



university

Тюменский  
Индустриальный  
университет

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО «ТИУ»

Строительный институт  
кафедра Геотехники

Гейдт А.В., Самохвалов М.А.

# **СПОСОБ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ В ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ**

Тюмень, 2018



# 1. Актуальность исследования

2



*Санкт-Петербург*



*Тобольск*



*Тюмень*



*Томск*

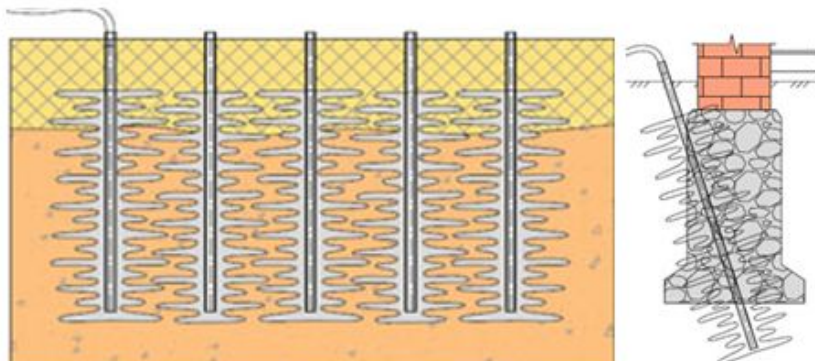


## 2.1 Анализ существующих способов закрепления пылевато-глинистых грунтов

3

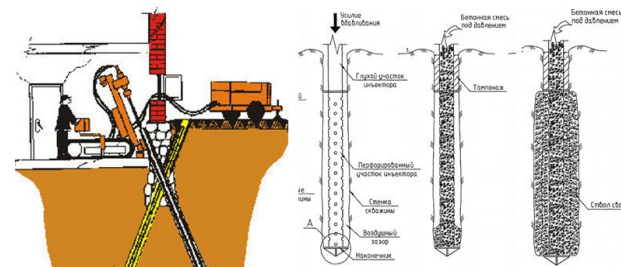
### 1. Цементация (микроцементация) основания:

С.В. Алексеев, А.Н. Адамович, О.С. Байдаков, Б.Е. Веденеев, Г.Б. Вайсфельд, В.И. Глебов, Н.Н. Данченко, Н.В. Дмитриев, А.И. Егоров, М.Н. Ибрагимов, Б.А. Ржаницын, R. Karol, M. Dekker, G Rehbinders и др.



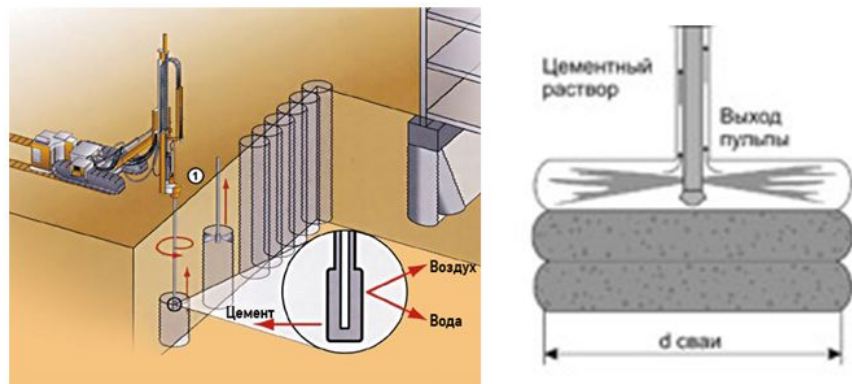
### 3. Буроинъекционные (инъекционные) сваи:

С.Г. Богов, В.А. Богомолов, Э.М. Гендель, В.А. Ермолаев, Х.А. Джантимиров, А.И. Егоров, В.В. Конюшков, П.А. Коновалов, В.В. Лушников, М.А. Мангушев, Л.В. Нуждин, М.Л. Нуждин, М.И. Никитенко, А.И. Осокин, А.А. Петухов, А.И. Полищук, Я.А. Пронозин, М.А. Самохвалов, В.В. Семкин, С.А. Рытов, О.А. Шулятьев, В.М. Улицкий, Н. Brandl, M. Hubbert, F. Lizzi, W. Wittke, и др.



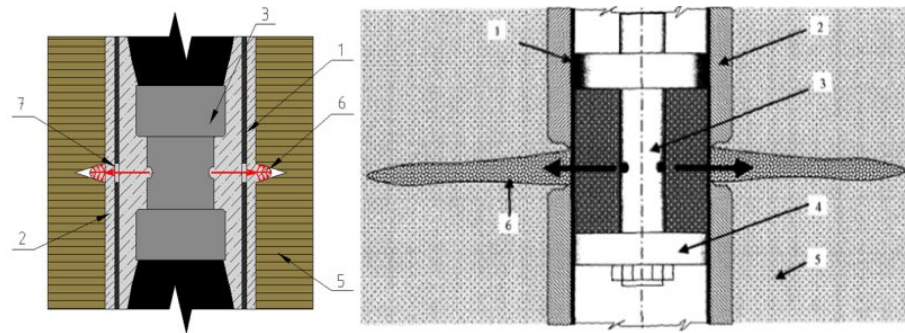
### 2. Струйная технология закрепления (jet-grouting):

И.И. Бройд, Л.К. Гинзбург, А.А. Дюлев, С.О. Зега, Л.В. Маковский, А.Г. Малинин, П.А. Малинин, О.А. Маковецкий, В.Е. Меркин, М.И. Смородинов, А.Н. Токин, В.М. Улицкий, G.K. Burke, D. Bottero, M. Bringiotti, C. M. Bustamante, C. Kutzner, A. Garassino, M.A. Koeling, C. Melegari, T. Yahiro, H. Yoshida и др.



