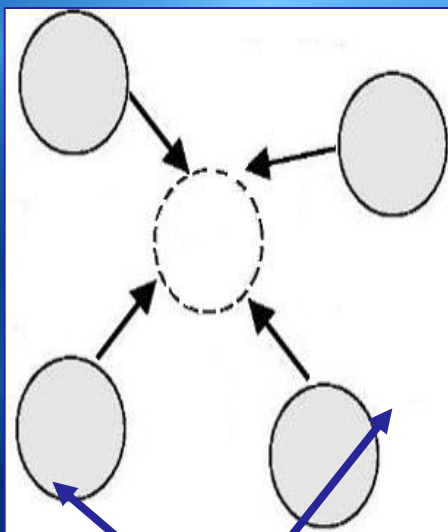
Седиментация водной суспензии микроцемента

(В/Ц=3,0; t=360мин)



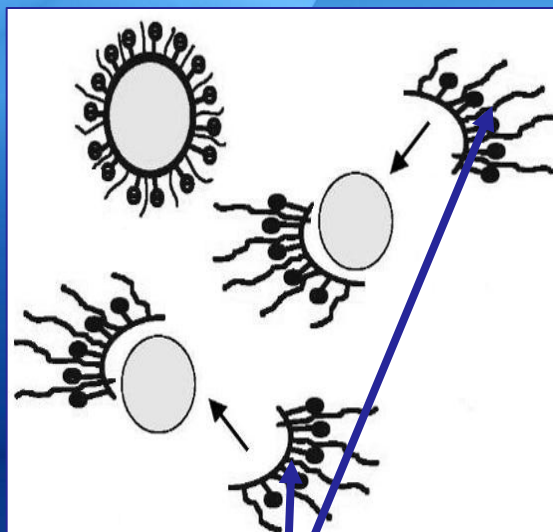
Диспергирование микроцемента в воде затворения

Агломерация



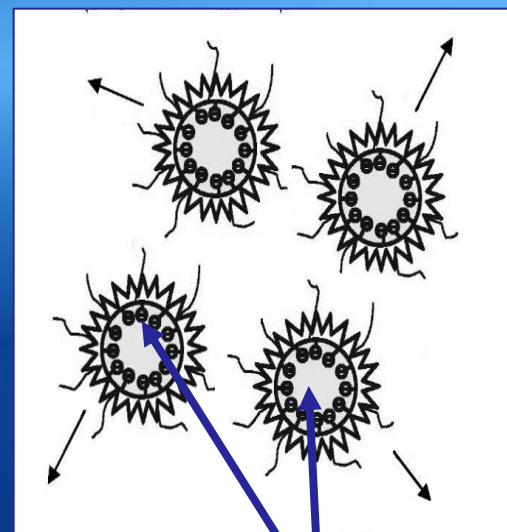
Частицы цемента

Конденсация



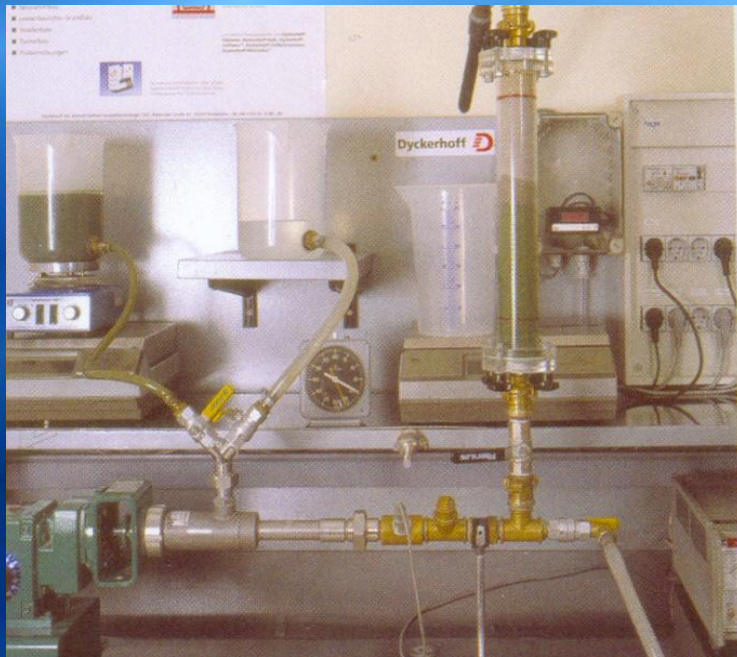
Полифункциональная добавка

Диспергирование

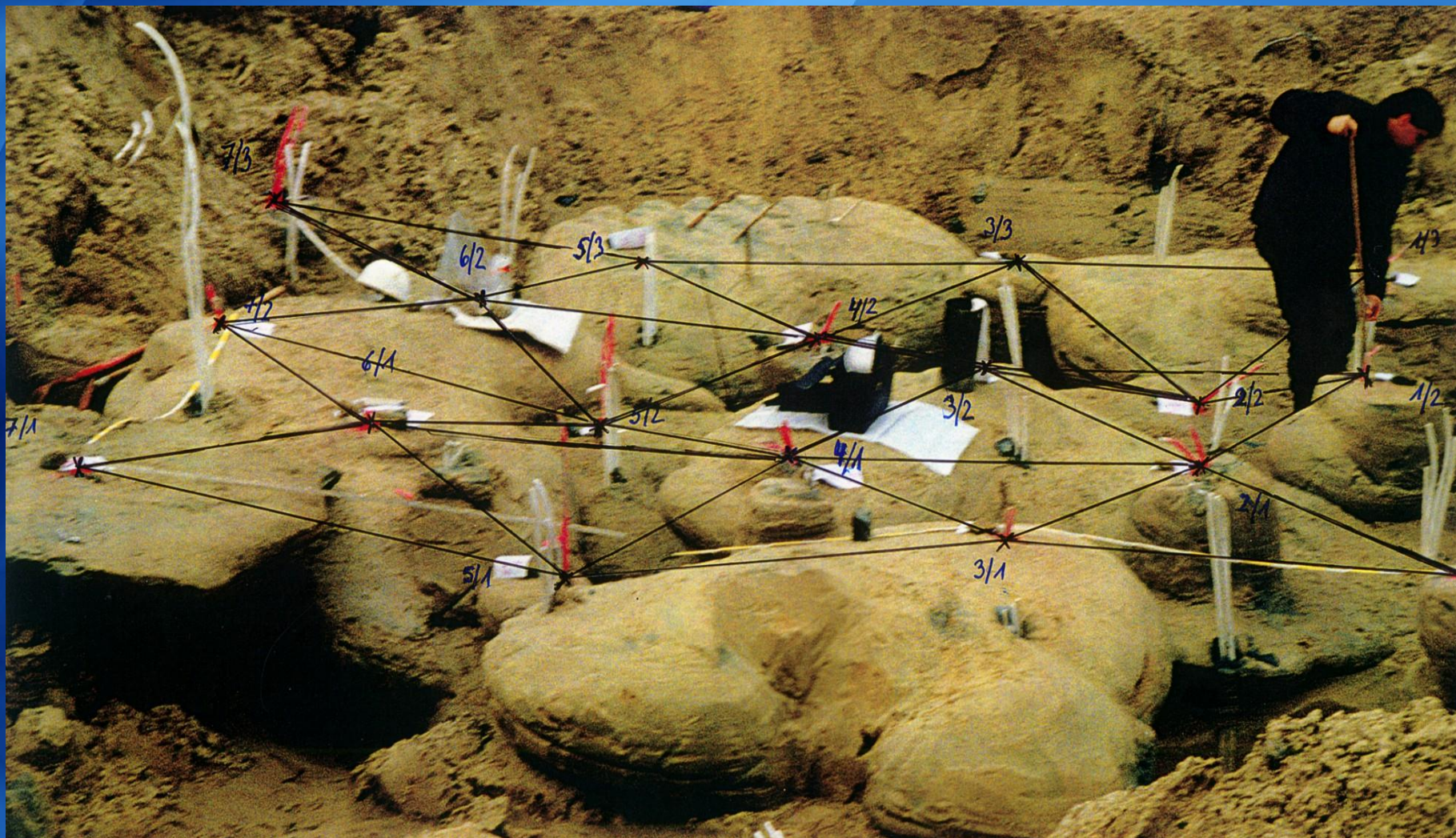


Диспергированные частицы цемента

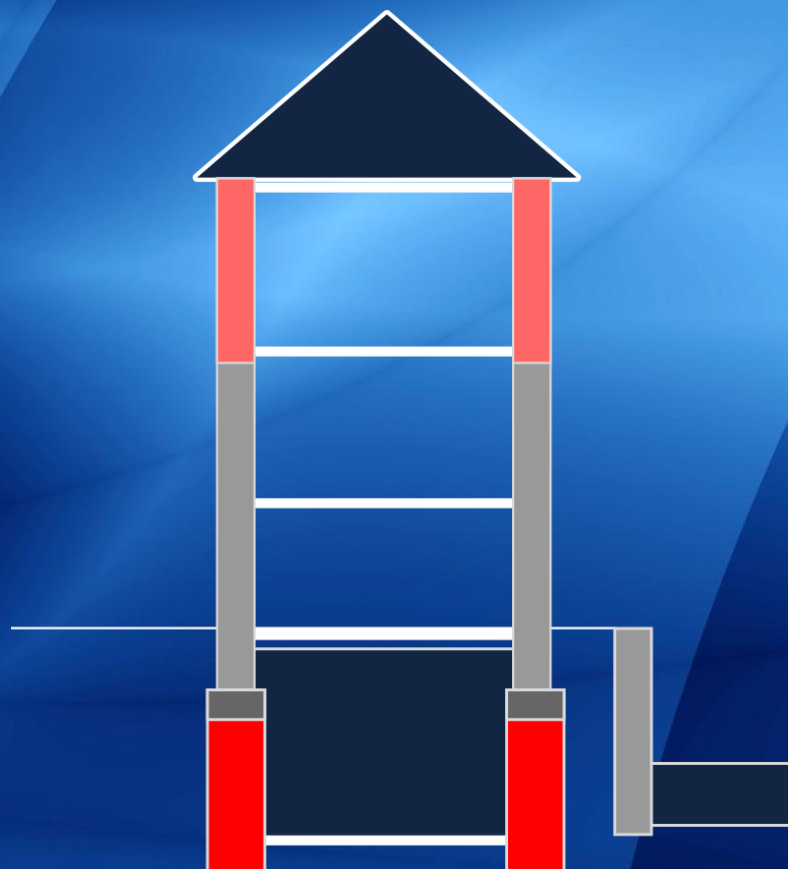
Лабораторные исследования инъекционного закрепления грунта с применением микроцементов



Оптимизация технологического регламента при полевых испытаниях суспензии микроцемента



Устройство прочных грунтобетонных массивов



Применение **микророшков** (с дисперсностью не более 10 мкм) и **нанорошков** (с дисперсностью не более 0,5 мкм) в качестве самостоятельных минеральных вяжущих, как альтернатива смолам для пропиточной инъекции капиллярно-пористых структур (грунт, природный и искусственный камень) с целью её уплотнения и упрочнения

Преимущества по сравнению с полимерными системами: технологичность, долговечность, экологическая безопасность, пожаро- и взрывобезопасность, экономическая эффективность

