

УДК 624.131

А. Н. Давиденко¹, А. А. Пащенко¹, В. В. Линский²

¹ Государственный ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, Украина

² АО «Укрспецстройбурение», Днепропетровск, Украина

Создание несущих буроинъекционных свай в пористых, слабосвязанных грунтах

Долговечность сооружений, их соответствие назначению определяются состоянием оснований и фундаментов. Поставлена цель укрепления грунтов с помощью буроинъекционных свай. Показано что, изготовление свай с принудительным нагнетанием цементного раствора под давлением позволяет создавать сваи в слабосвязанных грунтах.

Ключевые слова: усиление фундамента, буроинъекционная свая, скважина, нагель, цементация, инфильтрационная завеса.

Постановка задачи

Долговечность зданий и сооружений, их соответствие назначению во многом определяются состоянием оснований и фундаментов. Система основание - фундамент является наиболее сложной в моделировании и предвидении ее функционирования в процессе возведения и особенно эксплуатации зданий и сооружений. Эта система в эксплуатационных условиях постоянно испытывает одновременное, зачастую трудно учитываемое воздействие многих факторов, из которых наиболее значительными являются изменения свойств основания, природные явления и воздействия, связанные с деятельностью человека.

Обзор

Основными методами усиления фундаментов являются:

- укрепление кладки фундаментов;
- уширение подошвы фундамента;
- устройство промежуточных опор;
- устройство под зданием фундаментной плиты;
- заглубление фундаментов;
- применение свай.

Выбор метода зависит от типа существующего фундамента, степени физического износа, особенностей инженерно-геологического напластования, уровня подземных вод, конструктивной схемы здания, величины и характера действующих нагрузок (рис. 1).

Усиление фундаментов набивными сваями – сваи изготавливают в грунте с помощью обсадных труб или в предварительно пробуренных скважинах. Такие сваи устраивают как выносные, вне контура существующего фундамента.

Вдавливаемые сваи - состоят из отдельных элементов, последовательно погружаемых в грунт с помощью домкрата. Опыт применения вдавливаемых свай показывает, что их целесообразно использовать в насыпных, слабых водонасыщенных грунтах.

Применение **реверсивных пневмопробойников** - рекомендуются для глубинного уплотнения слабых и просадочных грунтов, создания искусственных оснований под фундаментами, усиления существующих фундаментов при реконструкции зданий и стабилизации осадок.

Закрепление грунтов основания - основаны на нагнетании раствора, состоящего из одного или нескольких компонентов, способных при смешивании образовать гель в порах грунта, придавая ему прочность и водонепроницаемость.

Наряду с закреплением грунтов основания цементацию часто применяют для заполнения пустот и каверн в закарстованных основаниях.

Силикатизация основания существующих фундаментов предназначена для повышения несущей способности мелких и пылеватых песков, пльунов, лессовидных и насыпных грунтов. В необходимых случаях силикатизация также может быть использована для создания противофильтрационных завес.

Усиление фундамента **буроинъекционными сваями** - одним из способов снижения стоимости работ при усилении фундаментов является создание буроинъекционных свай, которые можно применять в любых грунтовых условиях.

Укрепление фундаментов буроинъекционными сваями выделяется по следующим причинам:

- безударное выполнение;
- небольшой уровень шума во время выполнения работ;
- малое количество бурового шлама, выходящего на поверхность;
- возможность выполнения свай непосредственно вблизи существующих объектов без появления эффекта разрыхления грунта;
- возможность введения армирования в уже выполненное свежее бетонное тело сваи;
- скорость выполнения и большая производительность;
- полная и автоматическая регистрация параметров бурения.

