

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

ОПЫТ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ СЛОЖЕННЫХ НАСЫПНЫМИ ГРУНТАМИ ИНЪЕКЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

М.Л. Нуждин к.т.н., директор НИВЦ «Геотехника» НГАСУ (Сибстрин),
директор по научной работе ООО «ГРОСФ», председатель Совета директоров Т-воСибГТ-в



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



М.Н. Ибрагимов, В.В. Семкин

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Наименование метода	Отличительный признак	Давление нагнетания, МПа	Результат
Инъекция в режиме пропитки	Давление нагнетания не превышает структурной прочности грунта	0,3...0,6	Сплошные массивы закрепленного грунта
Высоконапорное инъецирование	Давление нагнетания превышает структурную прочность грунта	0,5...10	Твердые инъекционные включения, геокомпозитные массивы
Струйная цементация (Jet Grouting)	Давление нагнетания существенно превышает структурную прочность грунта	30...80	Грунтоцементные конструкции

М.Л. Нуждин

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

В практике геотехнического строительства нередко возникают задачи усиления грунтового основания и фундаментов, требующие повышенного внимания к безопасности технологии производства работ и обеспечению сохранности строений.

Это может быть вызвано:

- техническим состоянием конструкций или их исторической ценностью;
- стесненностью внутренних помещений (небольшой площадью, низкой высотой подвалов и т.д.);
- стесненными условиями окружающей городской застройки;
- особенностями грунтовых условий;
- другими причинами.

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

**Щадящие геотехнологии не
оказывают прямого физического
воздействия на фундаменты
усиливаемых зданий**

**Контурное
армирование**

**Нагнетание цементно-
песчаного раствора**

**Усиление химическими
растворами**

**Усиление основания
геотехническими
полимерными
расширяющимися
смолами**

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ РАСШИРЯЮЩИЕСЯ СМОЛЫ

Полимеры: ароматический диизоцианат полиолов с модификаторами, при смешивании исходных компонентов – полуфабриката (компонент «А») и отвердителя (компонент «В»), переходя из жидкой в вязкую, а затем в твердую фазу, образуют жесткую структуру с закрытыми ячейками.

При нагнетании под давлением, превышающим структурную прочность грунта – давлением гидроразрыва, сплошность грунтового массива нарушается, полимерная смола заполняет образовавшиеся трещины и имеющиеся пустоты.

Химическая реакция между исходными компонентами ведет к вспениванию и объемному расширению полимерной смолы с последующим ее отверждением. В результате происходит уплотнение грунта, вплоть до создания избыточного давления – вертикальной подъемной силы.

Вспенивание геополимеров начинается через 9...12 с в зависимости от температуры окружающей среды, отверждение за счет конденсационной полимеризации полуфабриката в ходе его взаимодействия с отвердителем, происходит в течение 10 минут после смешивания.