### 4. Высоконапорная (манжетная) технология инъекции:

М. Аббуд, В.А. Ермолаев, М.Н. Ибрагимов, А. Камбефор, Р.А. Мангушев, Б.Н. Мельников, А.И. Нестеров, Л.В. Нуждин, М.Л. Нуждин, В.И. Осипов, В.П. Петрухин, И.И. Сахаров, З.Г. Тер-Мартirosян, О.А. Шулятьев, С.Д. Филимонов и др.



1 – манжетная труба (труба-инъектор); 2 – обойма; 3 – пакер;  
4 – кольцо тампонов; 5 – грунт;  
6 – формирование гидроразрыва; 7 – перфорация

## 2.2 Анализ существующих способов закрепления пылевато-глинистых грунтов

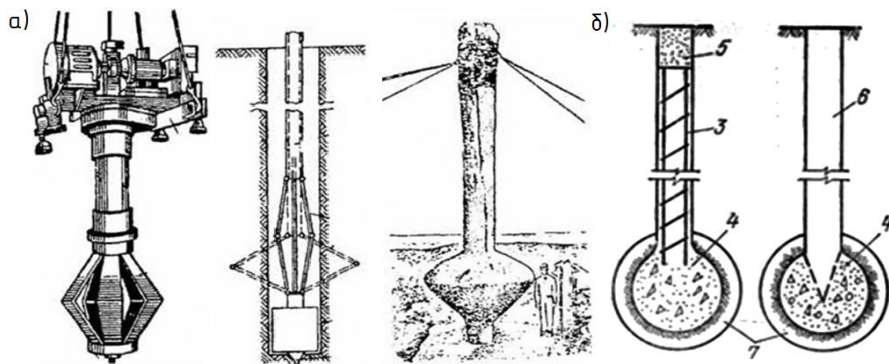
4

С механическими уширителями (а):

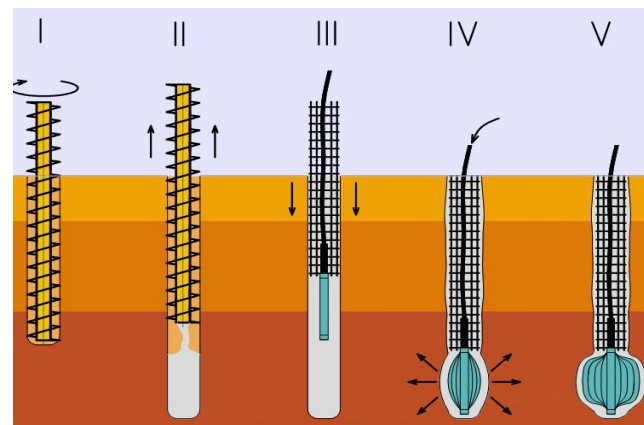
- «поворотные крылья» (А.К. Зворыкин)
- «раскрывающиеся наконечники» (И.П. Бойко, М.С. Грутман, А.Д. Захарченко, В. Фейербах, С.С. Спиридонов)
- «шпоры» (В. Ранд, Ж. Рузен)
- «лопасти», «лопастные сваи» (В.И. Феклин, А.А. Бартоломей, В.М. Чикишев, Б.С. Юшков, В.Ф. Бай, А.П. Малышкин, В.П. Малюгин)

С бетонными уширениями (б):

- «лучевидное уширение, полученное при помощи гидравлического расширителя» (А.М. Ягудин)
- «камуфлетное уширение при помощи ВВ» (А.А. Луга, А.А. Вовк, А.В. Михалюк, К.А. Гундарев)
- «трамбованное уширение» (В.В. Очинский, М.Г. Денисов, А.П. Малышкин, А.В. Есипов) и др.

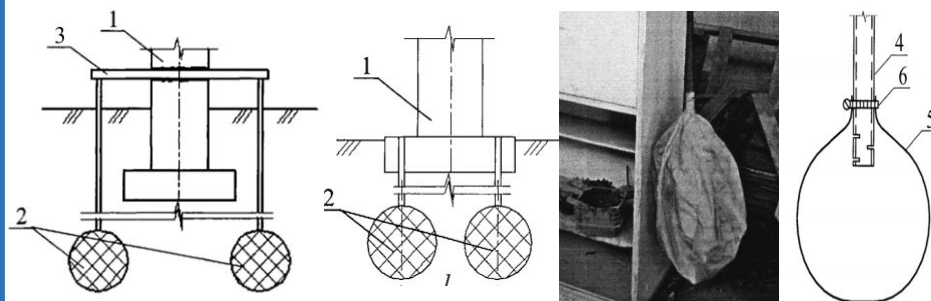


Свая с алюминиевым уширением швейцарской фирмы «Soilex»



