

Зуев С.С., ОАО «НЬЮ ГРАУНД»

## ЗАКРЕПЛЕНИЕ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПРИ УСИЛЕНИИ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ

В статье рассмотрен опыт применения технологии струйной цементации грунтов для усиления фундаментов различных типов при реконструкции и новом строительстве в сложных инженерно-геологических условиях.

В последнее время растет плотность застройки крупных городов, а вместе с ней с каждым годом повышается уровень грунтовых вод. Повышение уровня грунтовых вод связано как с природными факторами, так и с техногенными (например, утечки из коммуникаций). Во многих случаях именно замачивание грунтов приводит к неравномерным осадкам фундаментов, при этом восстановить работоспособное состояние фундаментов зачастую представляется трудновыполнимой задачей.

В этих случаях на помощь заказчикам, проектировщикам и строителям, приходят специальные геотехнологии, одна из которых - *струйная геотехнология* (иностранное название «*jet grouting*» - прим. авт.). Сущность технологии заключается в разрушении грунта с одновременным его перемешиванием высоконапорной струей раствора, как правило, цементного. В результате в грунтовом массиве образуются цилиндрические колонны из нового материала – грунтобетона, обладающего высокими прочностными, деформационными и противофильтрационными характеристиками. В зависимости от типа грунта и вида технологии диаметр грунтобетонных свай составляет от 600 до 2000 мм. При этом диаметр технологической скважины составляет всего 112 мм. При необходимости грунтобетонные сваи могут быть армированными.

Рассмотрим несколько объектов выполненных ОАО «НЬЮ ГРАУНД» с применением струйной геотехнологии.

### **1. «Вывешивание» на грунтобетонные сваи ленточных фундаментов пристроя к корпусу №5 Казанского авиационного института (КГТУ им. А.Н. Туполева) по ул. К.Маркса, 31/7 в г. Казани.**

Краткая характеристика здания: по конструктивной схеме здание бескаркасное кирпичное с продольными несущими стенами, 5-этажное. Под всем зданием подвал высотой – 2 м. Фундаменты – ленточные из сборных бетонных блоков и кирпичной кладки на монолитных подушках. Средняя отметка подошвы фундамента – 5,5м. (Фото 1).

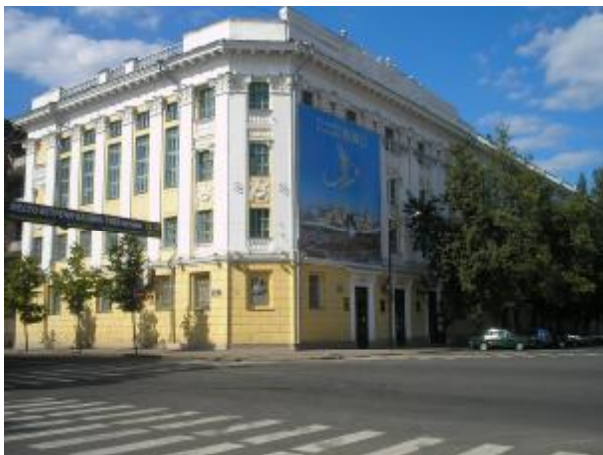


Фото 1. Общий вид корпуса №5 КАИ

В процессе эксплуатации здания возникли неравномерные осадки фундаментов, которые привели здание в аварийное состояние. Причиной тому послужили просадка грунтов основания и суффозионный вынос грунта из-под подошвы фундамента в результате замачивания из водопровода.

Инженерно геологический разрез представлен насыпными грунтами, суглинками мягко – и тугопластичными, супесями пластичными с прослоями песка и песками мелкими плотными водонасыщенными. Уровень грунтовых вод на глубине 20,5м.

Рабочим проектом разработан-



Фото 2. Грунтобетонная свая вскрытая шурфом.

ными совместно с ЗАО «Казанский ГИПРОНИИАВИАПРОМ» предусматривалось усиление фундамента грунтобетонными сваями диаметром 600 мм, полностью передающими нагрузку от здания на более плотные слои грунтового основания. Для контроля качества были откопаны несколько свай с целью определения диаметра сваи и прочности материала грунтобетона (фото 2).

В настоящее время осадки здания прекратились.

## 2. Усиление свайных фундаментов здания Культурного центра г. Нижнекамска.

Строящийся «Культурный центр» представляет собой кирпичное трехэтажное здание, на свайных фундаментах. Строительство начато в 80-х годах и неоднократно приостанавливалось. При строительстве были допущены нарушения технологии ведения работ «нулевого цикла», а также имело место недооценка сложности инженерно-геологических условий при проектировании.

Геологические условия площадки были весьма неблагоприятными: с поверхности залежали насыпные грунты, затем суглинки от мягкопластичной до текучей консистенции, подстилающиеся верхнепермской глиной тугопластичной, полутвердой и твердой консистенции. Уровень подземных вод, отмеченный в 1989г., поднялся в среднем на 2.2 м и зафиксирован в 2003 г. на глубине -1,7-3,3 м.

Основанием для свайного фундамента служили суглинок текучепластичный и мягкопластичный.

По данным опытных испытаний статической вдавливающей нагрузкой, фактическая нагрузка на большинство свай оказалась выше проектной.

Усиление свайного фундамента выполнялось путем закрепления грунта в основании железобетонной сваи и создании обволакивающей оболочки вокруг тела сваи при помощи цементации по методу струйной геотехнологии (Рис.1).