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



**Бочки с полиолами – компонентом А
и компонентом Б**

**Инъекционное оборудование в
кузове крытого фургона**



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



Дозаторная установка



Параметры нагнетания

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



Технология производства работ



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



**Геотехническая полимерная
расширяющаяся смола после
отвердевания**

**Образец щебенистого грунта,
усиленного геотехнической
полимерной расширяющейся смолой**



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



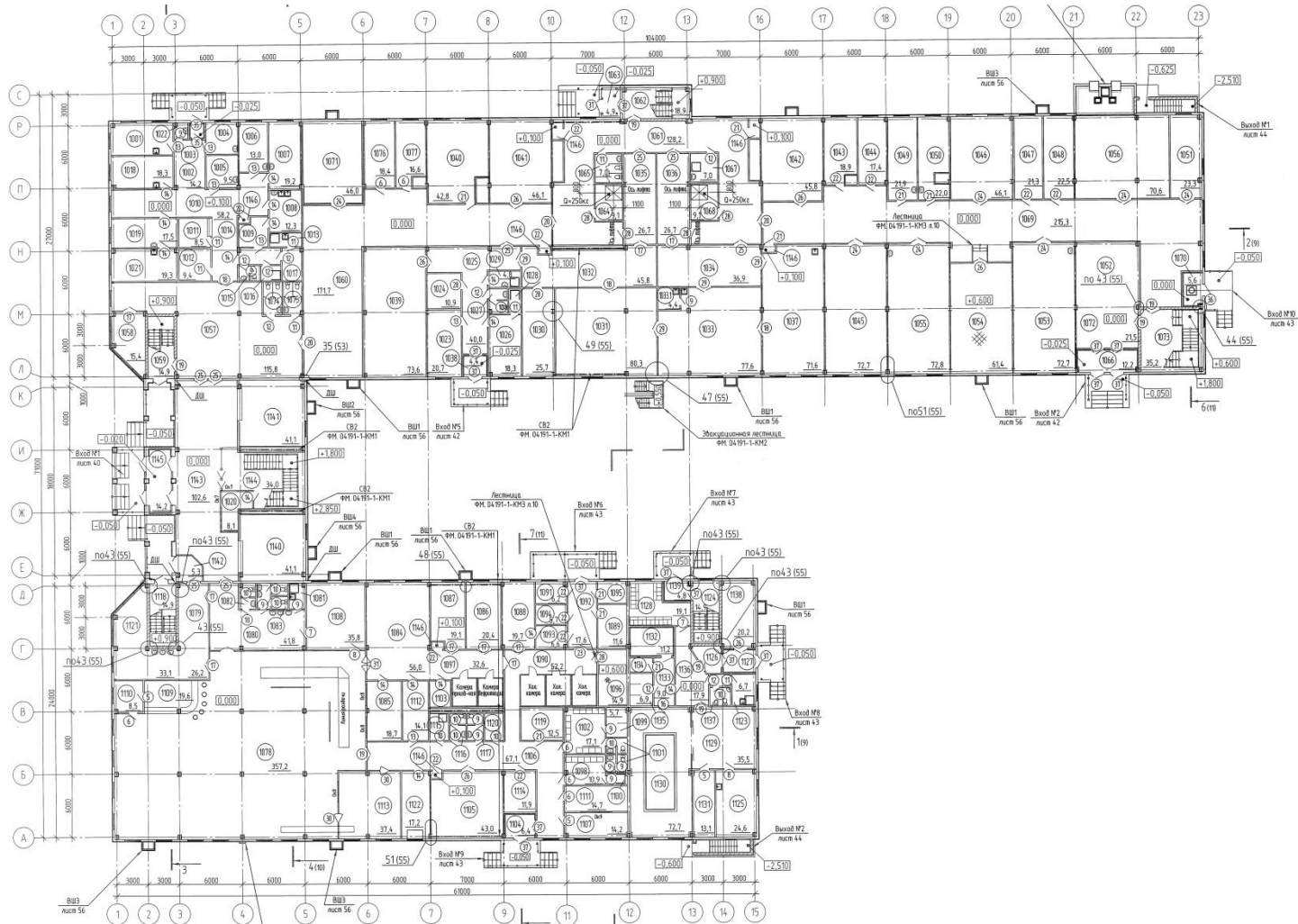
Здание АБК

Быстринский ГОК



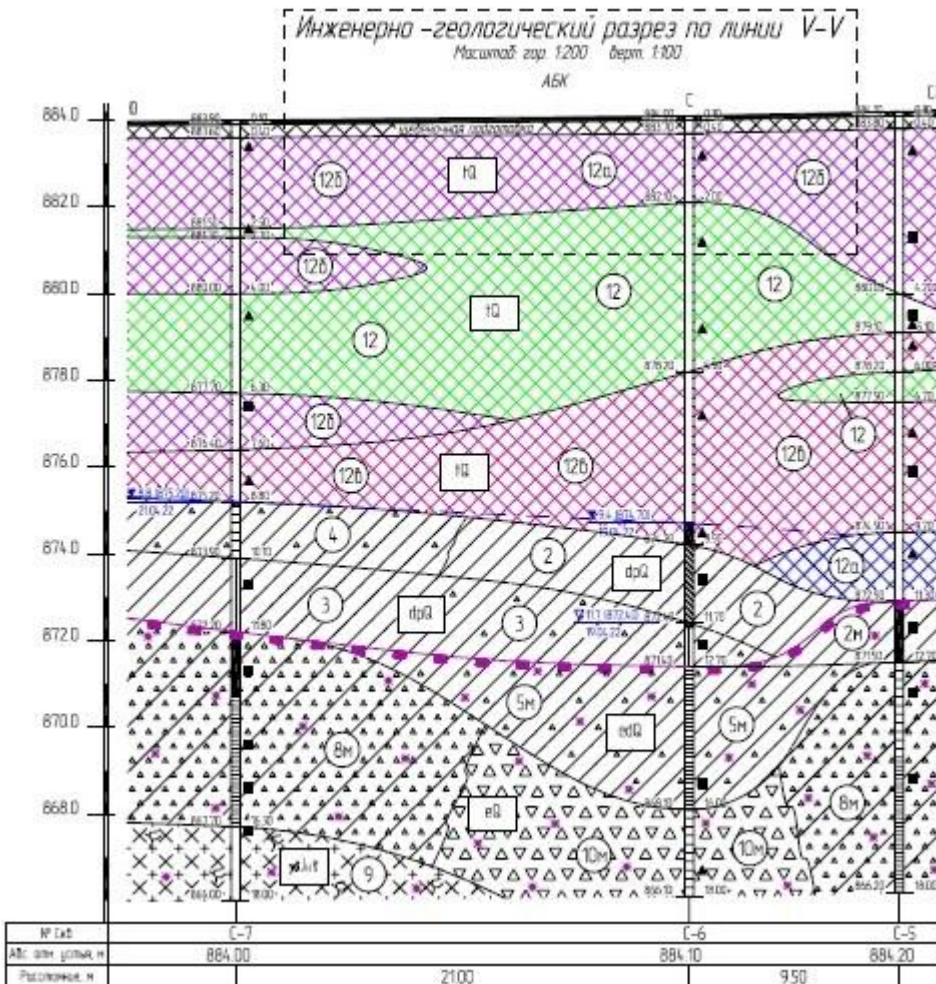
17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



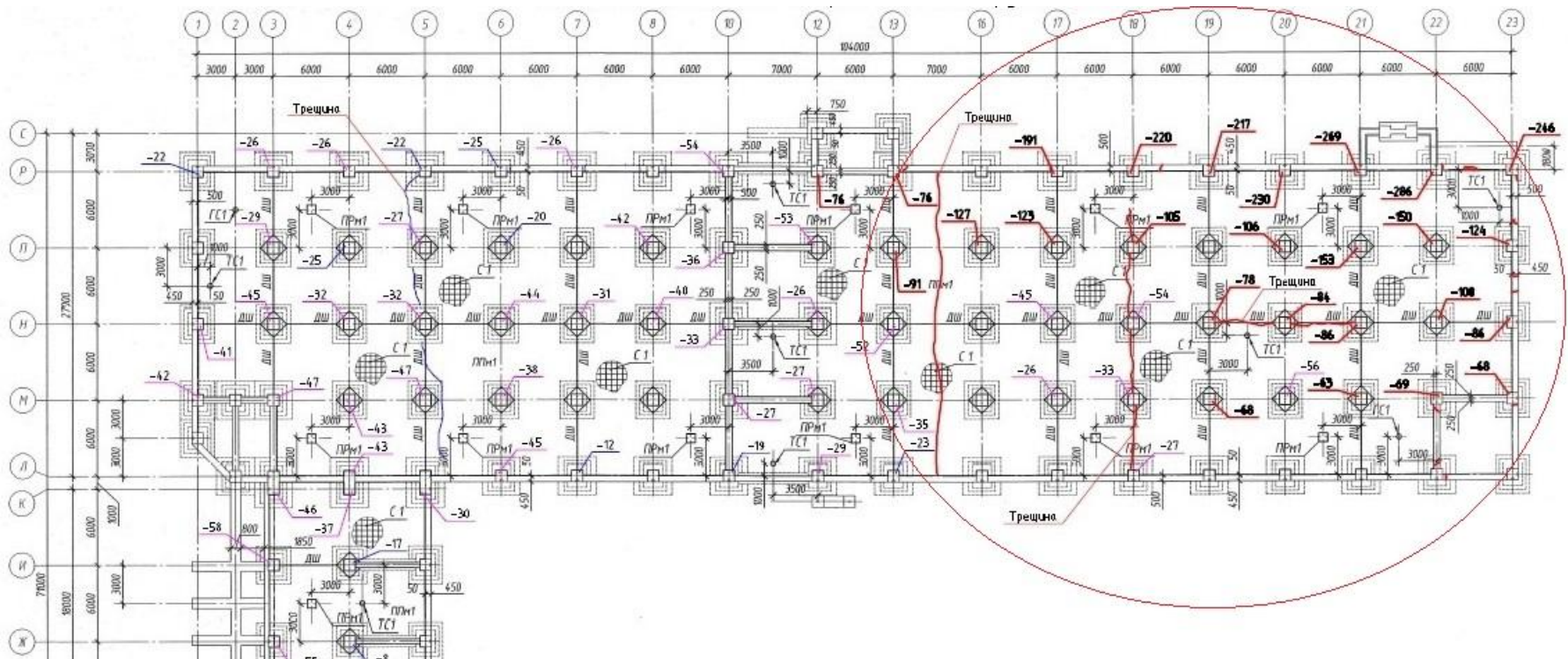
17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

- приращение осадок 8 фундаментов не превысило **1 мм**;
- вертикальное положение 12 фундаментов не изменилось;
- 28 фундаментов оказались приподнятыми на **1...5 мм**.