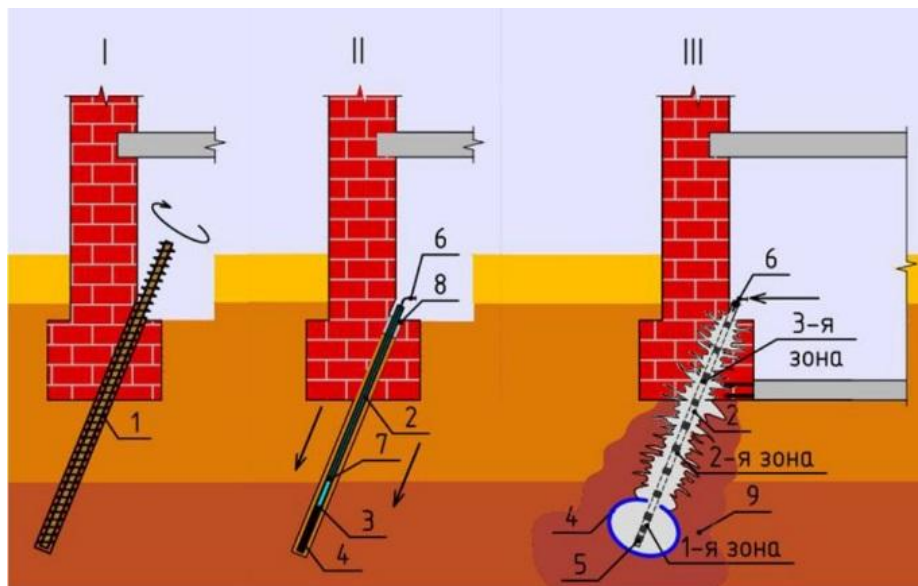
I - бурение скважины, II - извлечение буровой колонны с одновременным заполнением скважины раствором, III - погружение армокаркаса с алюминиевой оболочкой, IV - инъецирование раствора в расширяющуюся оболочку, V - опрессовка скважины.

«Нагнетаемые несущие элементы» (А.Б. Пономарев, К.В. Голубев)



1 – ленточный фундамент; 2 – «нагнетаемый несущий элемент»; 3 – распределительная балка; 4 – металлическая труба,  $d=22$  мм; 5 – оболочка; 6 – хомут крепления.

### 3.1 Схема устройства буринъекционной сваи с контролируемым уширением



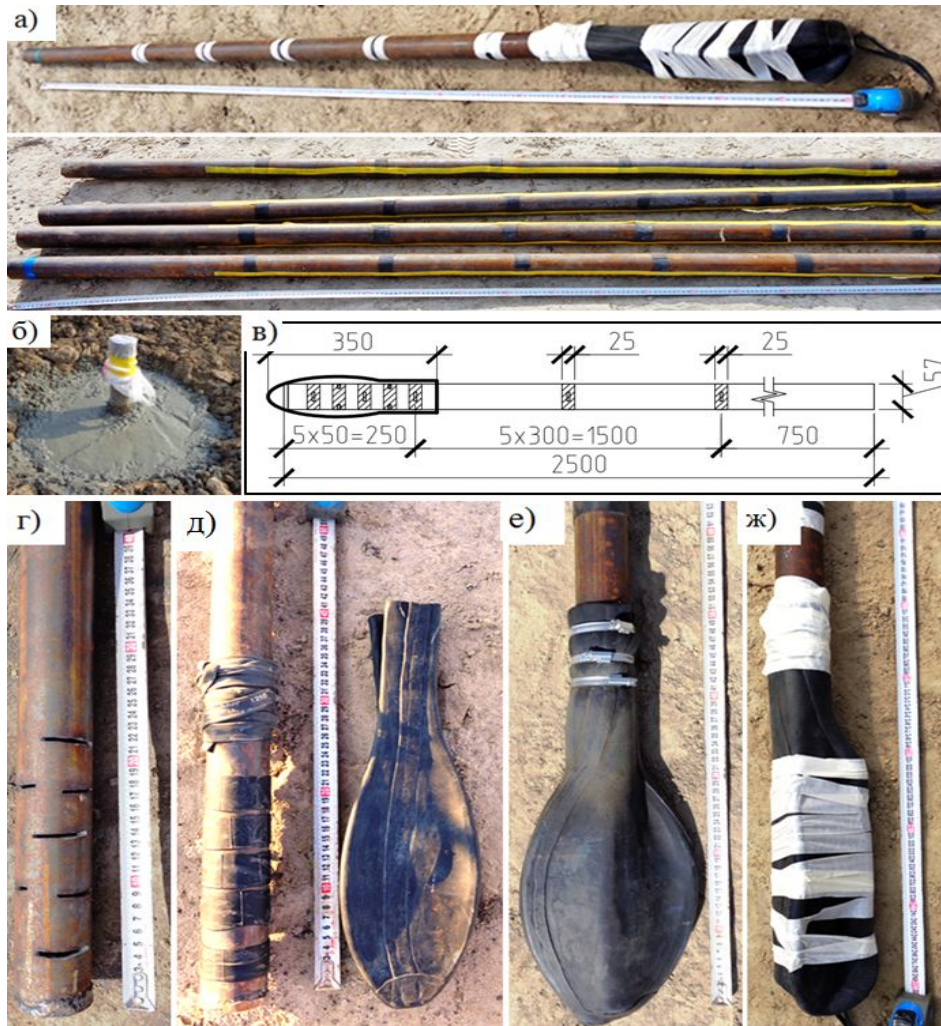
1 - скважина, 2 - труба-инъектор, 3 - хомут, 4 - мембрана-стакан,  
5 - резиновые манжеты, 6 - шланг, 7 - пакер, 8 - бетонная пробка,  
9 - уплотненная зона грунтового массива

I - бурение скважины, II – монтаж арматурного каркаса в виде трубы-инъектора,  
подача пакера в первую зону инъекционных отверстий, III – процесс  
инъектирования раствора