Соответствует классу бетона по прочности В20

11

Грунтобетонный массив с прочностью В20 под подошвой фундамента

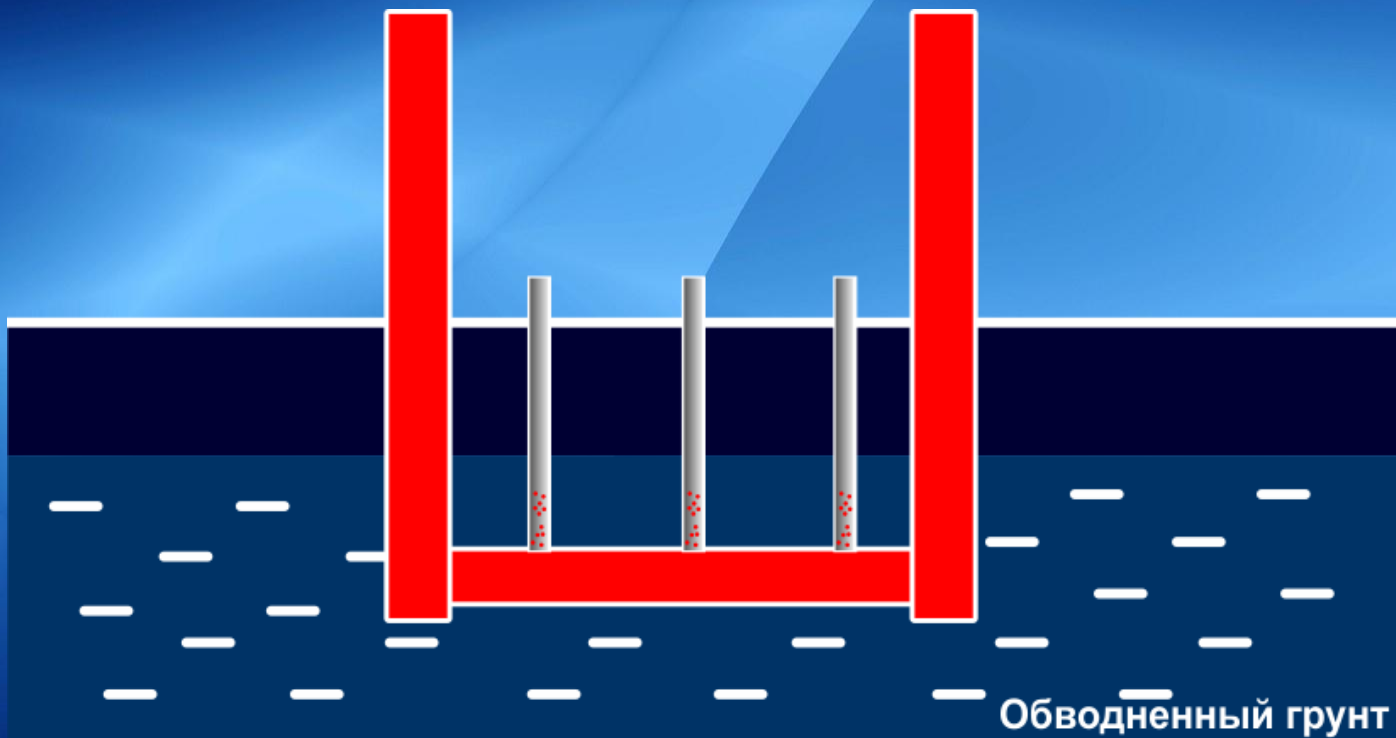


Манжетная технология для пропитки структуры грунта



13

Устройство вертикального и горизонтального противофильтрационного экрана по манжетной или комбинированной технологии



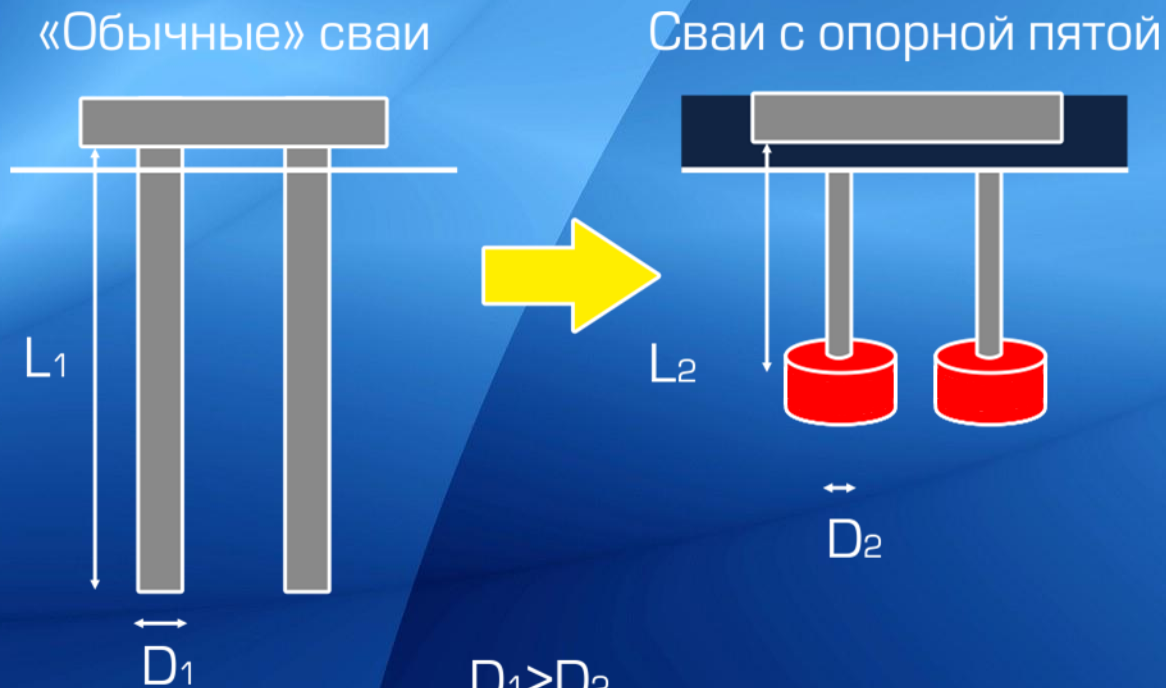


15

Устройство разгружающего (защитного) экрана по струйной, манжетной или комбинированной технологии



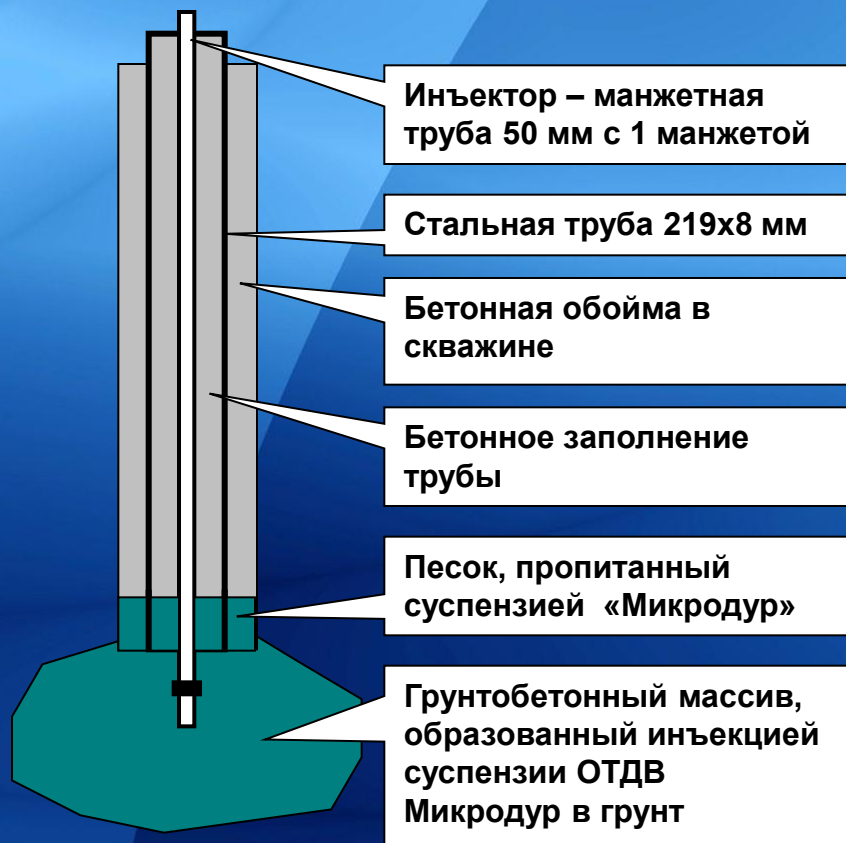
Устройство свай с опорной грунтобетонной пятой по струйной, манжетной или комбинированной технологии