«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



Корректировка вертикального положения несущих конструкций здания



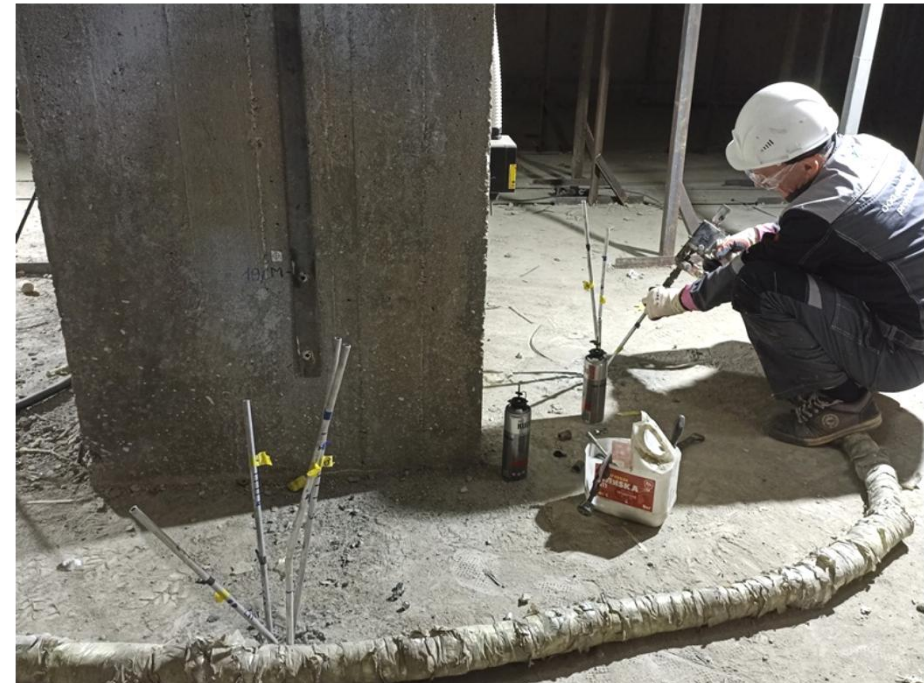
17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



Точки инъецирования около колонны железобетонного каркаса

Нагнетание геотехнической полимерной расширяющейся смолы под фундамент мелкого заложения



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



**Мониторинг вертикального
положением колонны в процессе
нагнетания**

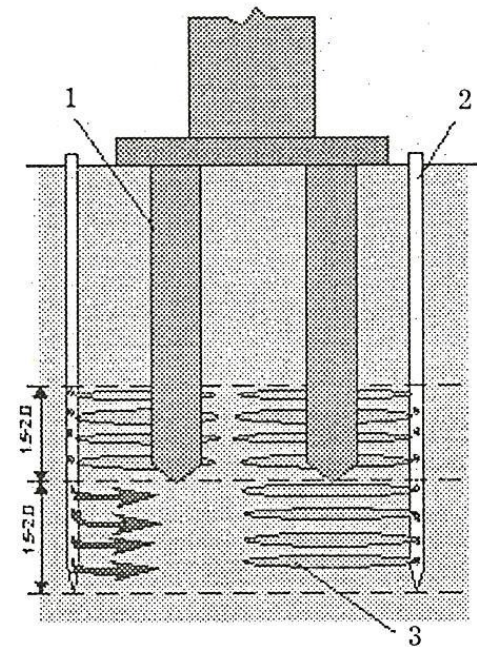
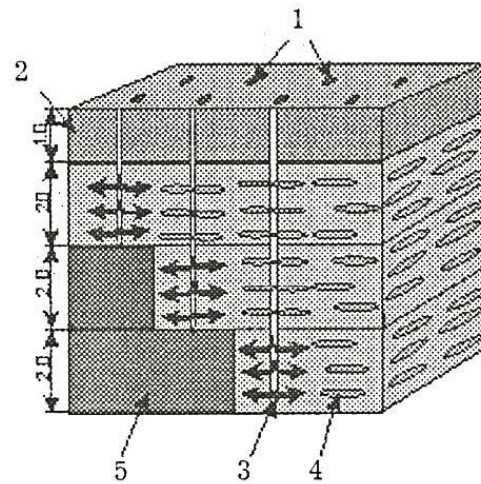
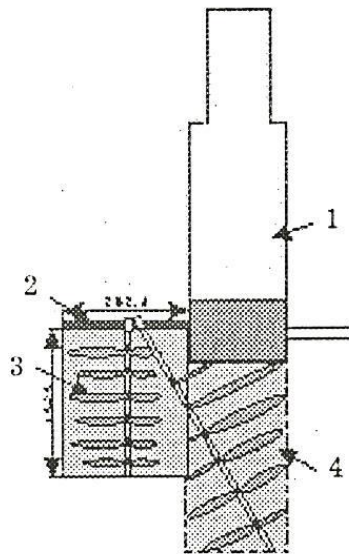
Наладка системы мониторинга



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

МЕТОД «ГЕОКОМПОЗИТ»

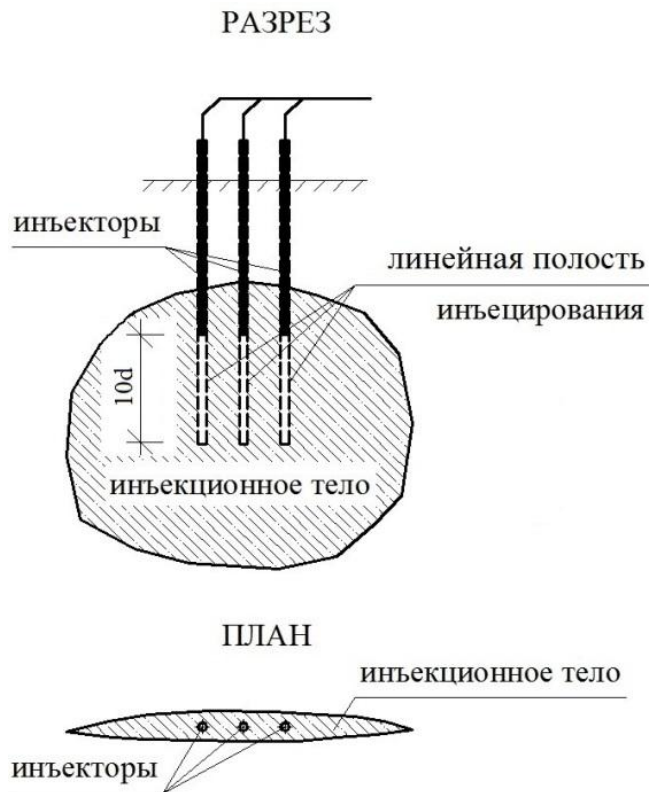


В.И. Осипов, С.Д. Филимонов, 2002

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

КОНТУРНОЕ АРМИРОВАНИЕ ТВЕРДЫМИ ИНЪЕКЦИОННЫМИ ТЕЛАМИ



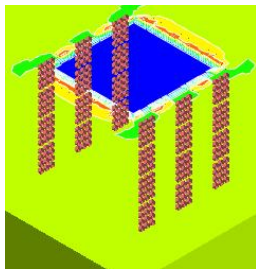
М.Л. Нуждин, 2002

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

МЕТОД УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ КОНТУРНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