## 3.2 Конструкция трубы-инъектора с мембраной-стаканом

6



Промышленный образец мембраны-стакана



Гидравлические испытания промышленного образца в объеме воды 50 л



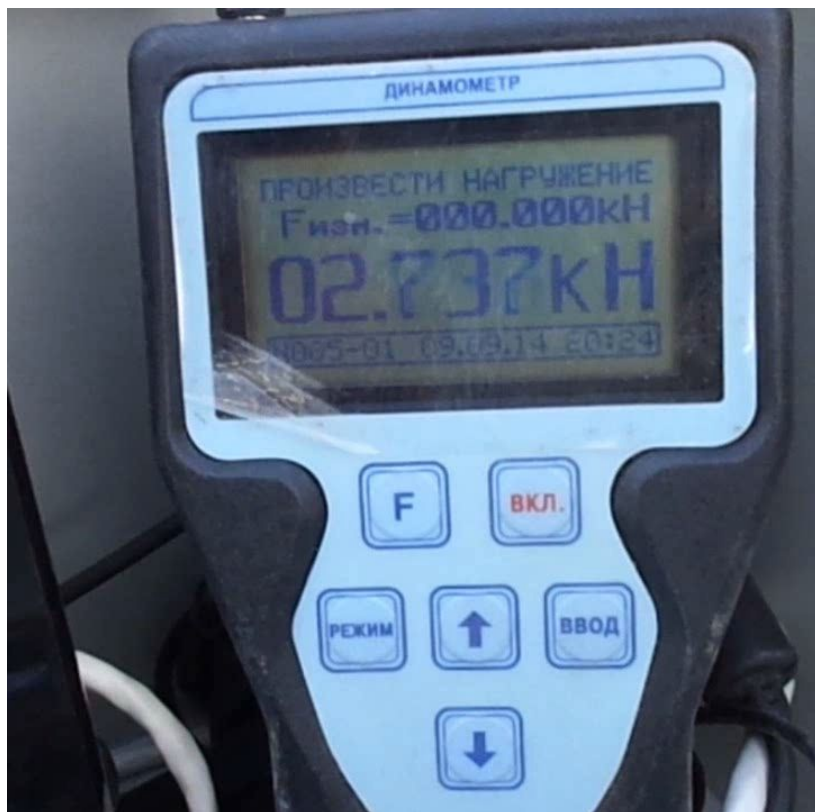
- а – собранные инъекторы,
- б – пробка,
- в – схема инъектора,
- г – отверстия перфорации,
- д – манжеты и резиновая прокладка,
- е – закреплённая на трубе мембрана-стакан,
- ж – мембрана перед погружением в скважину.



## 4. Полевые исследования

### 4.1 Инъекция раствора в мембрану-стакан для формирования контролируемого уширения на конце сваи

Телескопические стойки и динамометр сжатия  
(реактивный отпор грунта 5,1-6,8 кН)



**Вывод:** на основании показаний динамометра сжатия во время инъекции раствора в мембрану-стакан по значению реактивного отпора грунта можно утверждать что при формировании контролируемого уширения происходит включение сваи в работу ещё до приложения полезной нагрузки, что позволяет избежать появления сверхнормативных технологических осадок и является очень важным для реконструируемых зданий.

## 4.2 Измерение напряженного состояния грунтового массива при формировании контролируемых уширений

8

Конструкция мессдоз

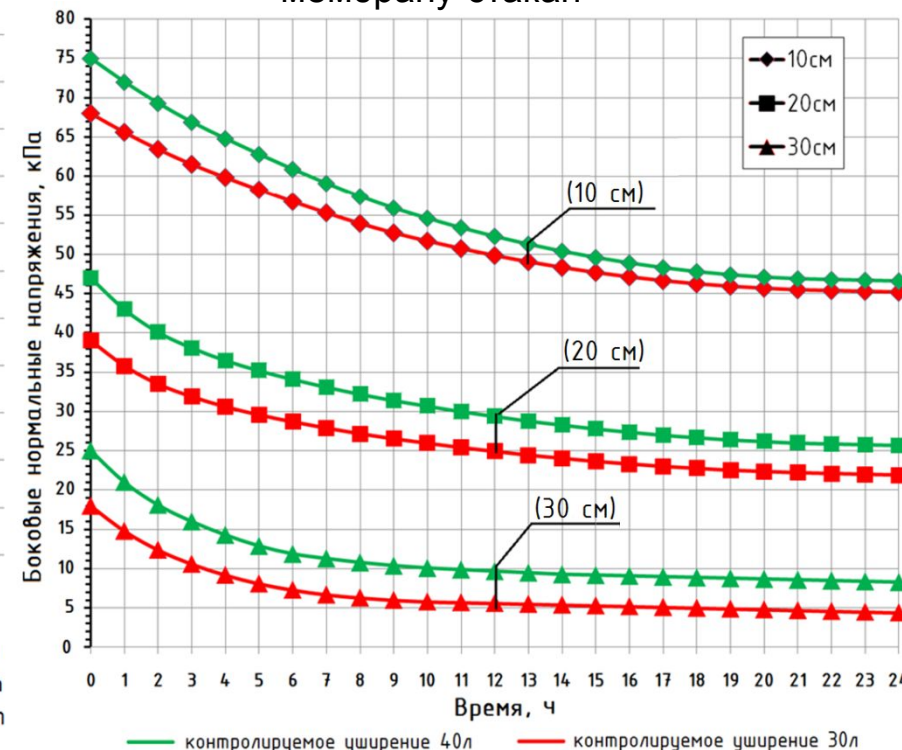
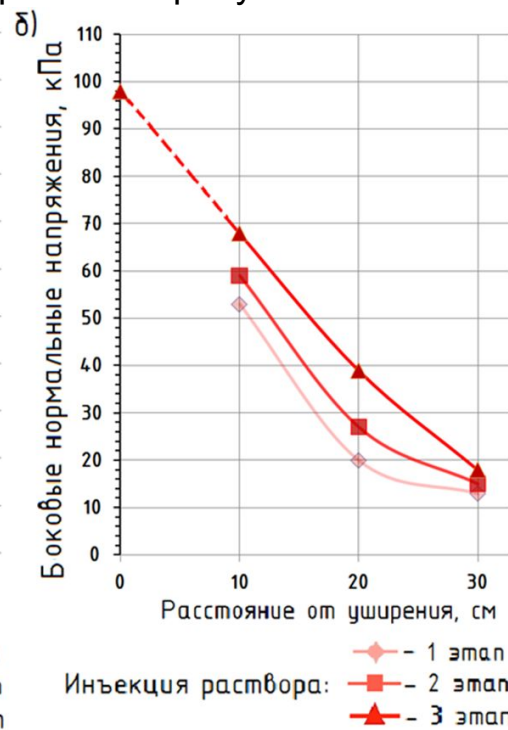
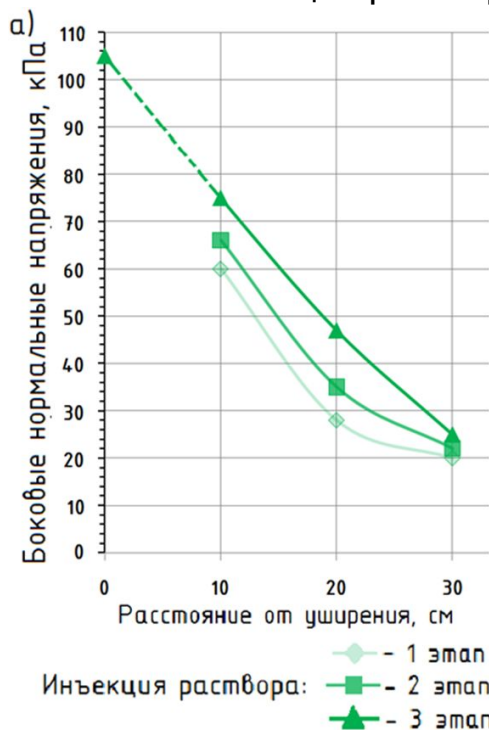