$D_1 > D_2$
 $L_1 > L_2$

Сваи с корневым уширением из грунтобетонного массива

Конструкция сваи



**Строительство школы в Уланском переулке Москвы – сваи с опорной
грунтобетонной пятой по манжетной технологии**

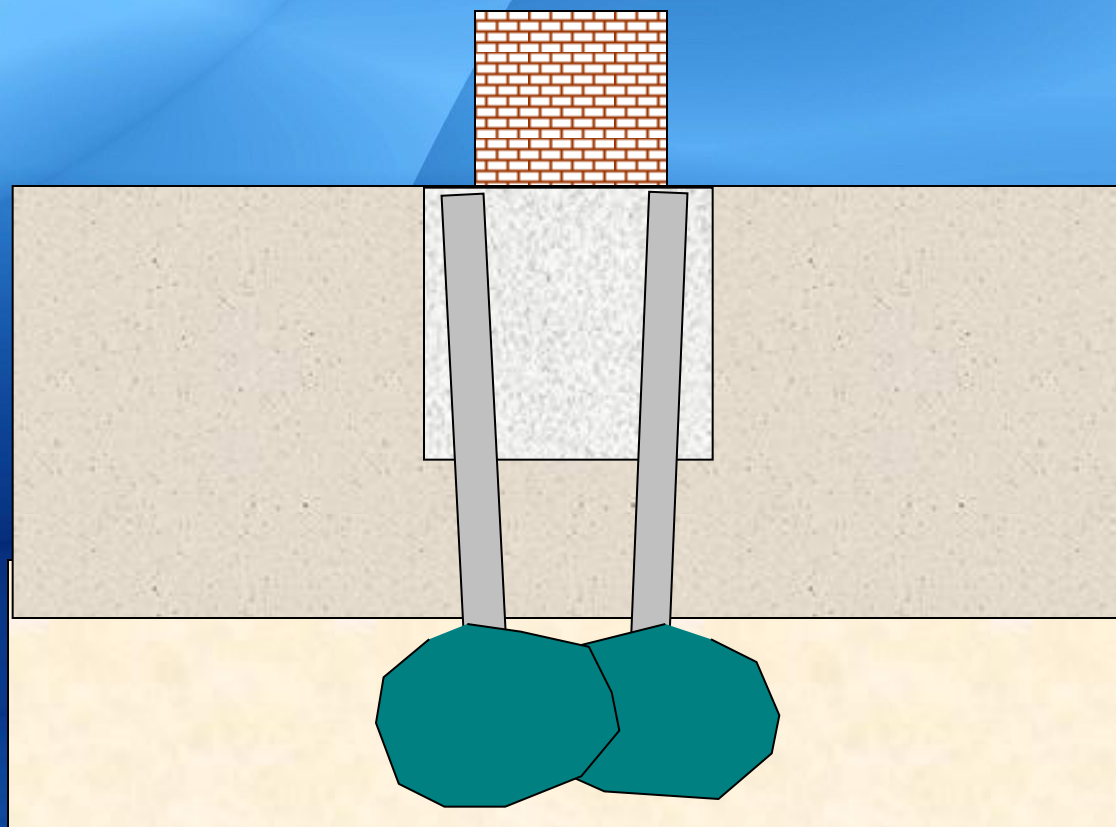


**Строительство школы в Уланском переулке Москвы – сваи с опорной
грунтобетонной пятой по манжетной технологии**

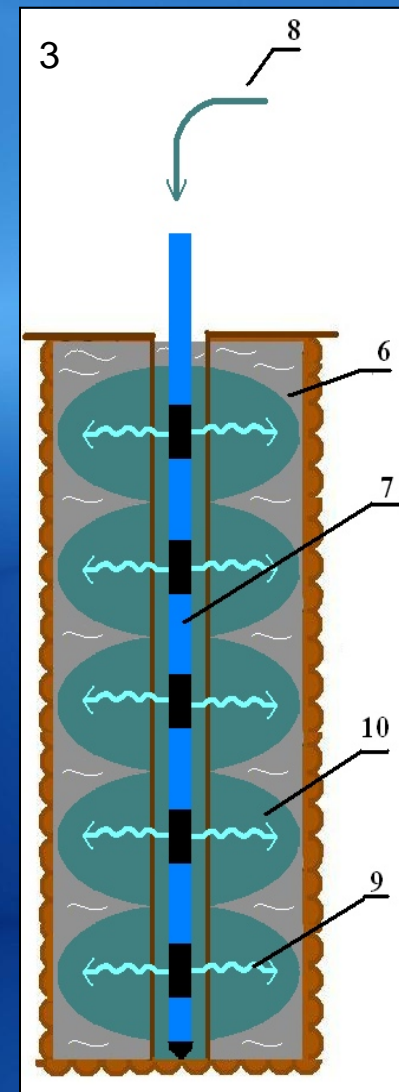
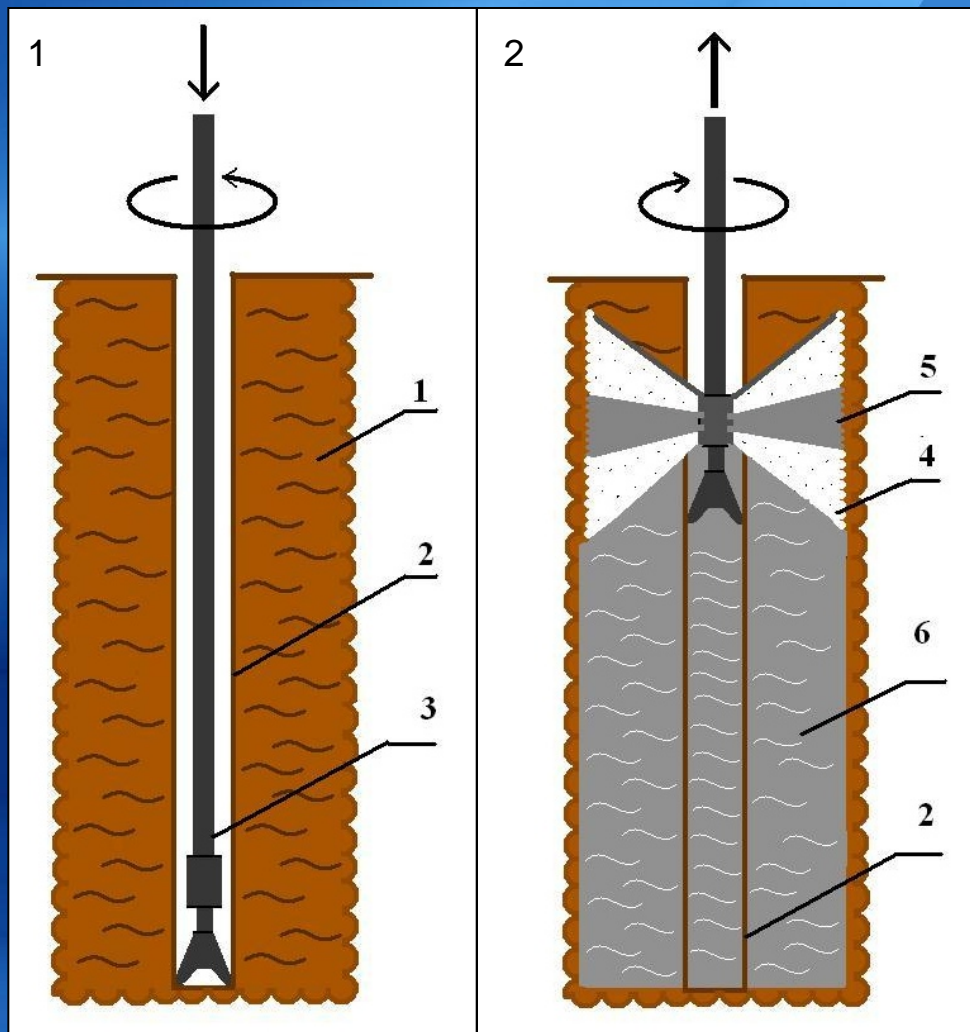


Сваи с корневым уширением из грунтобетонного массива

Схема усиления фундаментов существующих зданий, при залегании фундаментов на слабых грунтах по технологии управляемого микрогидро разрыва

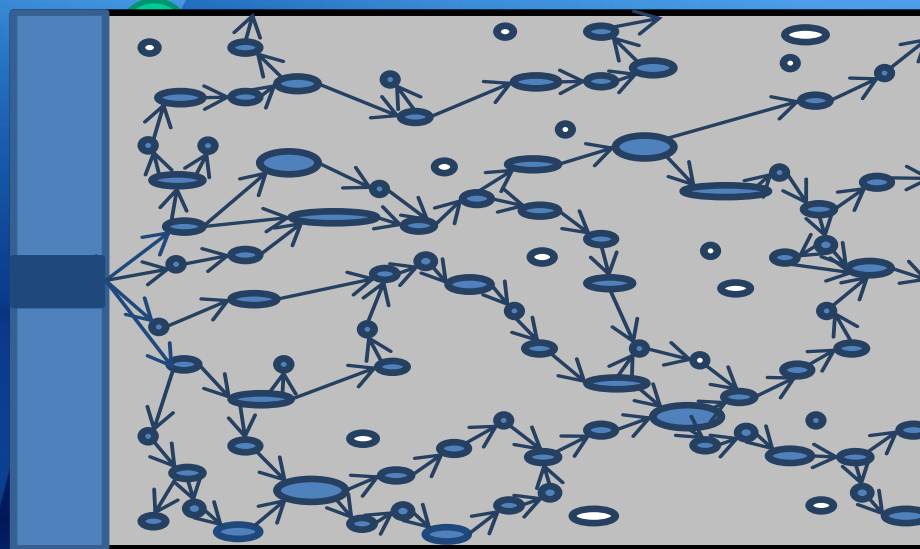
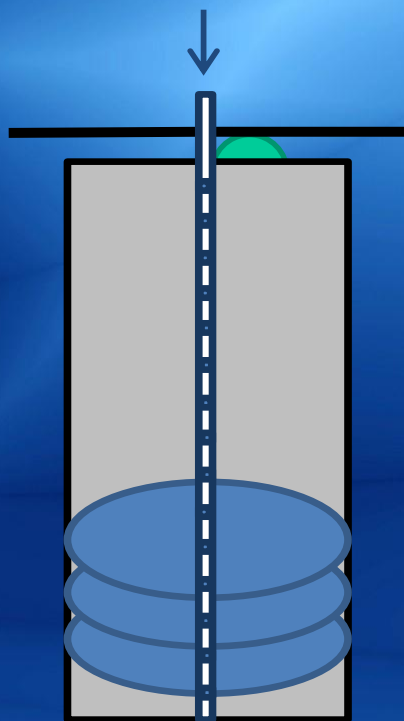


Jet - 2 + MT = Super - Jet



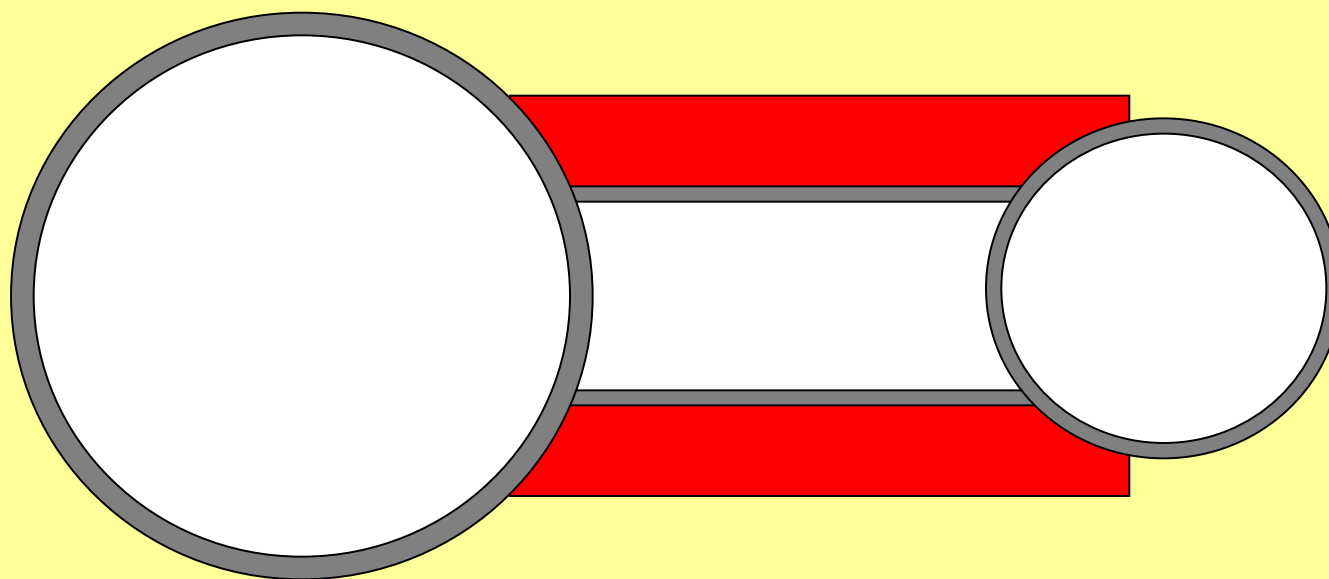
Компрессионно-разрывная цементация связанных грунтов

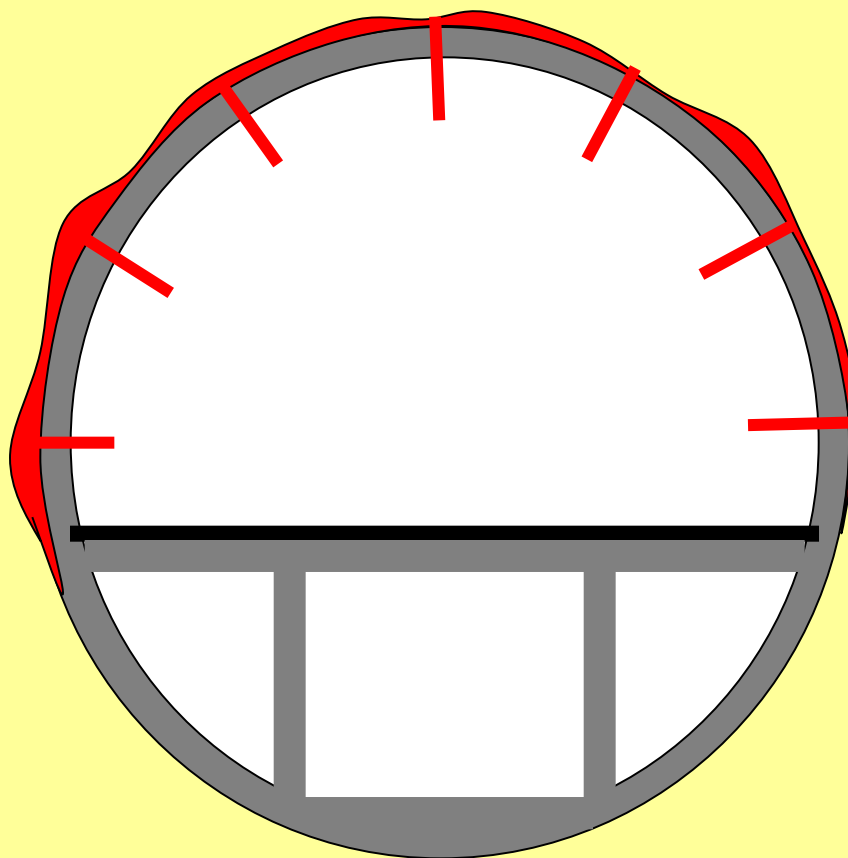
- Компрессионно-разрывная цементация пористой структуры ГЦС по горизонтам 0,33 ÷ 0,5 м водной суспензией микроцемента (В/Ц = 4,0)
- Принципиальная схема уплотнения массива ГЦС компрессионно-разрывной цементацией порового пространства