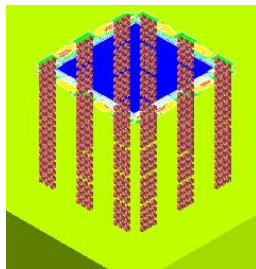
1
вариант

1 схема



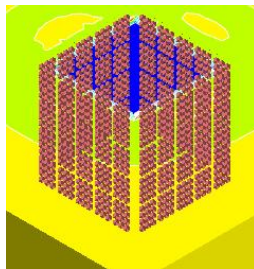
$$\Delta S / S_c = 7\%$$

2 схема



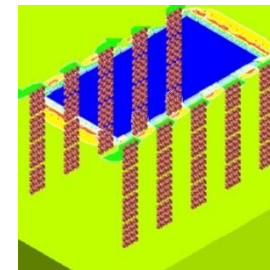
$$\Delta S / S_c = 15\%$$

3 схема



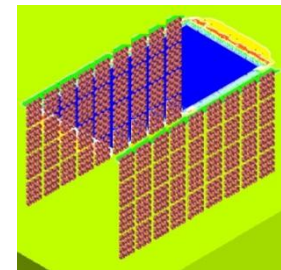
$$\Delta S / S_c = 22\%$$

1 схема



$$\Delta S / S_c \sim 7\%$$

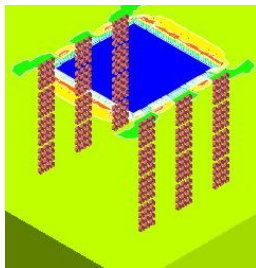
2 схема



$$\Delta S / S_c \sim 12\%$$

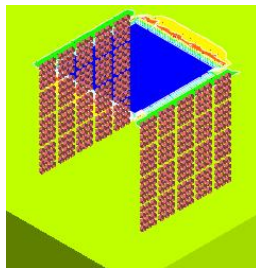
2
вариант

1 схема



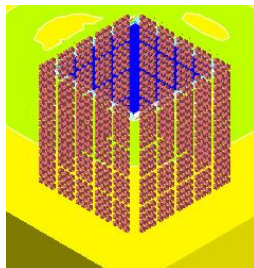
$$\Delta S / S_c = 7\%$$

2 схема

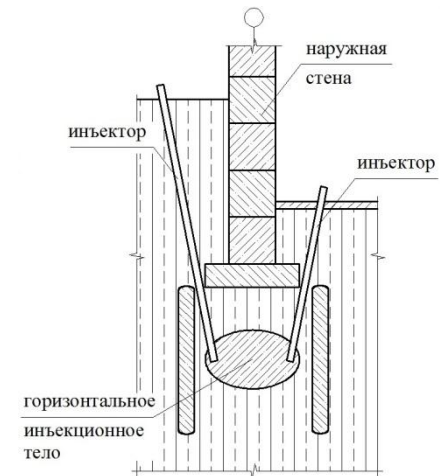


$$\Delta S / S_c = 12\%$$

3 схема



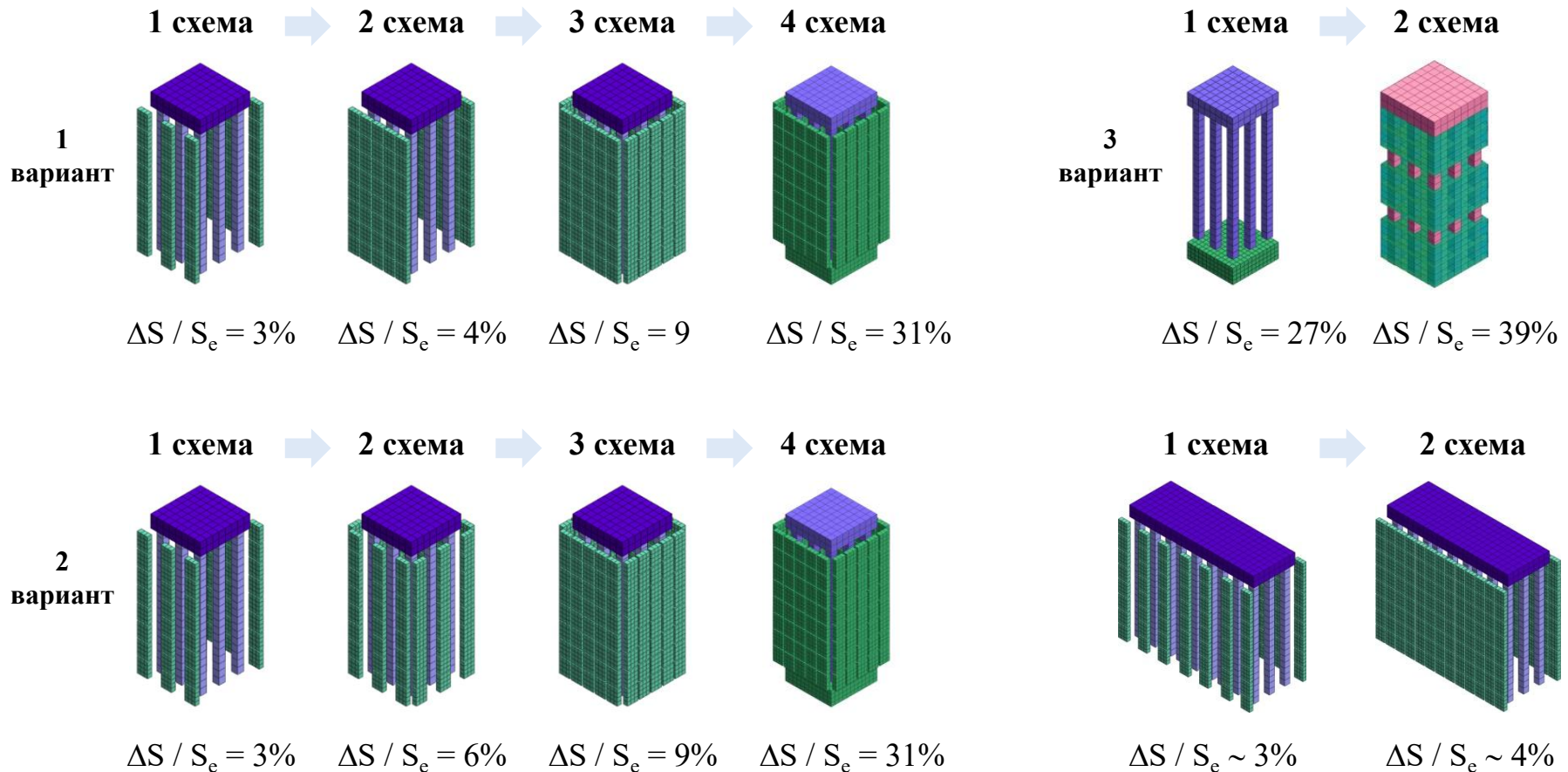