Оборудование для измерения напряжений в режиме реального времени National Instruments

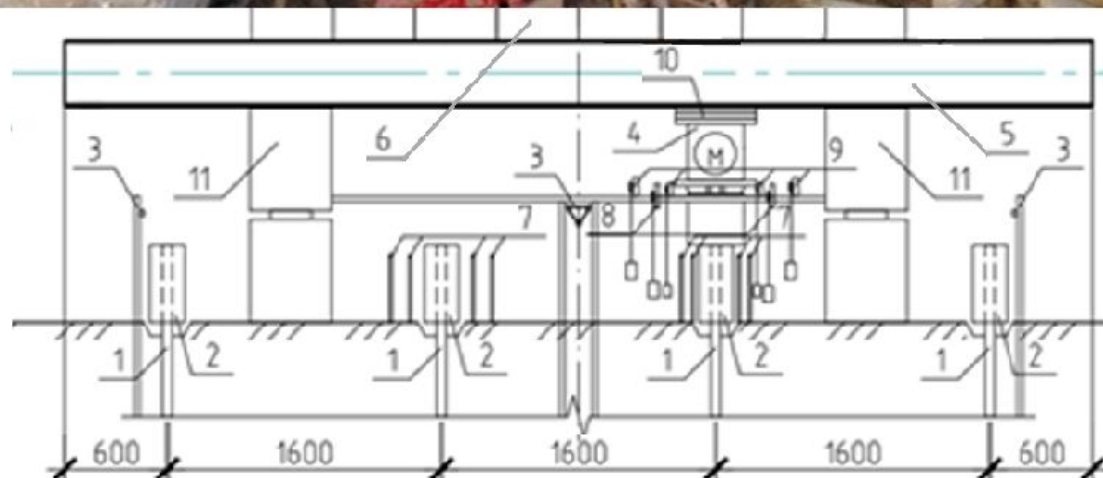


Распределение напряжений во время инъекции раствора в мембрану-стакан

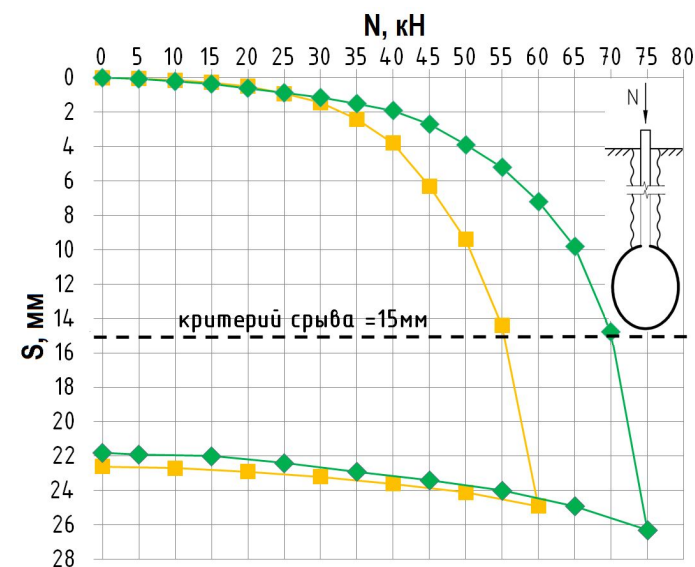
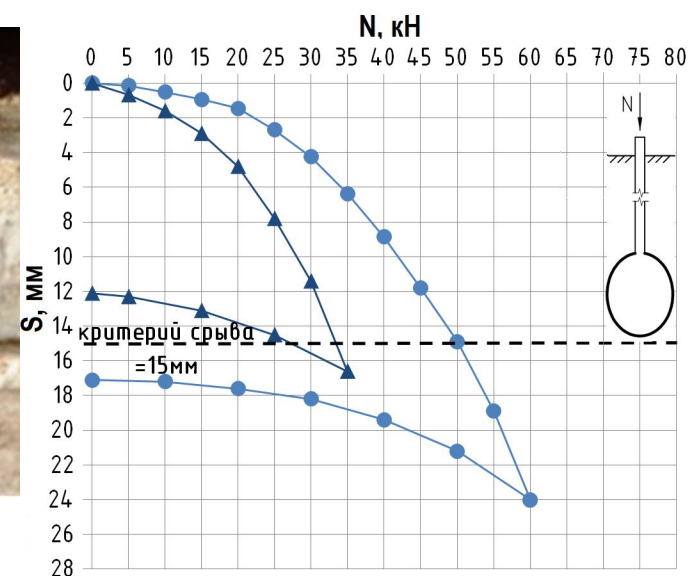
Релаксация напряжений после инъекции раствора в мембрану-стакан