Закрепление грунта для устройства сбоек в обводненных грунтах при тоннельном строительстве

УГВ





Анализ существующих решений по стабилизации плавунных грунтов

Искусственное замораживание

- Значительная продолжительность
- Высокая стоимость и низкая технологичность
- Недолговечность



Химическое закрепление

- Низкая долговечность
- Высокая стоимость
- Негативное влияние на окружающую среду



Электроплавление

- Значительная трудоёмкость, высокая стоимость
- Дорогостоящее специальное оборудование
- Значительное энергопотребление
- Отрицательное влияние на окружающую среду



«АкваБиндер-М»

- Высокая технологичность
- Высокая долговечность
- Экономическая эффективность и экологическая безопасность

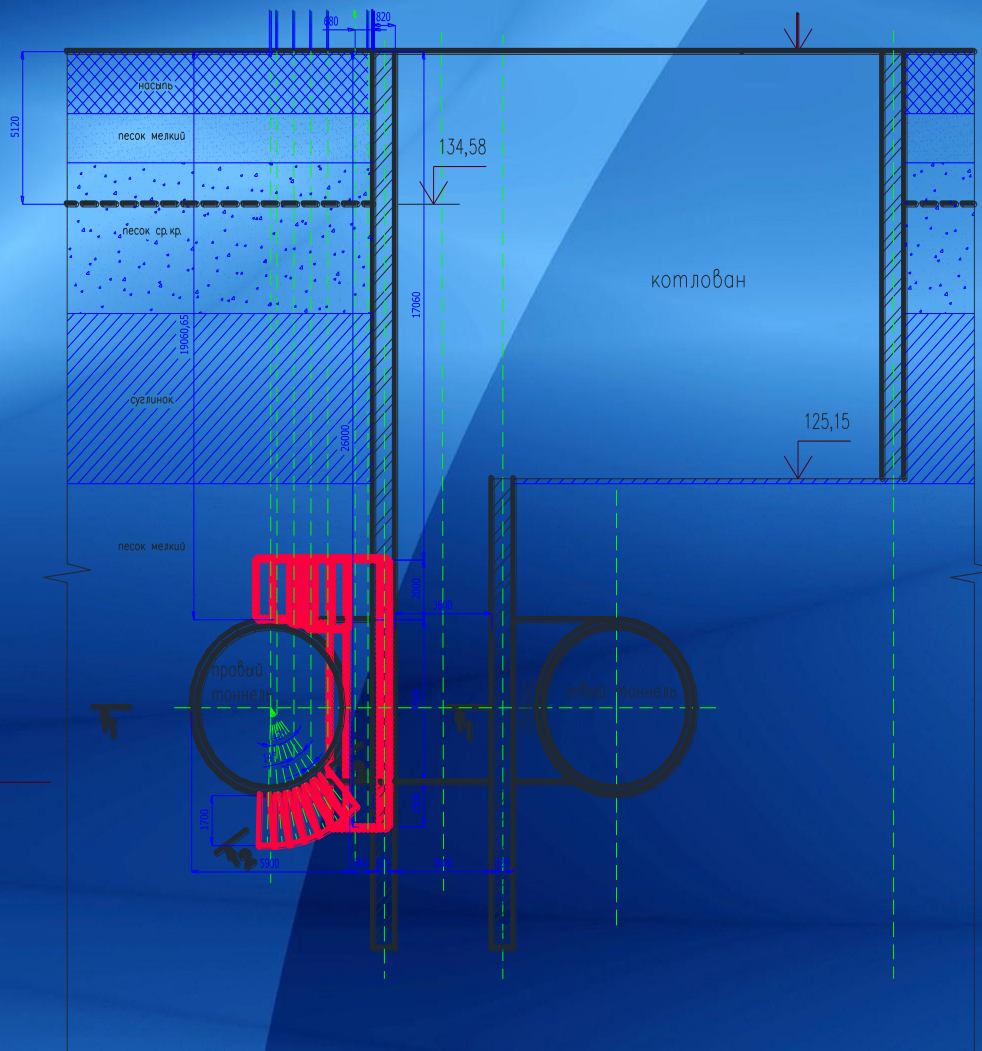


Стабилизация плавунных грунтов с применением «АкваБиндер-М»

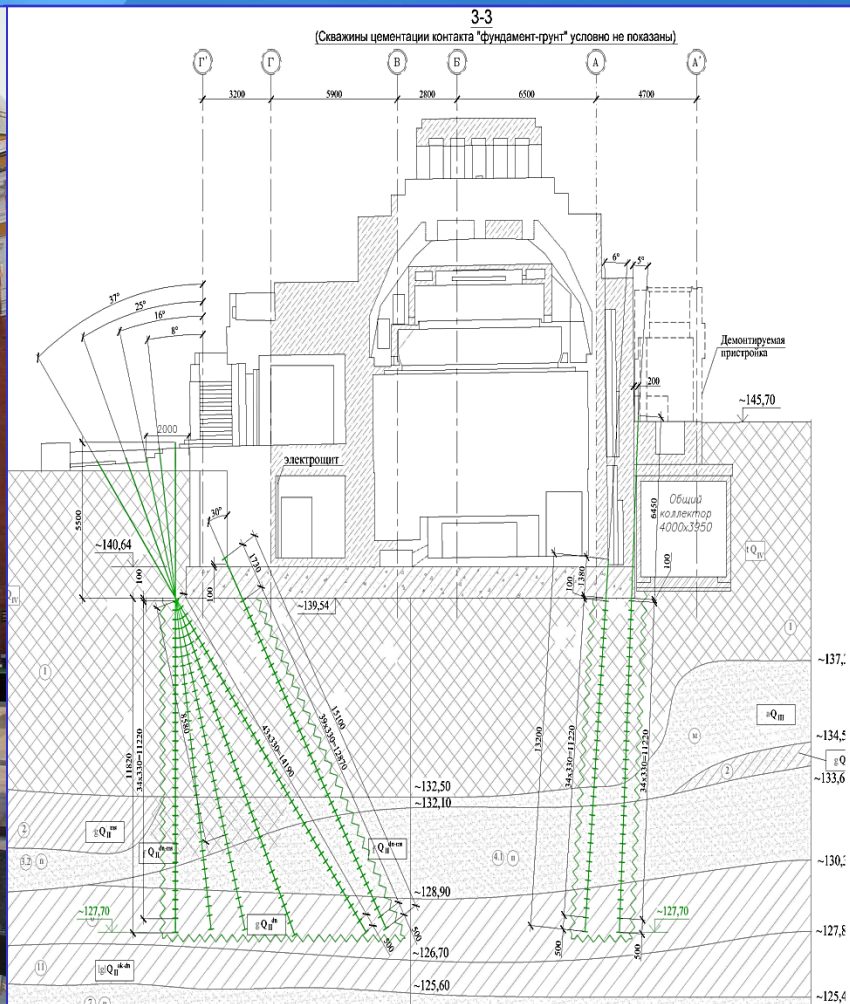
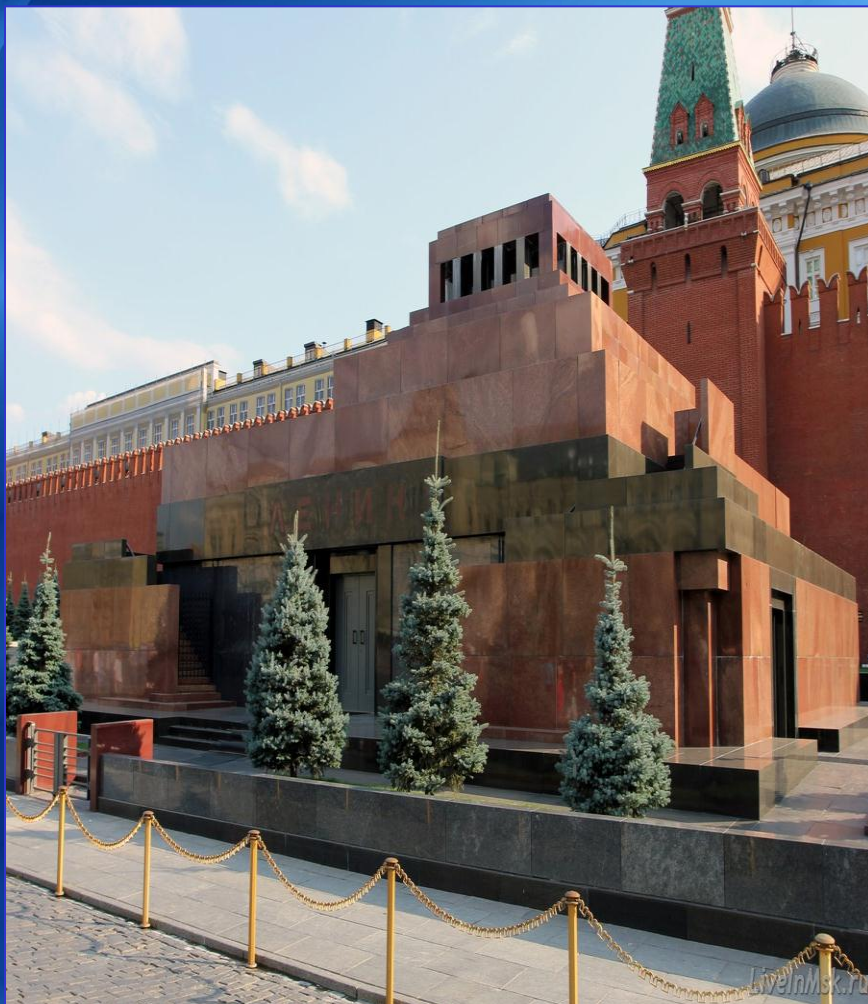
- Двухкомпонентное композиционное вяжущее «АкваБиндер-М» обладает повышенной долговечностью и обеспечивает сокращение стоимости и продолжительности выполнения работ по консолидации плавунных грунтов не менее, чем в 2 раза по сравнению с силикатизацией.



Сбойка между вентиляционной шахтой и перегонным тоннелем Кожуховской линии Московского метрополитена (ПК 184+50)