$$\Delta S / S_c = 22\%$$



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

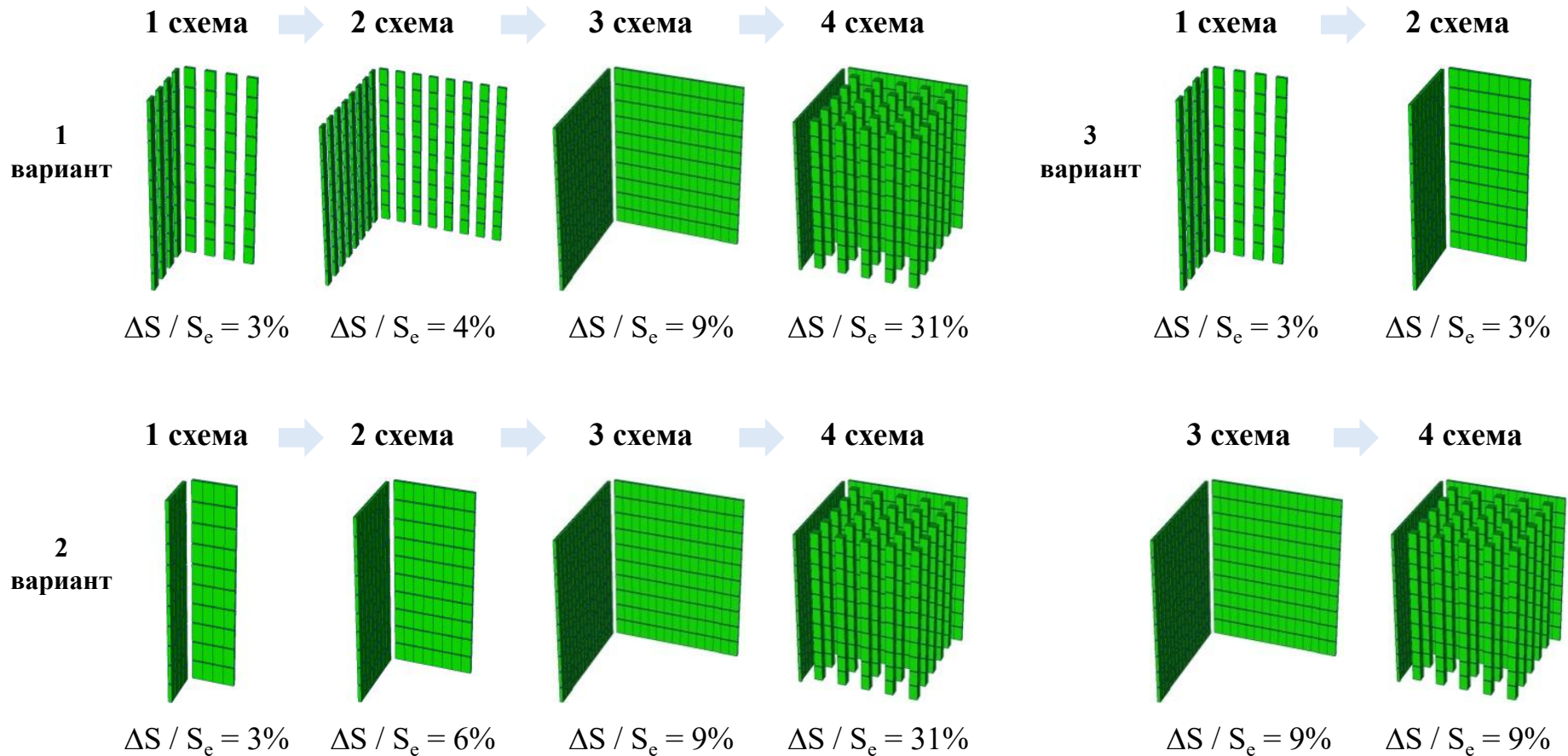
МЕТОД УСИЛЕНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ КОНТУРНЫМ АРМИРОВАНИЕМ



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

МЕТОД УСИЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ КОНТУРНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

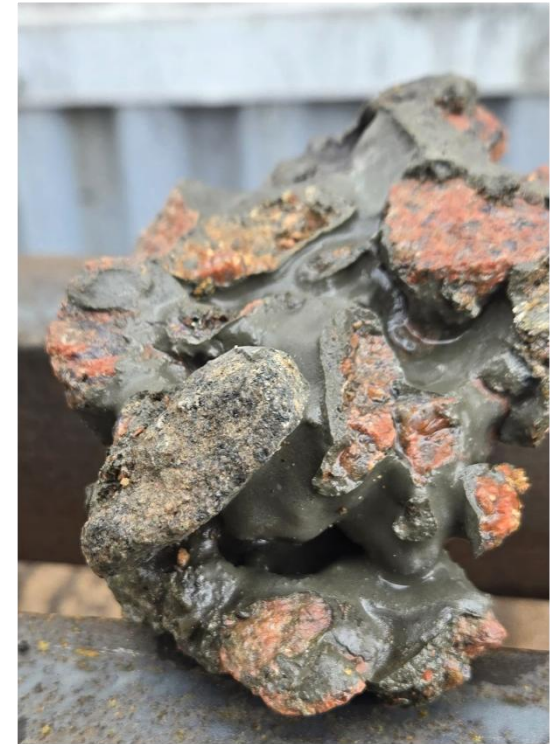


17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



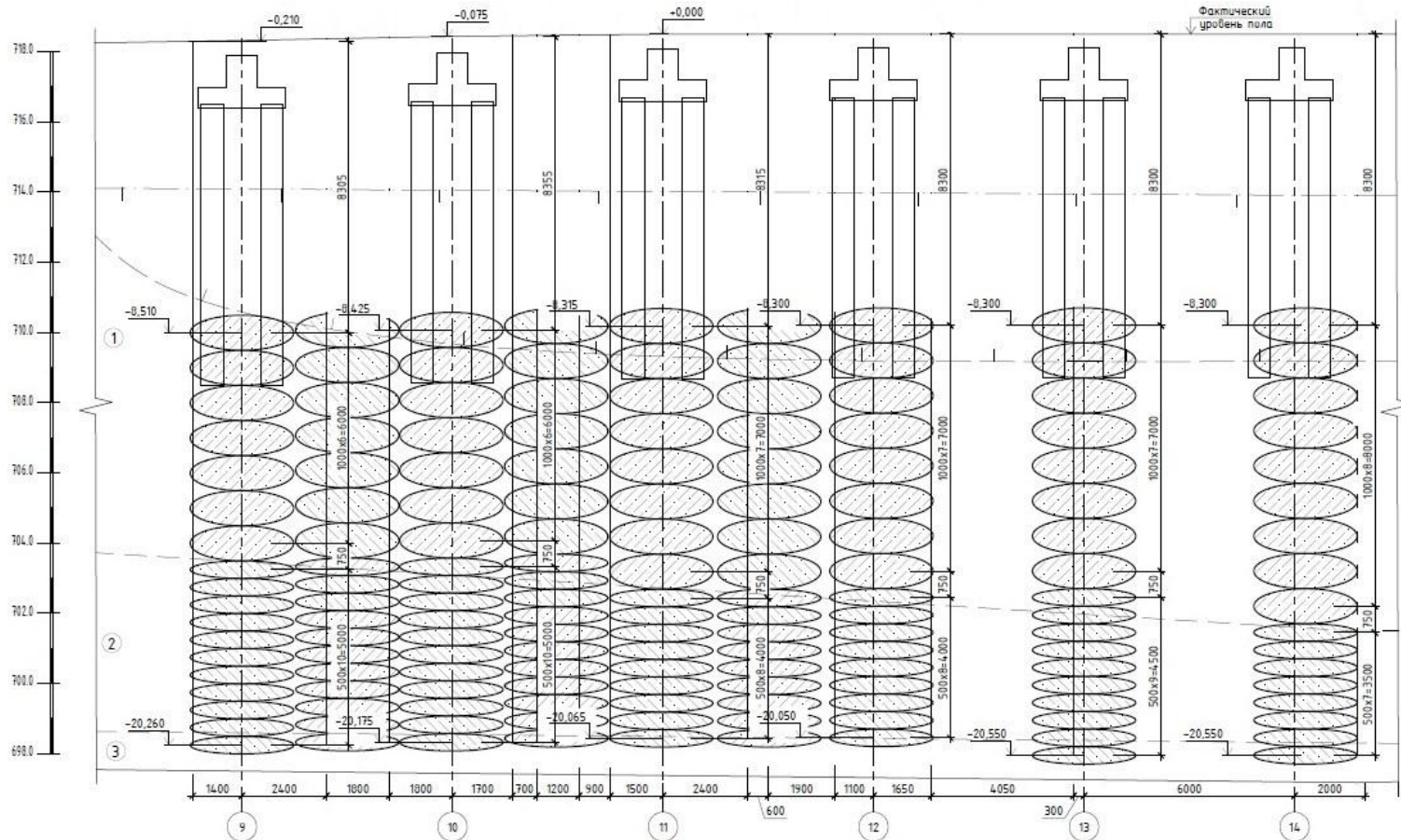
- Заполнение пустот в режиме пропитки (цементация)
- Формирование геокомпозитного массива