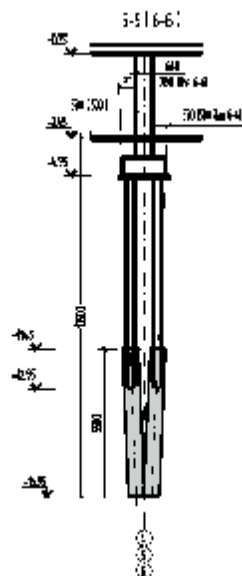


Рис. 1. Схема закрепления грунта под острием забивной ж/б сваи.

Все работы производились в тесном сотрудничестве с ОАО «ТАТИНВЕСТГРАЖДАН-ПРОЕКТ». Для определения прочности полученного материала грунтобетона на соответствие проектным данным, выбуренные из тела свай керны были испытаны на одноосное сжатие, при этом фактическая прочность оказалась выше проектной - 3,2 МПа.

### 3. Закрепление грунтов в основании фундаментной плиты при строительстве офисного здания по ул. Петербургская, 55 в г. Казани.

В последнее время стало актуальным строительство зданий на фундаменте из монолитной железобетонной плиты, однако, не всегда основанием такого фундамента служат грунты с достаточным сопротивлением. В этом случае в практике строительства применяется предварительное закрепление толщи «слабых» грунтов основания. В основании проектируемой фундаментной плиты создается искусственный геомассив из укрепленного грунта с повышенными деформационными характеристиками (рис 2).

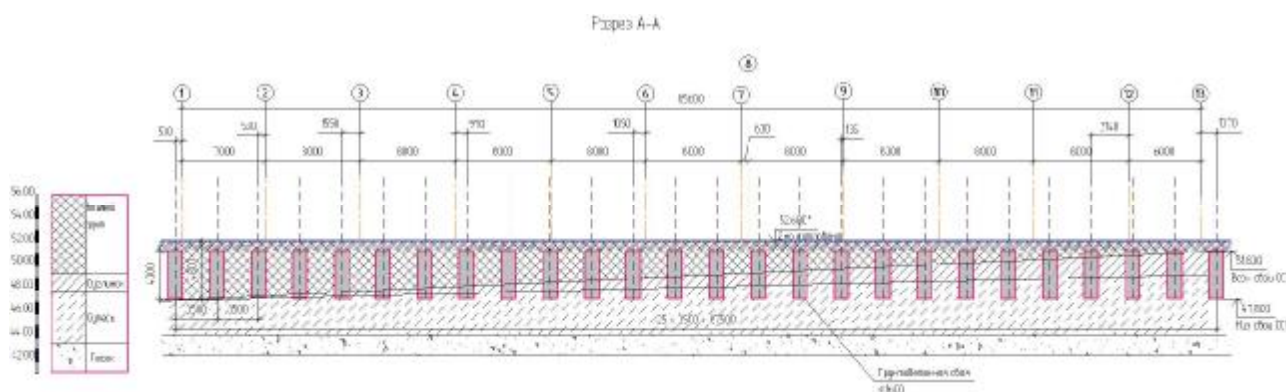


Рис. 2. Схема закрепления грунтового основания при строительстве фундаментной плиты.

Геомассив создается из грунтобетонных колонн расположенных, как правило, в шахматном порядке. Для выбора шага грунтобетонных свай производятся геомеханические расчеты с применением программного комплекса «PLAXIS» (Голландия).

Так, например, при строительстве офисного здания по ул. Петербургская, 55 в г. Казани была запроектирована фундаментная плита.

Геологический разрез представлен (сверху-вниз):

- насыпной грунт с включениями строительного мусора, супеси и суглинков, мощностью 5-8,5 м.

- суглинок мягкопластичный, мощностью 2 м,  $E=130 \text{ кг/см}^2$ .

- супесь пластичная, мощностью 3,75-5 м,  $E=190 \text{ кг/см}^2$ .

- песок пылеватый водонасыщенный, мощностью 0,9-2,8 м,  $E=250 \text{ кг/см}^2$ .

- песок мелкий водонасыщенный, мощностью 5 м,  $E=230 \text{ кг/см}^2$ .

- песок средней крупности водонасыщенный, мощностью 8 м,  $E=400 \text{ кг/см}^2$ . Установившийся уровень грунтовых вод – 4-4,6 м от поверхности земли.

Для повышения физико-механических свойств насыпного грунта и суглинка мягкопластичного были запроектированы грунтобетонные сваи диаметром 1600мм, с шагом 3,5 м, длиной 4 м. Проектные геомеханические характеристики материала грунтобетона:  $R_{сж}=3.5 \text{ МПа}$ ,  $E=340 \text{ МПа}$ , коэффициент Пуассона - 0,35.

В результате проведенных работ по закреплению грунтов, приведенный модуль деформации грунтов повысился до  $E=60 \text{ МПа}$  (фото 3).



Фото 3. Монолит закрепленного грунта (грунтобетон).

При выполнении работ по технологии струйной цементации грунтов используется следующее технологическое оборудование: крупно - или малогабаритная буровая установка, высоконапорный цементировочный насос с рабочим давлением до 600 атм, миксерная станция производительностью 20 м<sup>3</sup>/час, силос для цемента и рукава высокого давления (фото 4).



Применение технологии струйной цементации грунтов позволяет выполнять работы в стесненных условиях (из подвалов зданий высотой от 2 м), значительно сокращать сроки производства работ и избегать динамических нагрузок на существующие здания.

фото 4. Технологическое оборудование для производства работ

Список литературы:

1. Бройд И.И. Струйная геотехнология. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004 г.
2. Зуев С.С. «Опыт применения технологии струйной цементации грунтов в жилищном строительстве». Пермские строительные ведомости №2, 2005 г.

ОАО «Нью Граунд»  
г. Пермь, (342) 244-72-22