Мавзолей В. И. Ленина , г. Москва

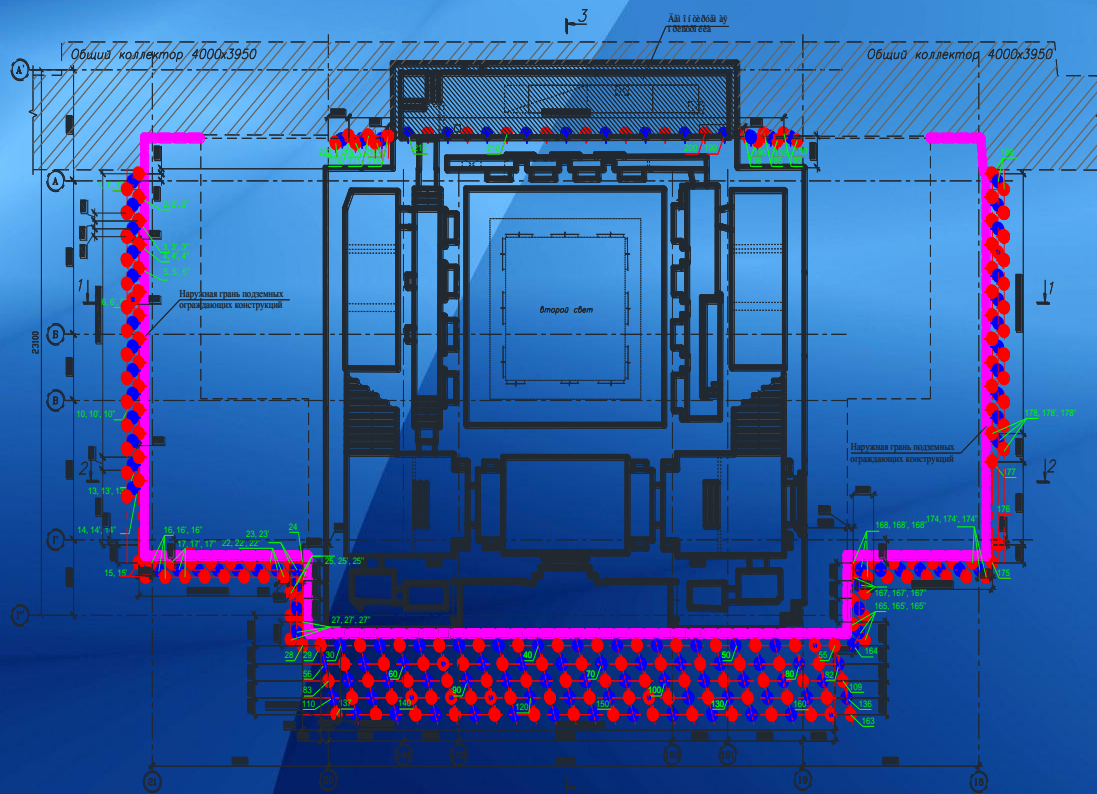


Устройство грунтобетонных массивов под подошвой существующей фундаментной плиты

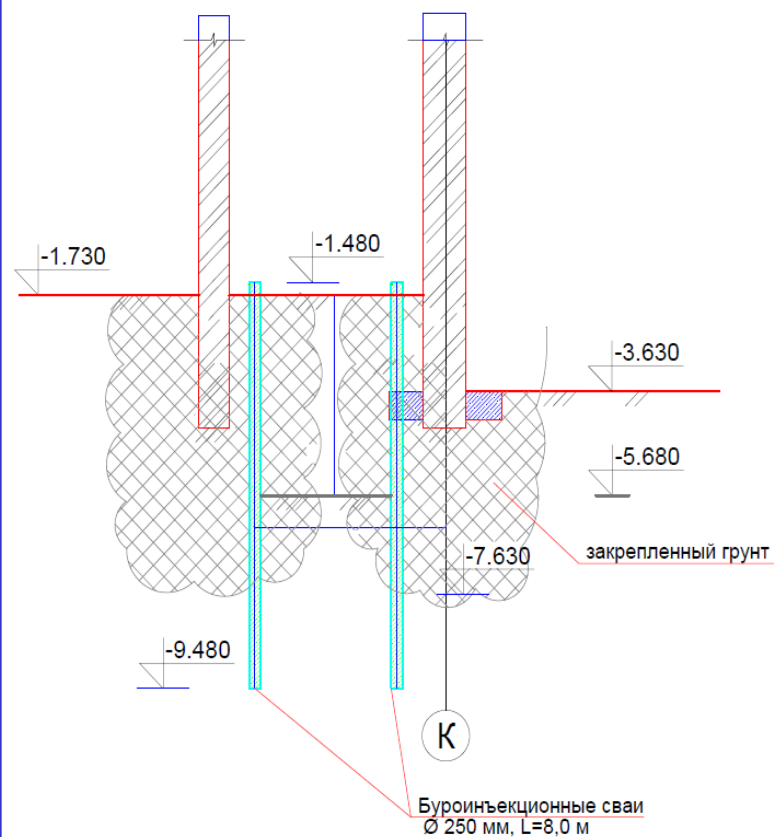
План скважин комбинированной цементации при усилении слабых непроницаемых грунтов оснований здания мавзолея В.И.Ленина

Заполнительная цементация ●

Пропиточная цементация ●

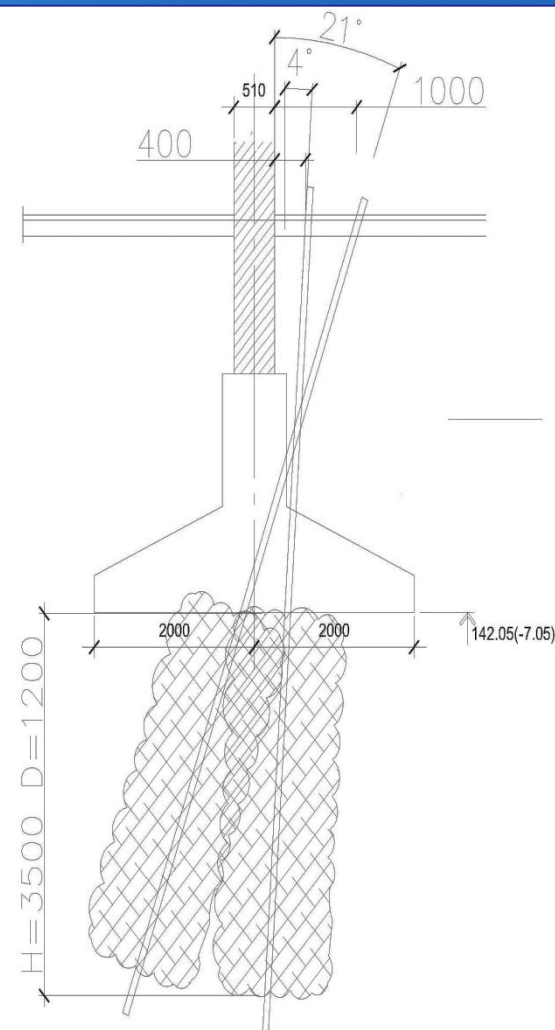


Московская государственная консерватория имени П. И. Чайковского г. Москва



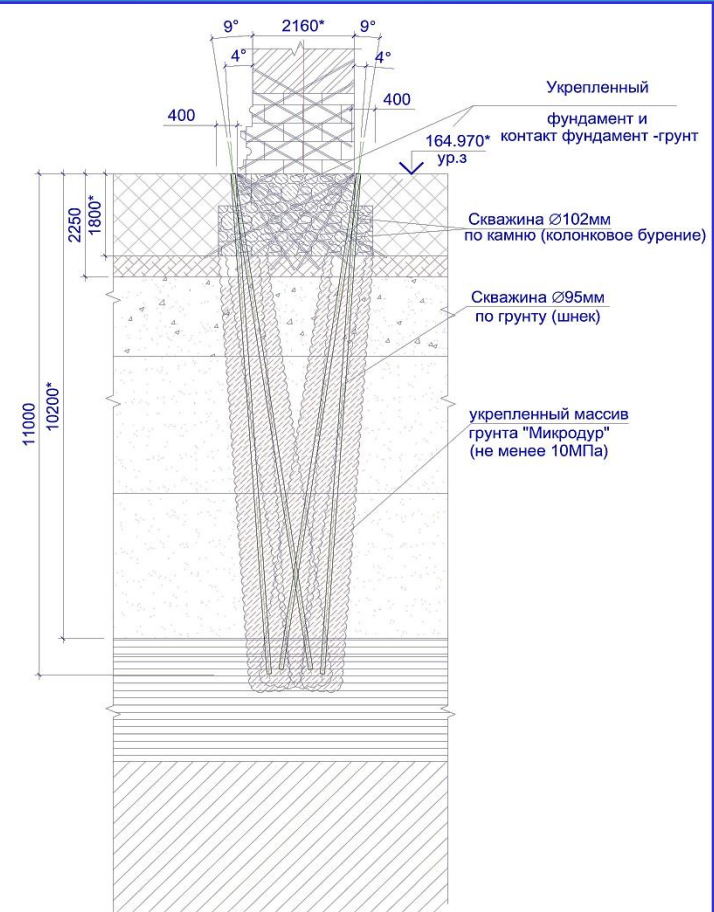
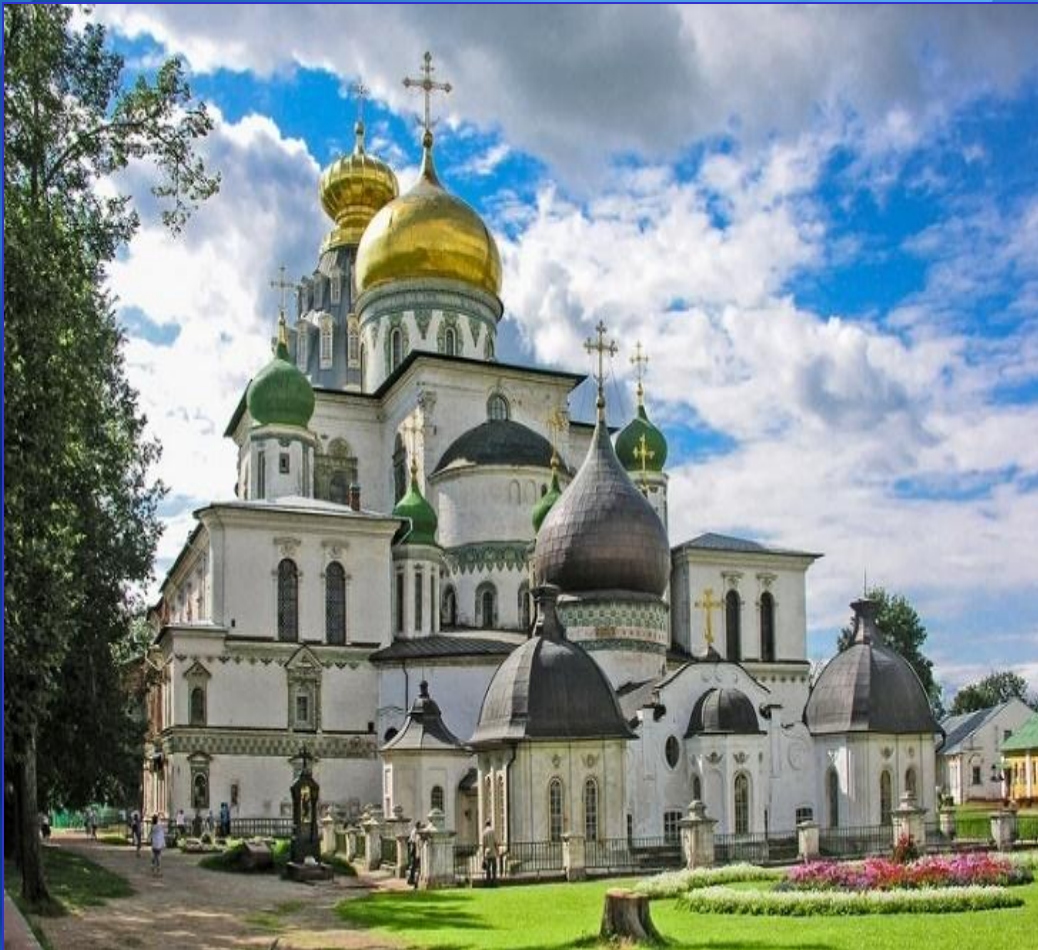
Понижение подошвы существующих фундаментов с глубиной заложения на 4,0 м ниже отметки подошвы фундаментов

Московский Кремль, г. Москва



Усиление основания фундаментов, усиление стен цокольного этажа, а также устройство отсечной гидроизоляции