- Большой расход материала

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

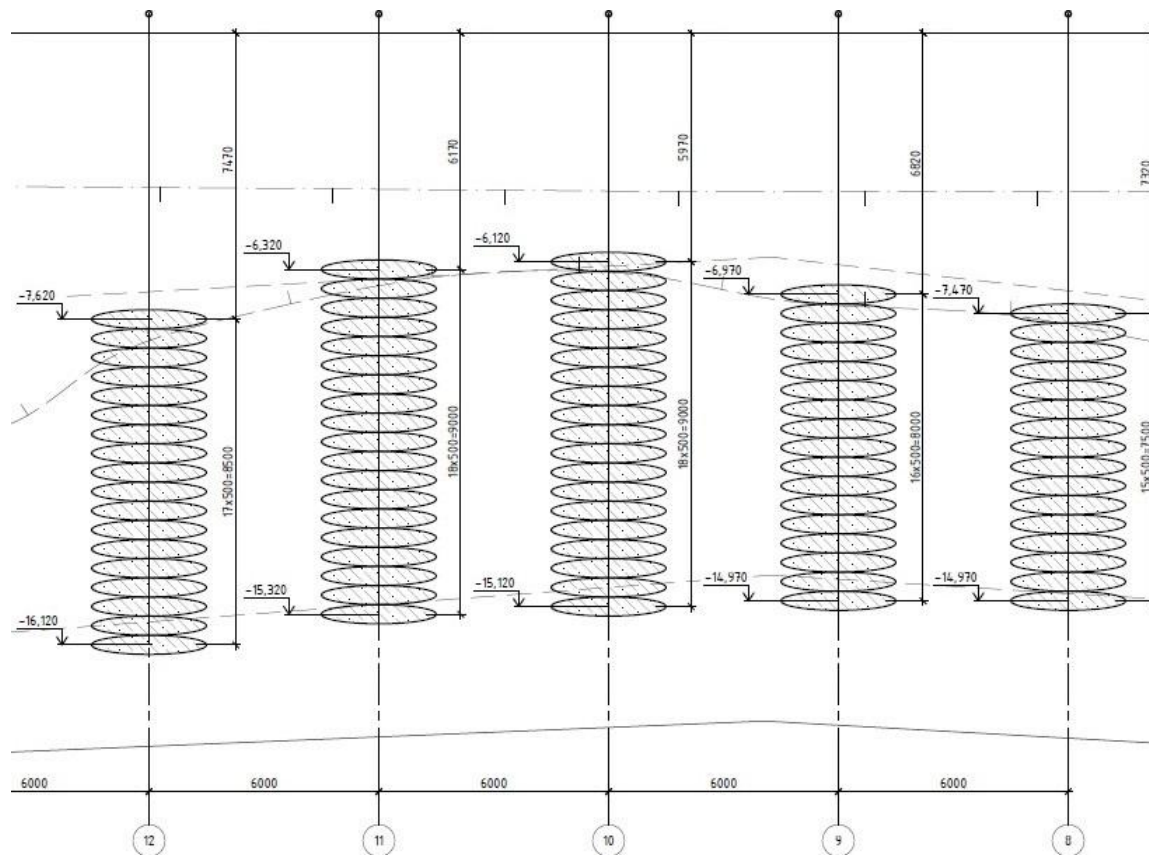


- Отсутствие гарантии усиления грунтового массива под фундаментами !

17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

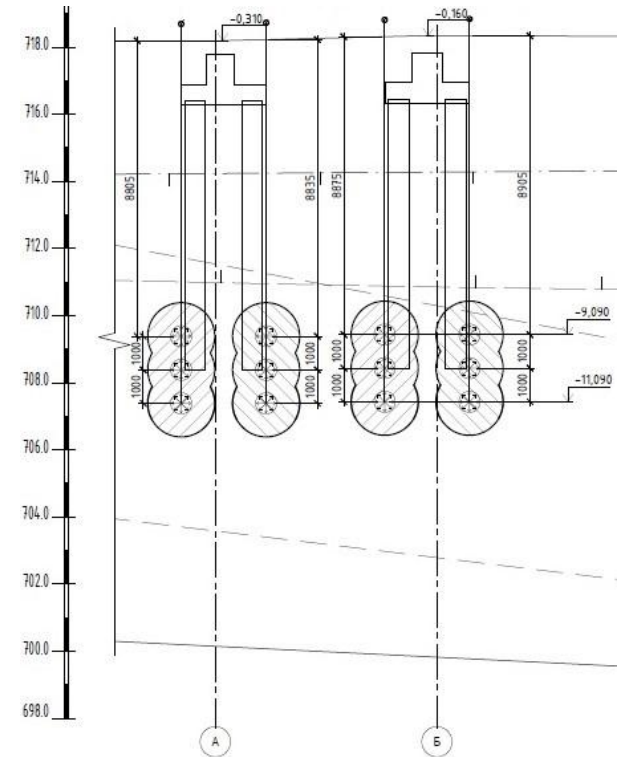
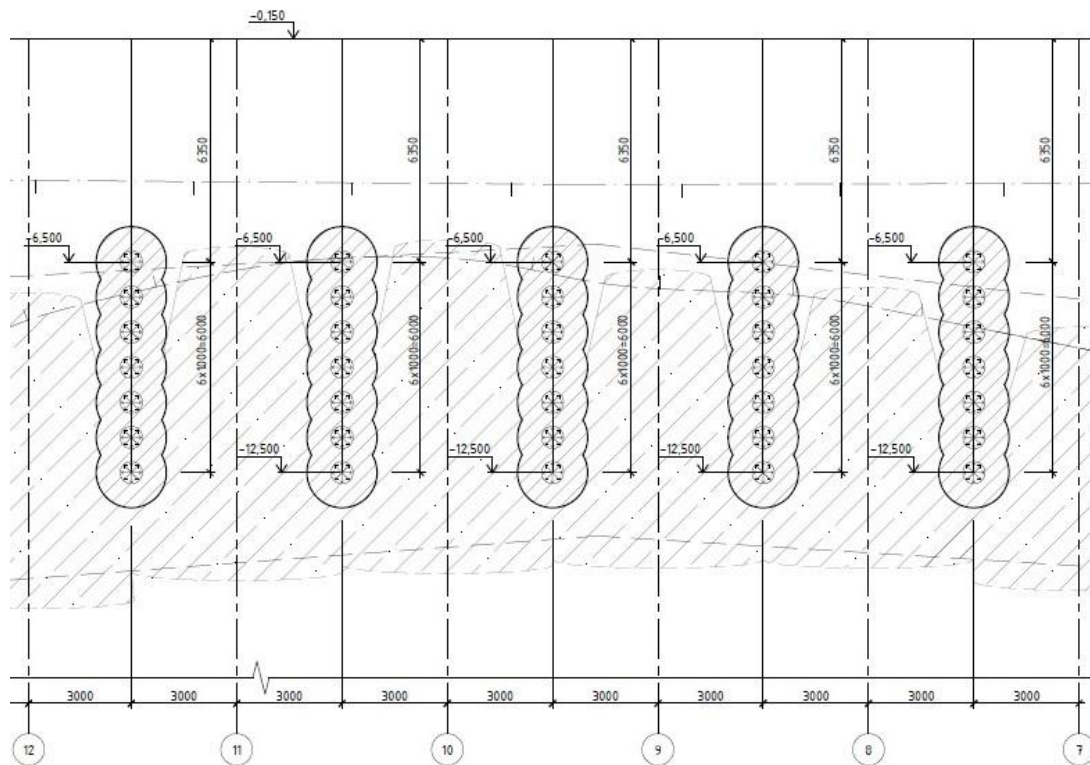
КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ. ПЕРВЫЙ ЭТАП НАГНЕТАНИЕ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО РАСТВОРА В ГРУНТ ОСНОВАНИЯ