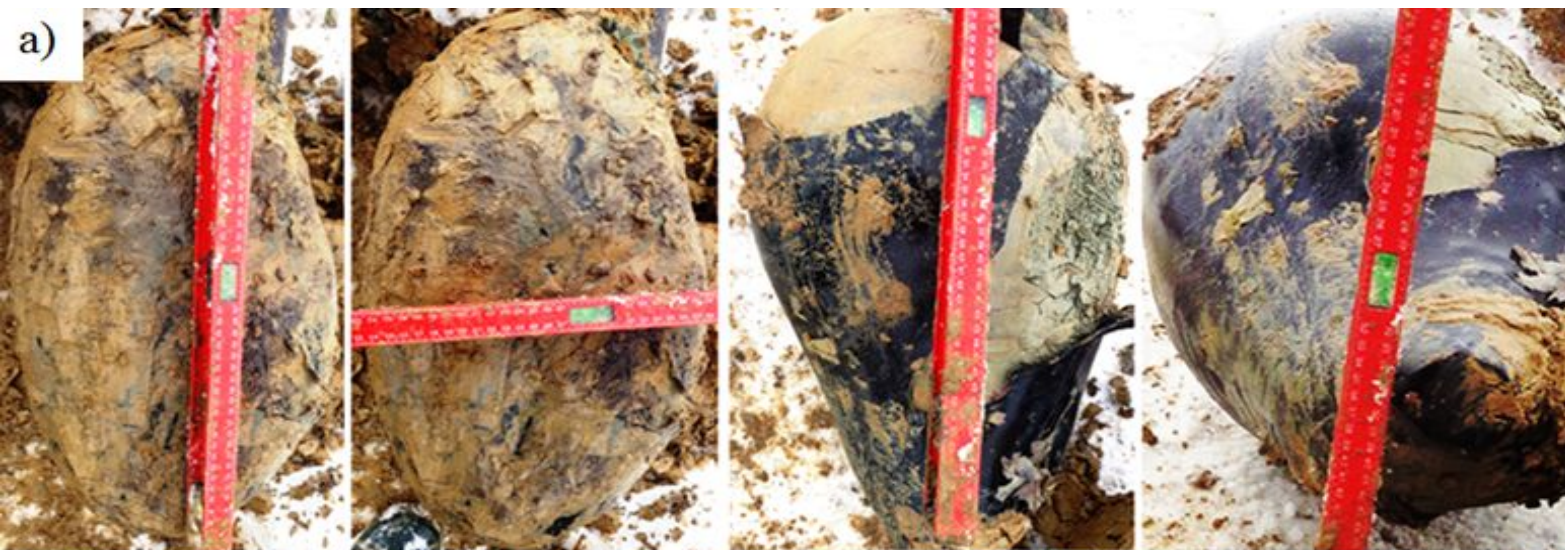


- 1 – испытываемая свая; 2 – гильза; 3 – реперная система;  
 4 – домкрат; 5 – упорные балки; 6 – пригруз из блоков ФБС;  
 7 – глубинные марки; 8,9 – прогибомеры 6ПАО;  
 10 – распределительные пластины; 11 – блоки ФБС