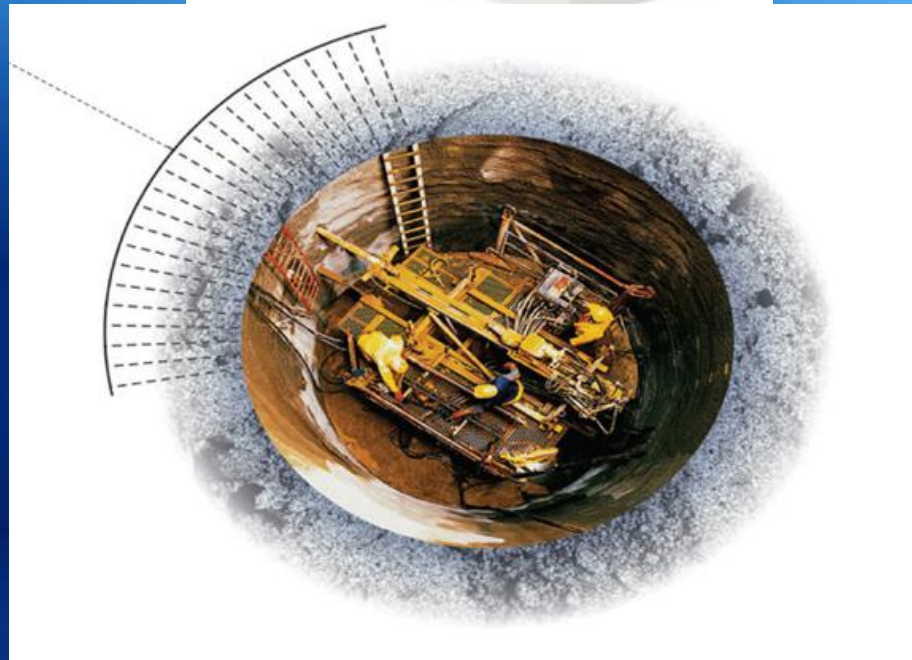
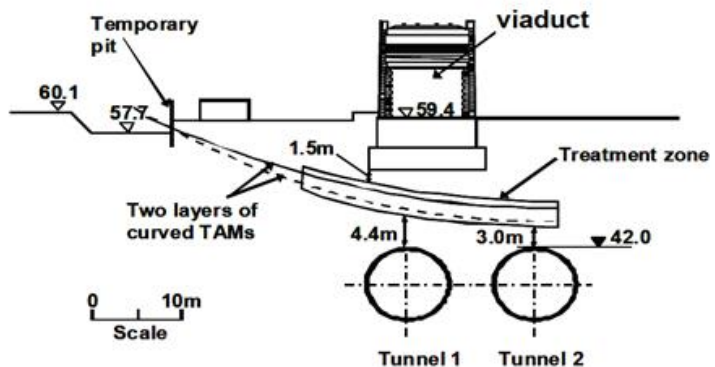
Воскресенский Ново-Иерусалимский Ставропигиальный мужской монастырь Русской Православной Церкви Московская обл., г. Истра



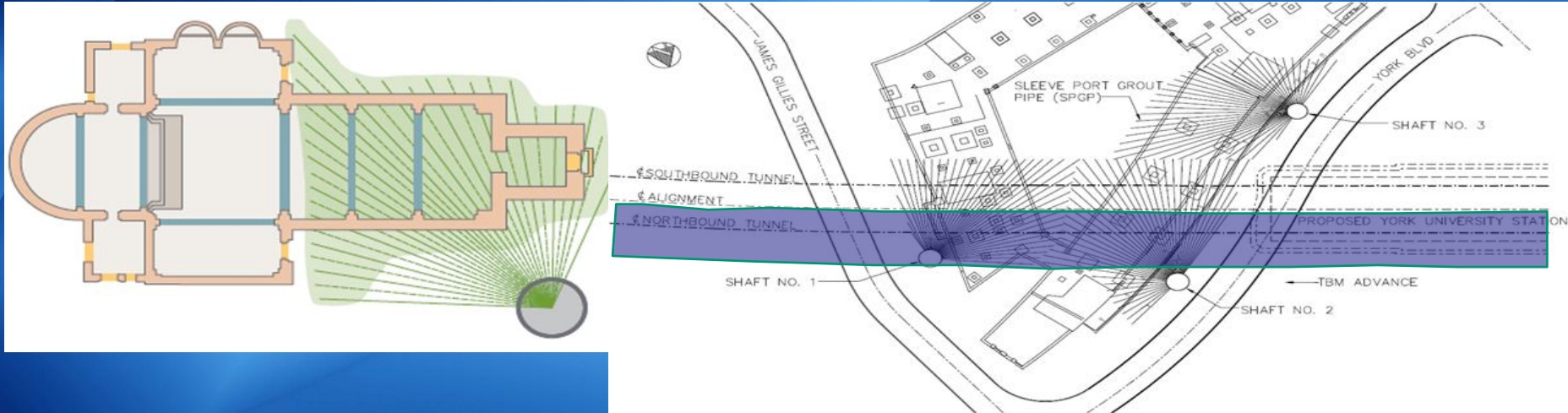
*- размеры и отметки уточнить по месту

Закрепление грунтов оснований колокольни и примыкающей стены здания церкви

Компенсационное нагнетание для выравнивания сооружений этап I. Установка манжетных иньекторов



Установка манжетных инъекторов



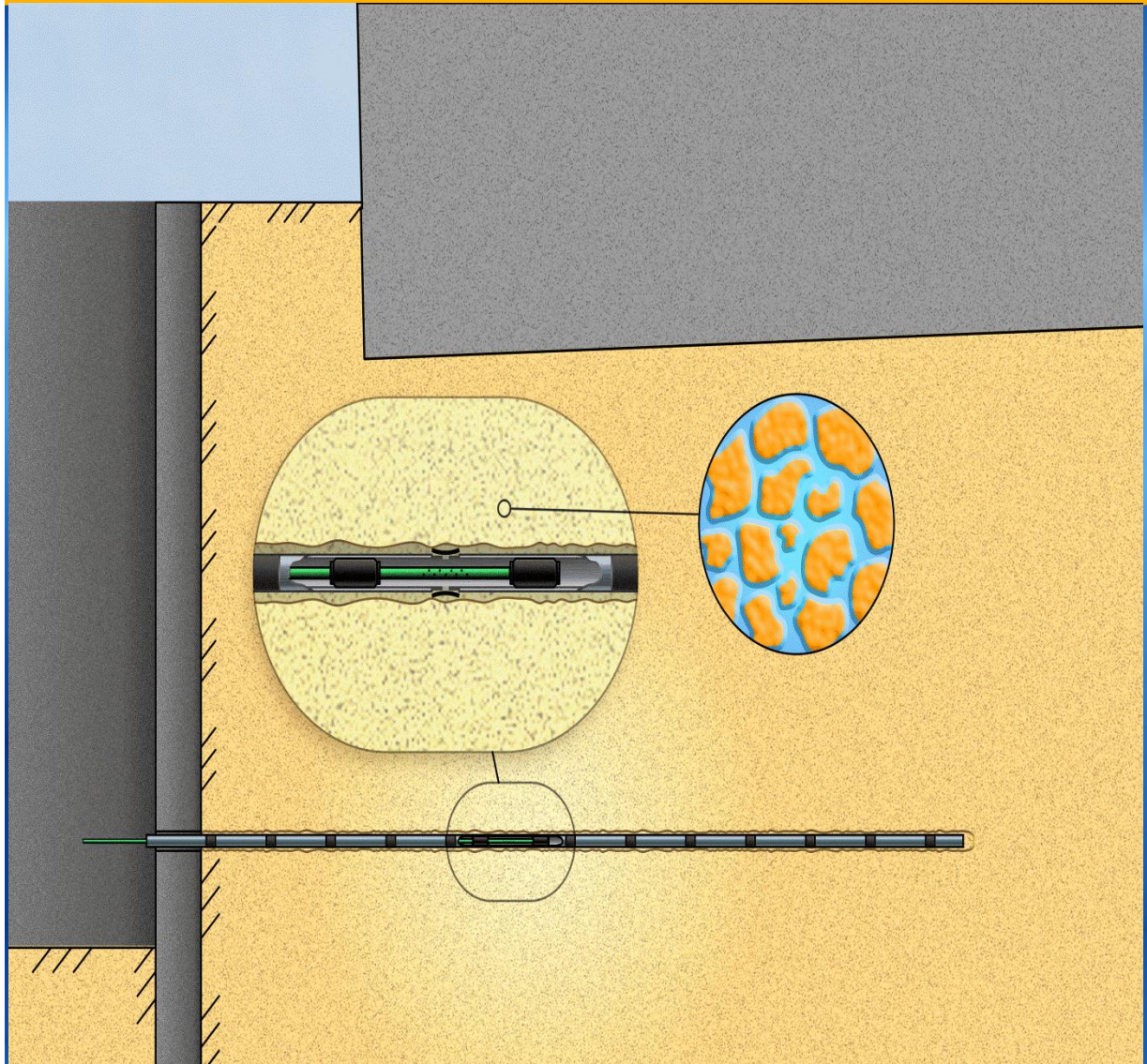
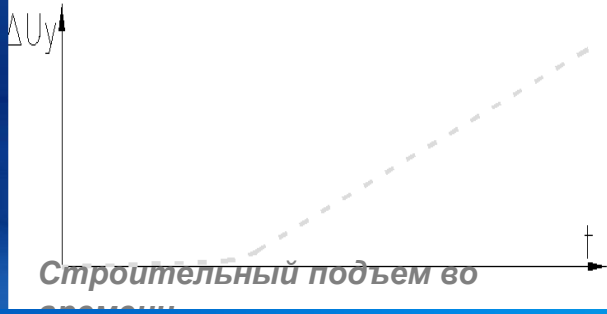
инъекторы устанавливаются в плане под расчетной зоной влияния

инъекторы могут быть установлены в несколько ярусов

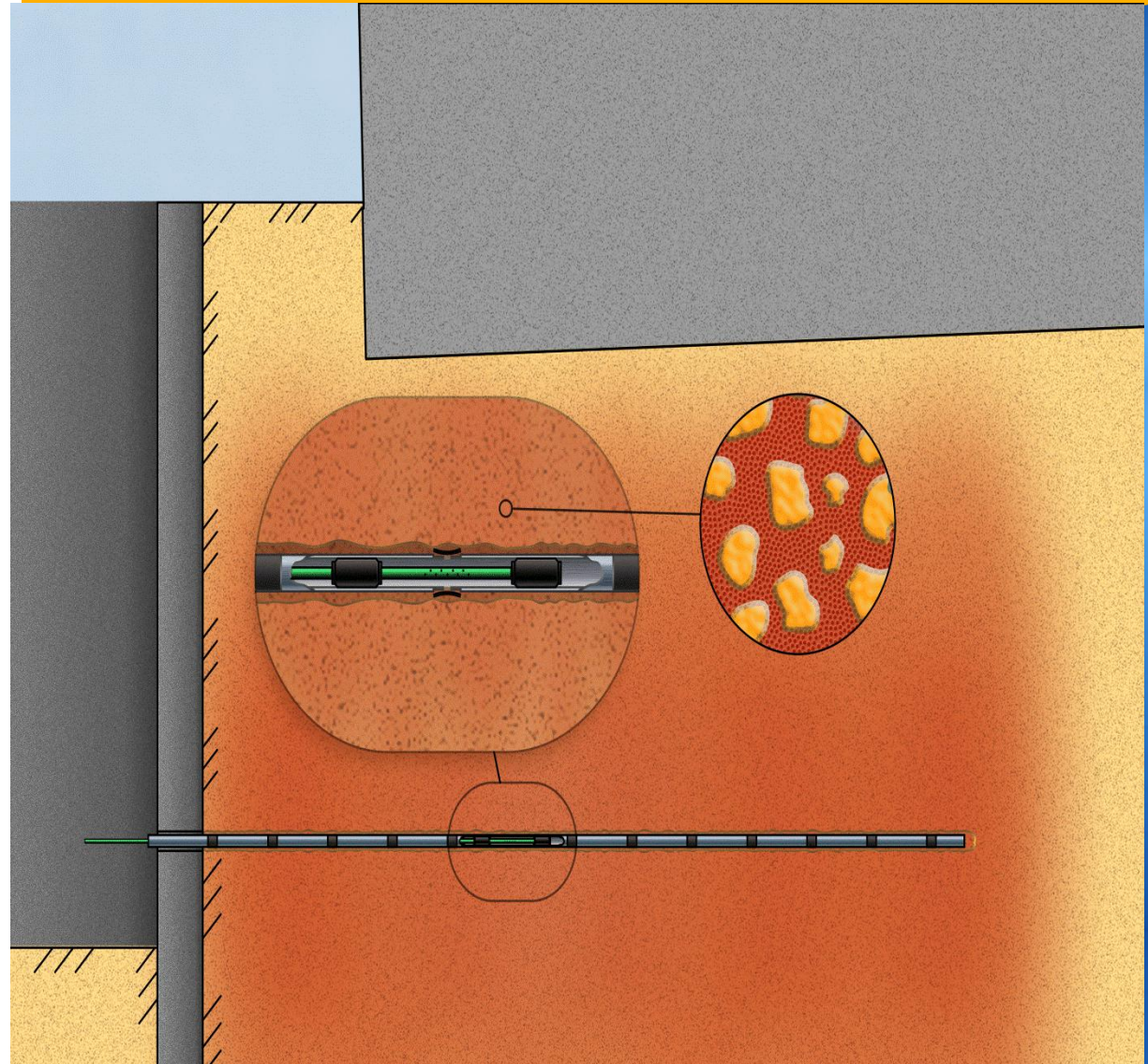
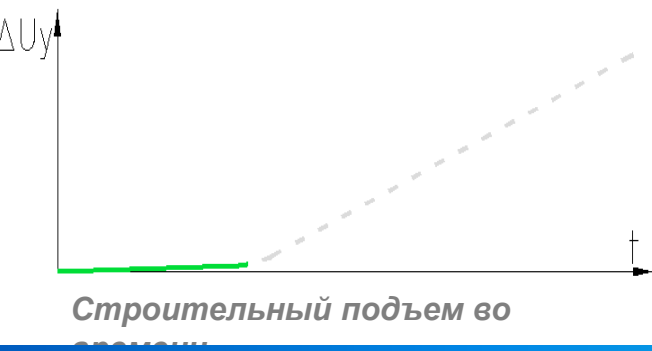
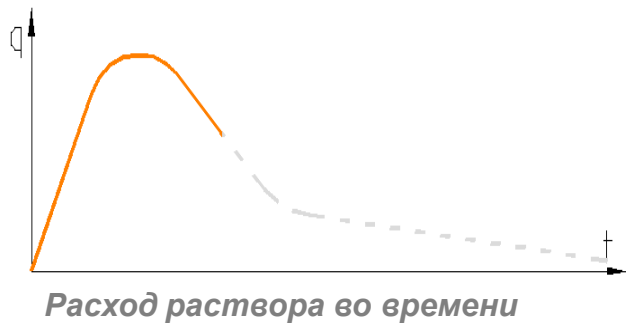
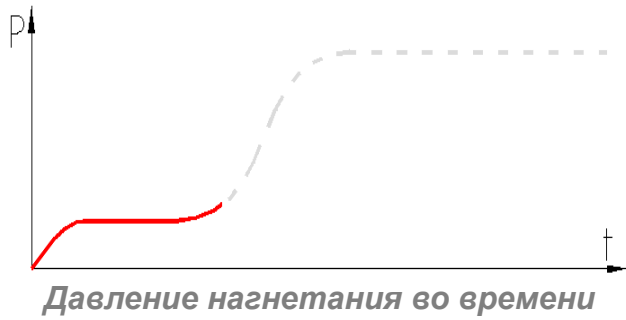