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

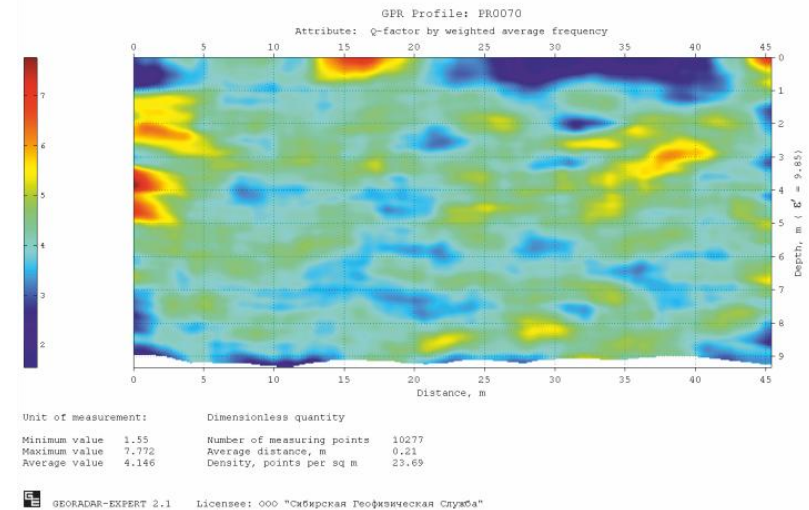
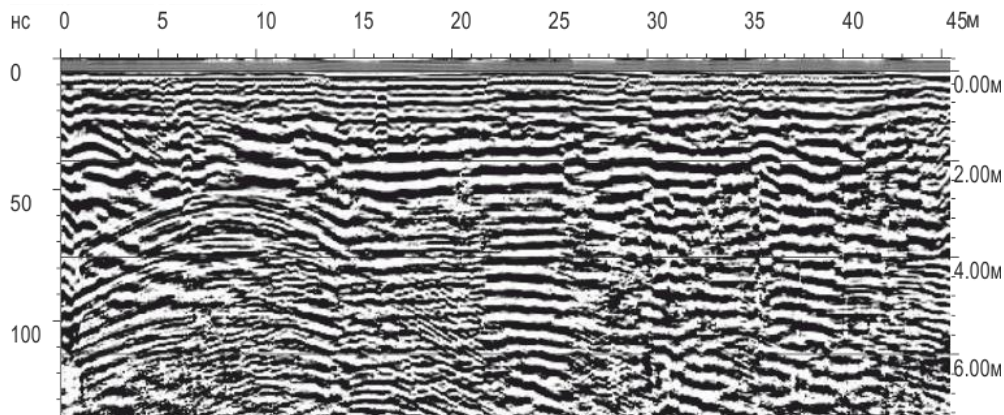
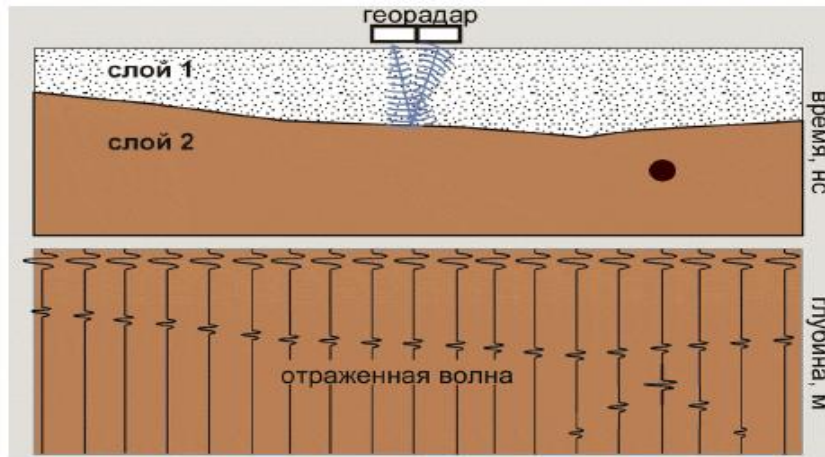
КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ. ВТОРОЙ ЭТАП НАГНЕТЕНИЕ ГПРС В ГРУНТОВЫЙ МАССИВ ПОД ФУНДАМЕНТАМИ