##### Геометрические параметры контролируемых уширений



а)  $V=30$  л

$D=340-360$  мм

$h=410-430$  мм

$d/h=0,8$



б)  $V=40$  л

$d=370-390$  мм

$h=510-530$  мм

$d/h = 0,7$





Объект до реконструкции

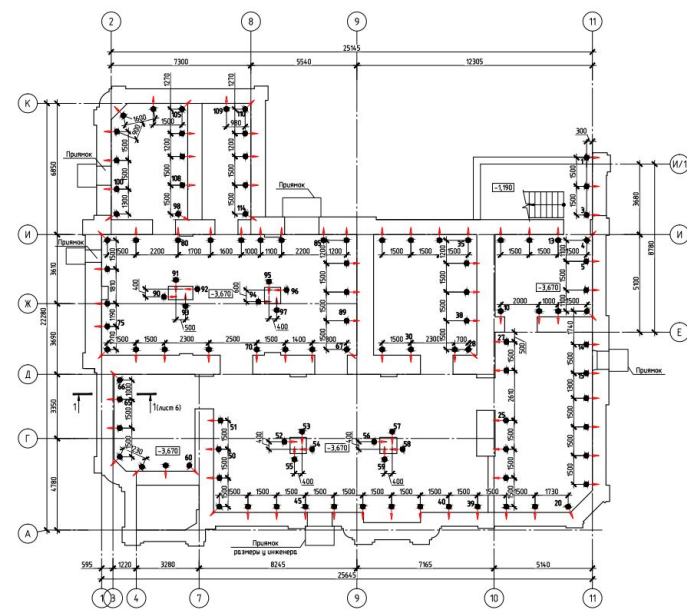
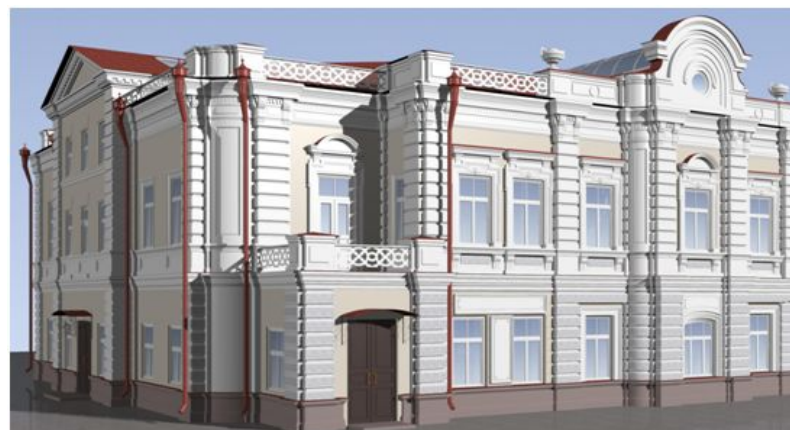
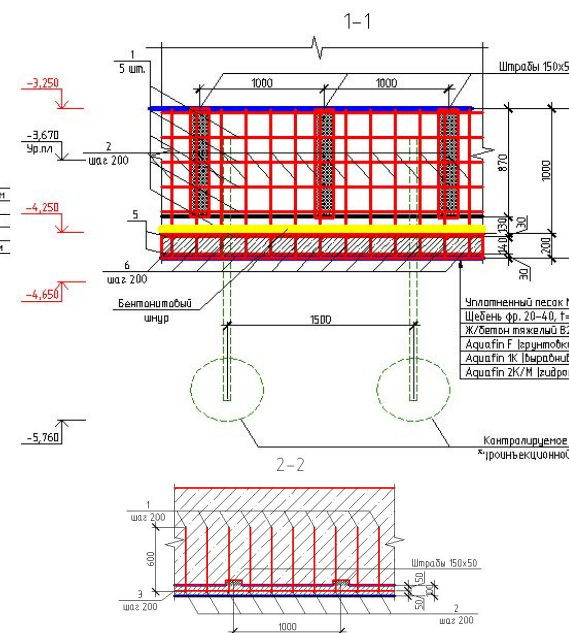
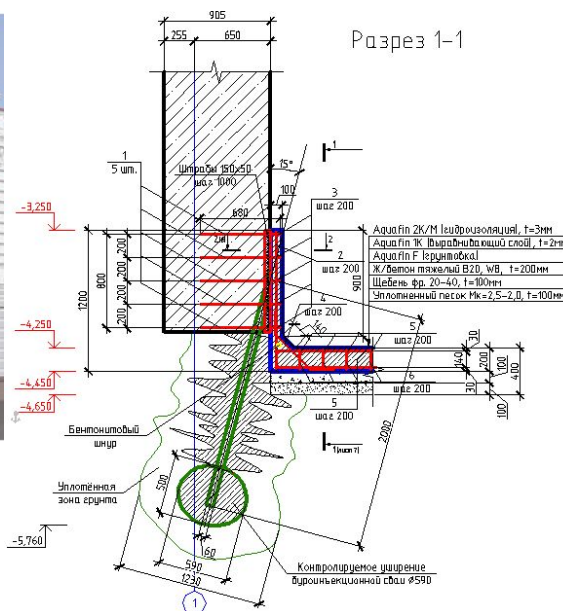


Схема расположения инъекторов



Эскизный проект здания после реконструкции



Адрес: г.Тюмень, ул.Ленина 10  
Количество свай: 114 шт.  
Шаг: 1,5 м



На основании полученных результатов и успешного внедрения предлагаемого способа на объектах реконструкции г. Тюмени возникает необходимость в проведении дополнительных исследований:

- выявление закономерности включения сваи в работу ещё до приложения дополнительной нагрузки во время инъекции раствора в мембрану-стакан;
- оценка влияния остаточных напряжений в пределах уплотнённой зоны нижнего конца сваи на работу ленточного фундамента;
- выявление закономерностей образования формы уширения под существующим фундаментом с учётом действующего НДС грунтового основания;
- оценка изменения физико-механических характеристик уплотнённой зоны



## Контактная информация:



Гейдт  
Андрей  
Владимирович  
магистрант кафедры Геотехники  
Тел.: 8-999-579-62-82  
email: andreygeydt@gmail.com



Самохвалов  
Михаил  
Александрович  
к.т.н., доцент кафедры Геотехники  
Тел.: 8-919-943-13-79  
email: 89199431379@yandex.ru