компенсационное нагнетание

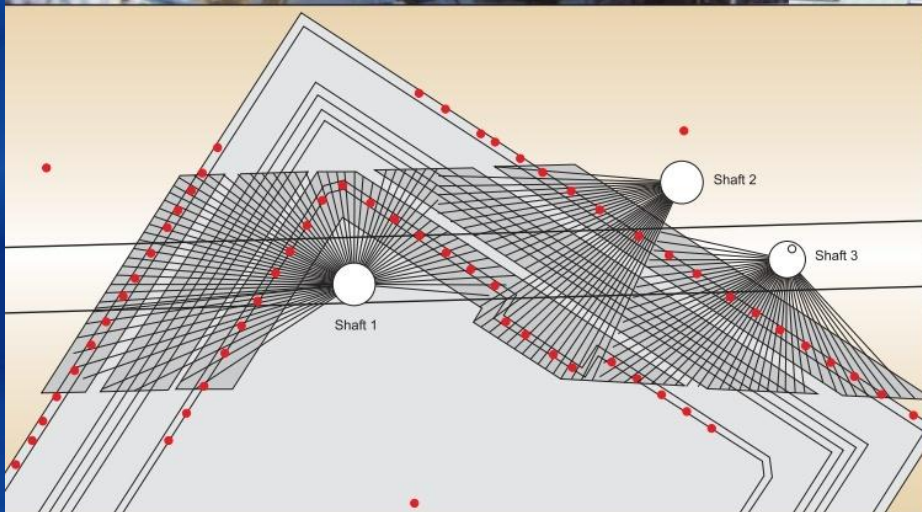
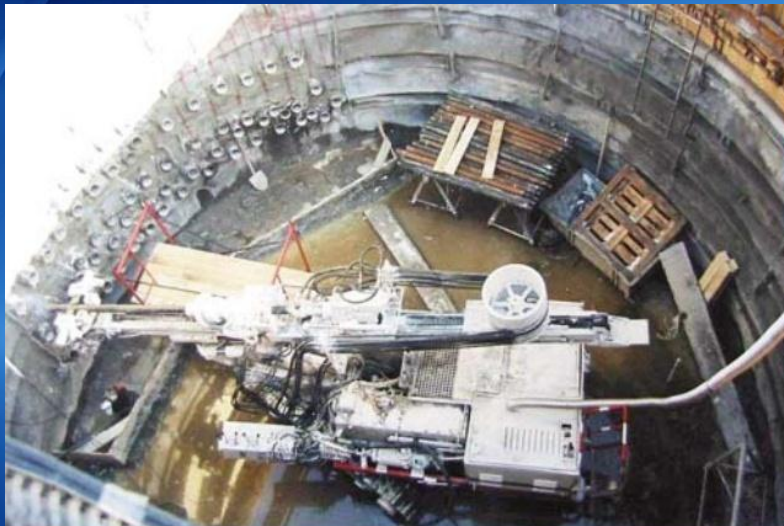
Этап II. Предварительное нагнетание



Этап III. Компенсационное нагнетание



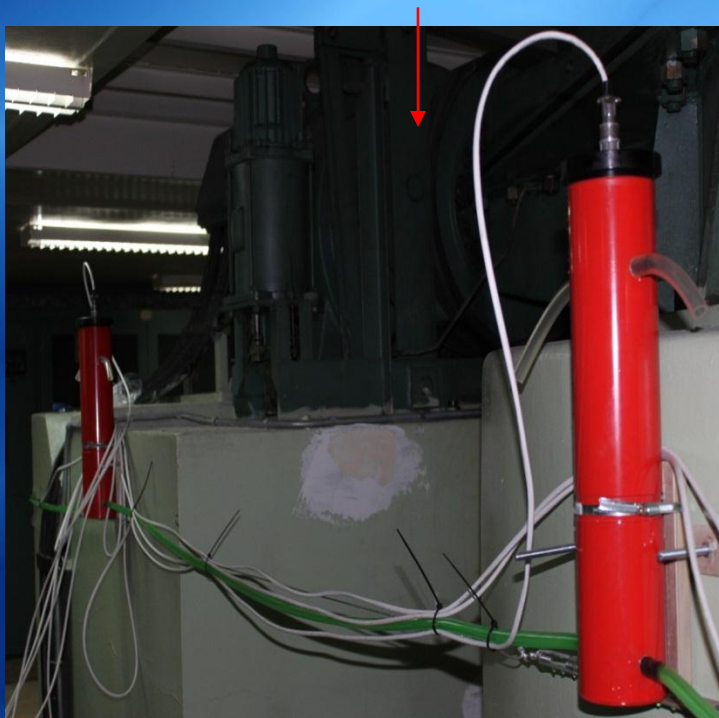
Строительство Лефортовского тоннеля



Состав работ по мониторингу

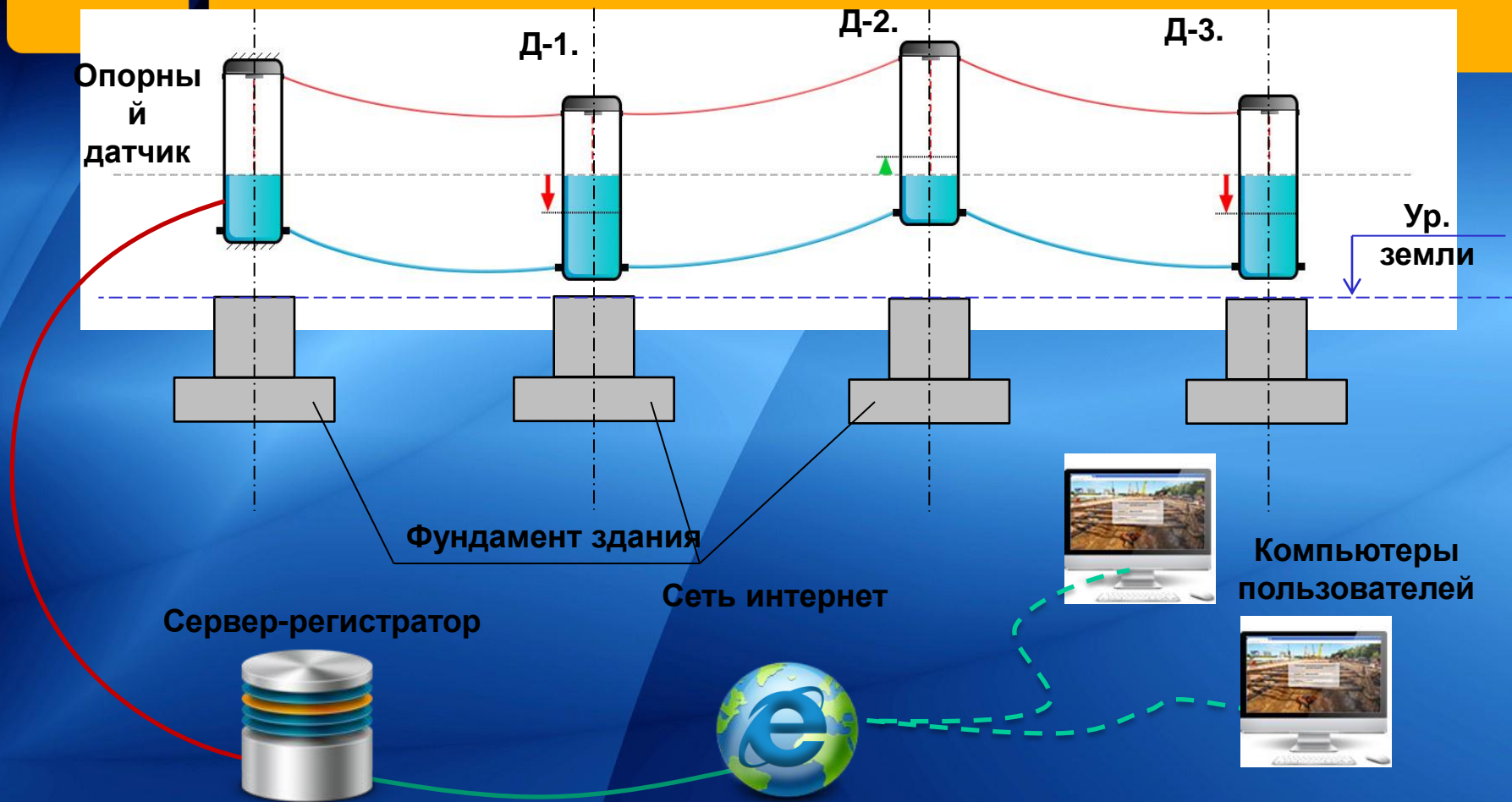
- натурное визуально-инструментальное обследование состояния конструкций с фиксацией дефектов и динамики их изменения (*трещины, сколы бетона, водопроявления и т.п.*);
- геодезический мониторинг – наблюдения за планово-высотными смещениями конструкций с частотой **1 раз в сутки**;
- гидростатическое нивелирование – автоматизированное наблюдение за высотным положением конструкций с частотой измерений **1 раз в 5 мин**;
- проведение анализа полученных материалов, оценка технического состояния сооружений

Контроль высотного положения сооружений в реальном времени с применением системы гидростатического нивелирования



- Система работает автоматизировано, т.е. все данные автоматически обрабатываются и доступны через сеть интернет;
- Точность измерений $\pm 0,3$ мм;
- Максимальная разница высотного положения датчиков в контуре 200 мм;
- Вывод показателей с точностью 0,1 мм;
- SMS оповещения при достижении заданного % от предельного значения

Принцип работы датчиков гидростатического нивелирования



Область применения гидростатического нивелирования

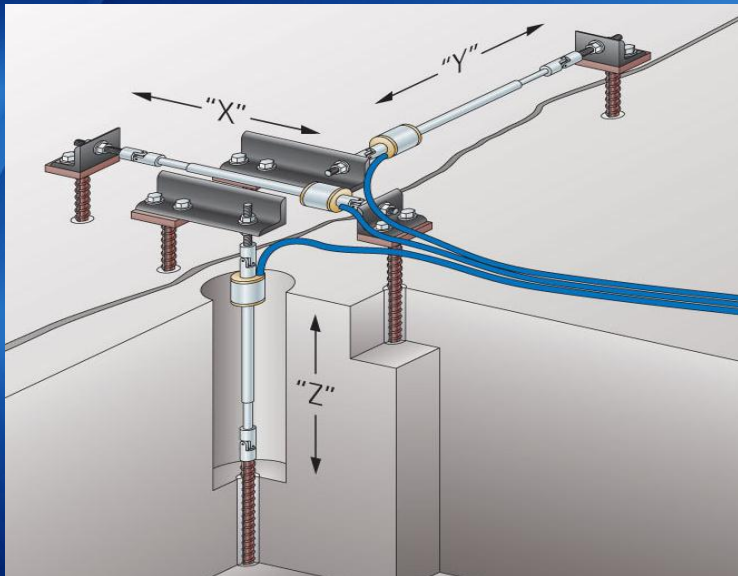
1. Здания и сооружения;
2. Станции и тоннели метрополитена;
3. Мостовые конструкции.