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

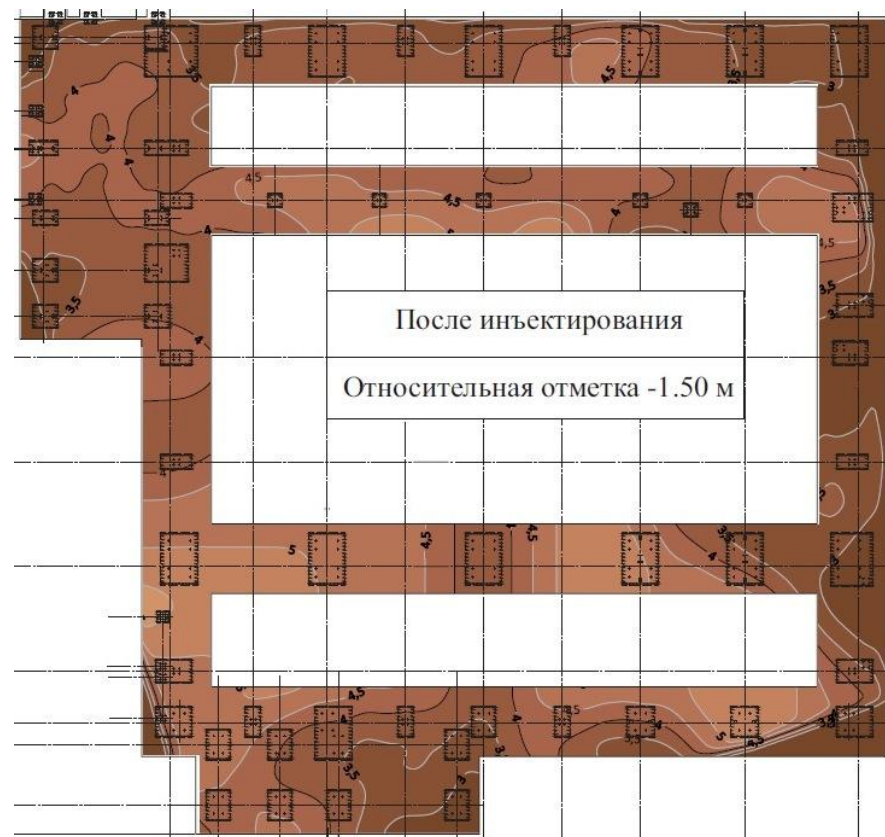
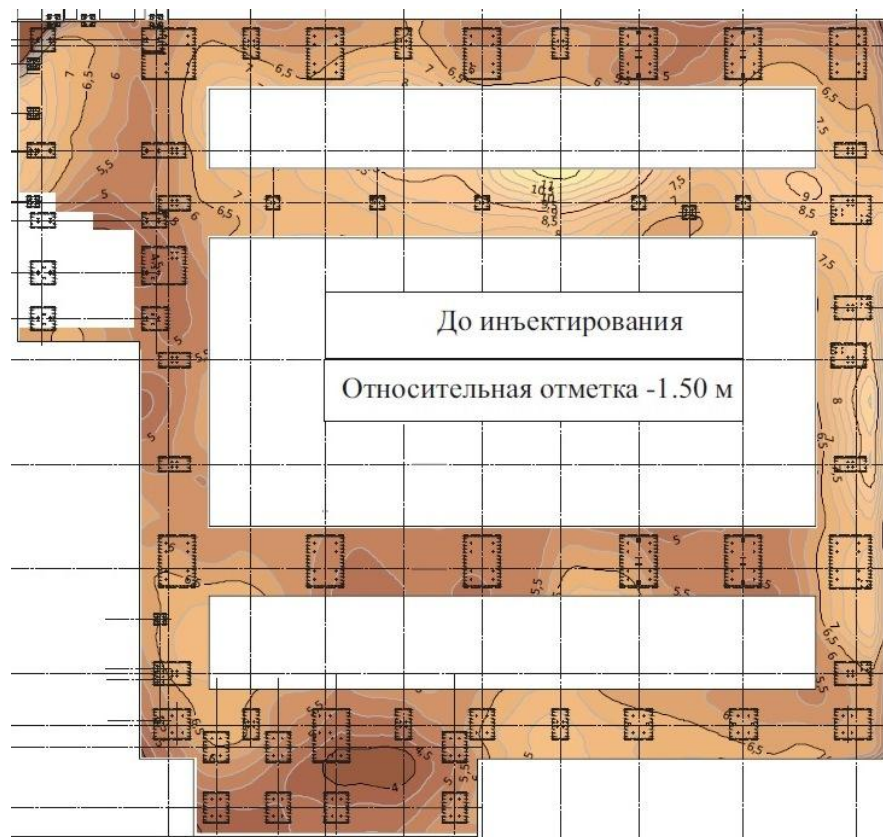
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



$$E_d = 34 - Q_f \text{ (МПа)}$$

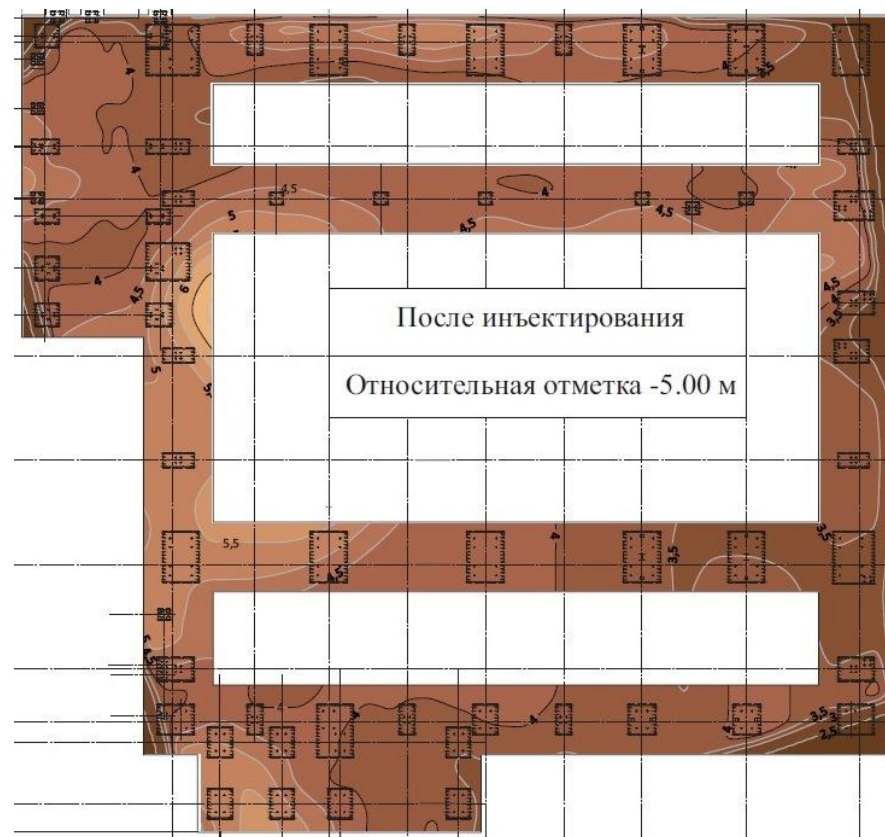
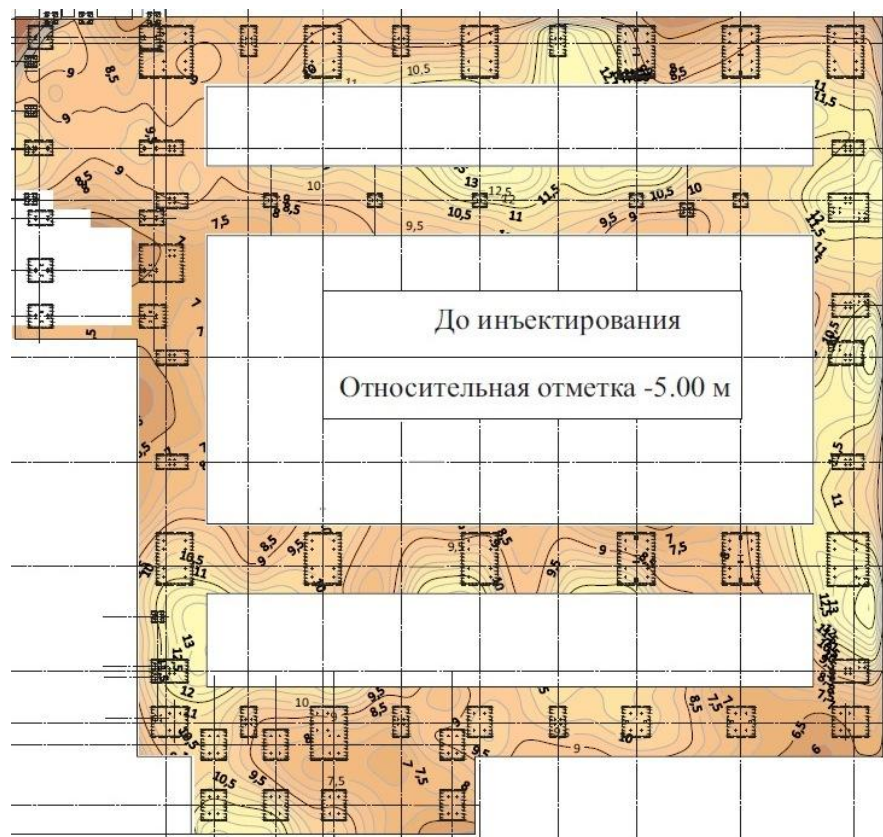
17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»



«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

МЕТОД УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ



17-18 сентября 2025 г., Калининград

«ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