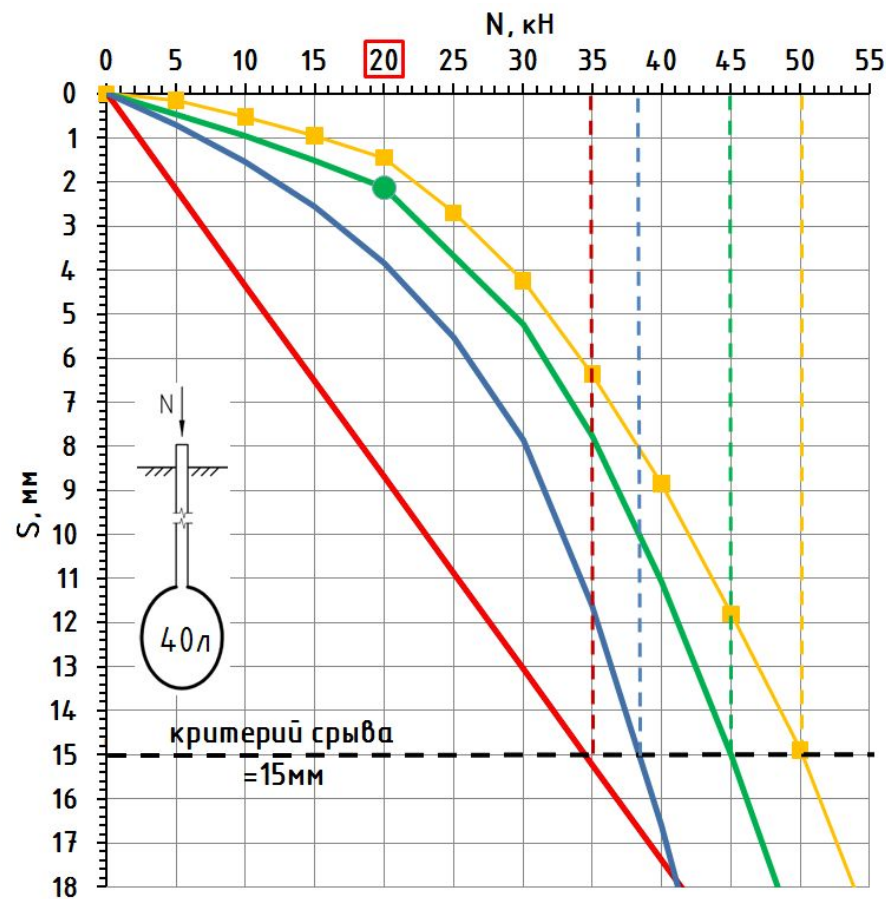
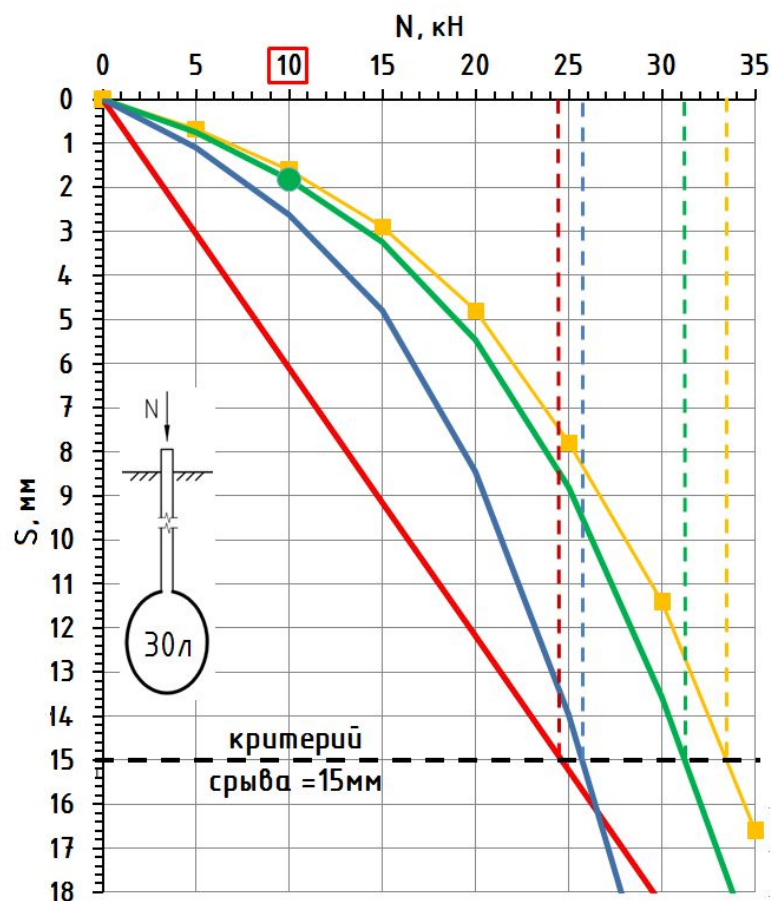
# 5. Определение закономерности развития осадки предлагаемых свай при статическом нагружении

11

Осадка в уплотнённой зоне контролируемого уширения

$$s_1 = \frac{N}{\pi \cdot G \cdot (r_c + u_1)} \cdot \ln \frac{\left( \frac{\tau^*}{(r_c + u_1)} \cdot R_{упл1} - \frac{N}{\pi \cdot (r_c + u_1)^2} \right)}{\left( \tau^* - \frac{N}{\pi \cdot (r_c + u_1)^2} \right)} \quad \text{где} \quad \tau_{1(ост)}^* = \gamma_{сR} \cdot \left( (\sigma_r^{обж} + \sigma_r^{осм}) \cdot \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) + 2 \cdot C_{упл} \cdot \left( \frac{\cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \right)$$

Сваи с контролируемым уширением без инъекции гидроразрывов



—■— экспериментальные значения     
 — теоретические значения с учётом  $\sigma_{\tau 1}^{осм}$  и  $G_{упл1}(E_{упл1})$      
 — теоретические значения     
 — значения, определённые по СП24.13330.2011