Мониторинг может проводиться как при строительстве объектов метрополитена и городском строительстве в технической зоне метрополитена, так и при эксплуатации сооружений (для наблюдений за деформациями, связанными с различными геологическими и техногенными процессами).



Трещиномеры

Автоматизированные трещиномеры с возможностью вывода контролируемых параметров в аналитический центр устанавливаются в местах выявленных трещин, вызывающих значительное ослабление сечений, развитие которых продолжается с неослабевающей интенсивностью.



максимальное раскрытие трещины, мм: 12,5-150(в зависимости от модели);

вывод показателей с точностью 0,025% от максимального раскрытия для применяемой модели;

предел допустимой абсолютной погрешности, не более 0,1% от максимального раскрытия для применяемой модели.



Автоматизированный мониторинг напряженно-деформированного состояния



Выполняется посредством оснащения тензометрическими датчиками конструкций, в т. ч. сборной железобетонной обделки, для наиболее характерных и сложных участков тоннеля.

Регистрируемые данные оперативно передаются в аналитический центр.

Технические характеристики тензодатчиков



Длина датчика, мм	от 70 до 200
Диапазон измеряемых деформации	$\pm 5 \cdot 10^{-3}$
Чувствительность по напряжению в бетоне, расчетная, (мВ/В)/(кгс/см) ²	0,024
Погрешность, % от номинальной деформации,	2-3%
Рабочий диапазон температур, град С,	от -30 до +50
Напряжение питания, В, не более	12
Защищенность от воздействия внешней среды,	IP67 (герм.)
Длина кабеля от тензометра до поверхности железобетона, м, не более	18

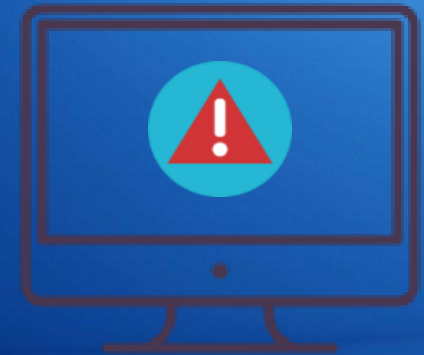
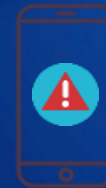
Мониторинг выполняется с передачей информации через Интернет



- ← контроль планово-высотного положения зданий и сооружений;
- ← мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкций;
- ← дефектоскопия конструкций зданий и сооружений;
- ← положение тоннеле-проходческих комплексов на трассе.

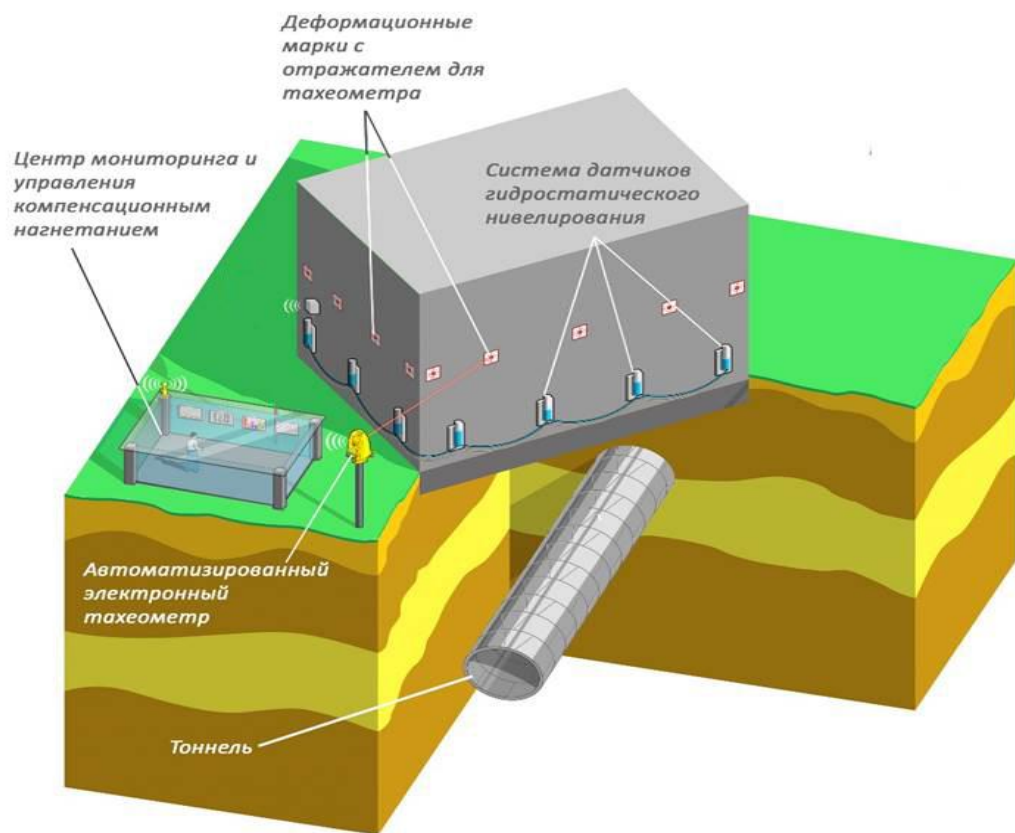
При достижении контролируемого параметра заданного процента от предельного значения* производится автоматическая рассылка sms и e-mail

* - рассылка выполняется в зависимости от занимаемой должности, т.е. в первую очередь при не критичных значениях оповещаются инженерные кадры, в случае сверхдопустимых значений, оповещение производится и руководящему составу.



Центр управления подъёмом (ЦУП)

Данные со всех датчиков попадают в аналитический центр, который в свою очередь обеспечивает доступ к ним из любой точки мира по сети Интернет.



Часть данных передается на тоннелепроходческие щиты, для оценки воздействия проходки на здания находящиеся в зоне влияния.



ДЕФЕКТОСКОПИЯ ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ



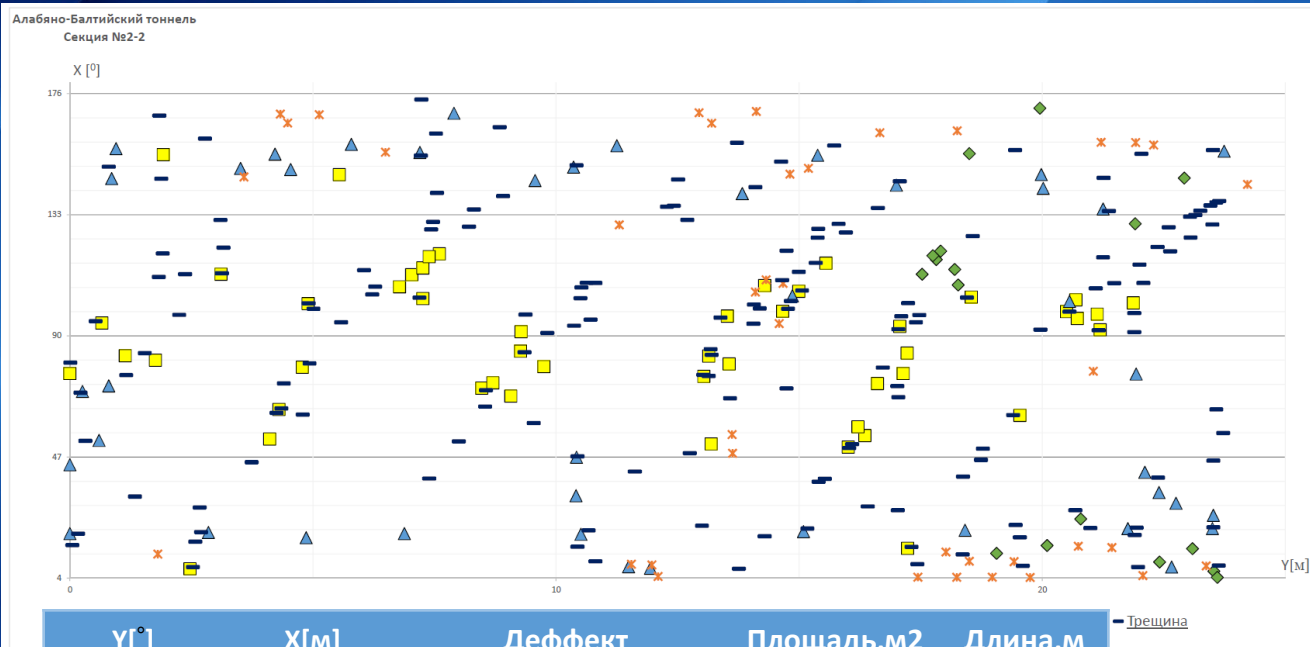
Система обеспечивает достоверную количественную оценку состояния сооружения и объёма работ по устранению дефектов в конструкции.

Визуализация результатов сканирования, архивирования результатов сканирования и анализа динамики состояния объекта в процессе эксплуатации передается в аналитический центр.



Определяемые дефекты:
трещины 0,1-3мм;
водопроявления;
высолы;
сколы;
каверны;
коррозия бетона и арматуры;
обнаружение дефектов в обоих нитях ж/д пути
по всей длине и сечению рельсов;
определение изменения геометрии тоннеля

Развертка внутренней поверхности тоннеля с фотофиксацией дефектов



Выщелачивание	230,56	м ²
Шелушение	288,72	м ²
Водопроявление	433,40	м ²

Трещина от 0,3 мм	42
Скол	18

Y [°]	X [м]	Дефект	Площадь, м ²	Длина, м
161,57	1,73	Выщелачивание	8,02	9,48
141,14	1,89	Трещина	0,06	1,75
140,2	2,53	Водопроявления	0,84	3,01
107,19	3,14	Водопроявления	1,09	5,06
170,7	3,67	Водопроявления	3,02	6,13
103,53	3,86	Трещина	0,4	4,48
110,01	3,89	Трещина	0,4	4,47
114,27	4,94	Трещина	2,05	2,42
88,22	5,45	Шелушение	1,94	5
117,34	7,79	Трещина	0,33	1,02
103,5	7,99	Выщелачивание	0,26	2,62
169,65	8,06	Водопроявления	3,16	5,99

Дефектная ведомость строится программным обеспечением на основе анализа и интерпретации изображения, полученного при сканировании.

Y [°]- угловая аппроксимация ширины тоннеля;
X [м]- расстояние от нулевой отметки.