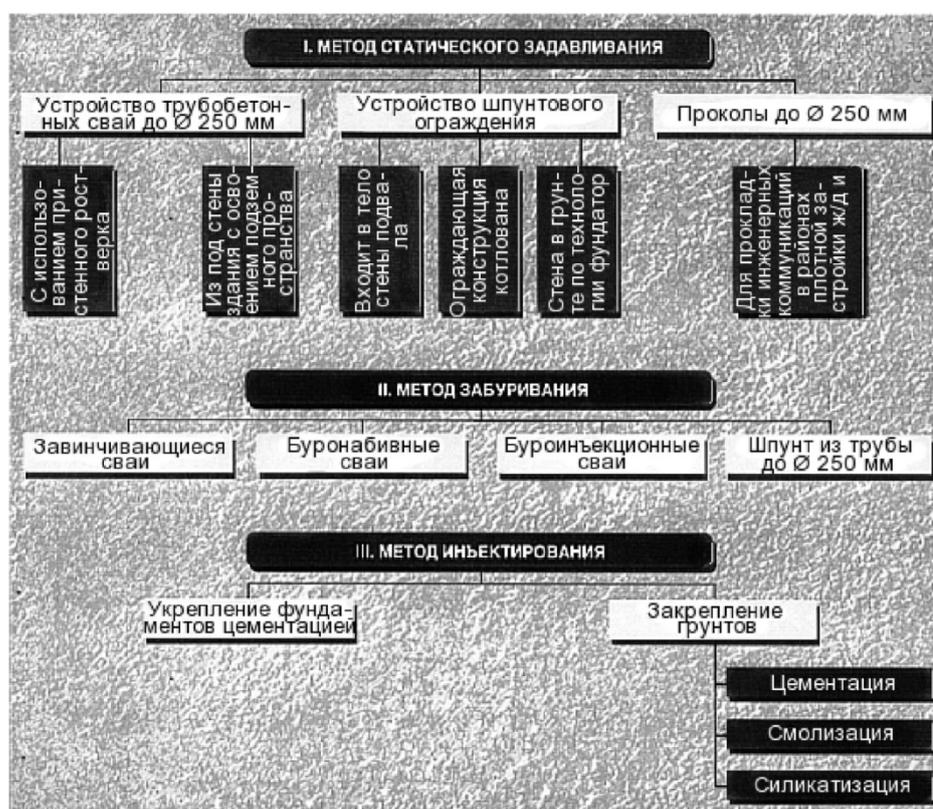


Рис.1. Классификация методов укрепления фундаментов

Буроинъекционные сваи рекомендуется применять в следующих случаях:

- усиление перегруженных оснований;
- усиление оснований в связи с повышением или изменением характера эксплуатационных нагрузок;
- строительство новых объектов рядом с существующими;
- строительство в стесненных условиях внутри действующих предприятий;
- исправление крена здания, или отдельного фундамента;
- усиление фундаментов;
- решение сложных задач при реконструкции фундаментов;
- строительство новых объектов в сложных грунтовых условиях.

Цели исследования

Целью исследований являлась разработка рекомендаций по созданию буроинъекционных свай в пористых, слабосвязанных грунтах.

Основной материал

При организации ведения работ по устройству буроинъекционных свай на объекте «Спортивно-оздоровительный, культурно-зрелищный Комплекс «Мыс Хрустальный» г. Севастополь», была запроектирована подпорная стена, закрепленная, с помощью буроинъекционных свай в грунте, состоящем из глин, суглинков и известняков (рис.2).

Для закрепления подпорной стенки первоначально была предложена следующая технологическая схема создания сваи (рис.3 I):

1. Проводится бурение под кондуктор на глубину 2 м, диаметром 151 мм.
2. Устанавливается и цементируется кондуктор диаметром 146 мм, и длиной 2,5 м, 0,5 м кондуктора находятся на поверхности.
3. Цементный раствор выстаивается в течении 24 ч.
4. Проводится бурение под сваю на глубину 10 м, диаметром 132 мм.
5. Устанавливается арматурный прут диаметром 32 мм.
6. Скважина цементируется. Цементный раствор выстаивается в течении 24 ч.
7. Металлическая часть кондуктора на поверхности обрезается, лишний цемент сбивается.

Данная типовая технология создания свай нагнетанием цементного раствора в скважину, не прошла опытных испытаний - сваи не обеспечивали расчетного усилия на выдергивание. Это связано с малой несущей способностью представленных известняков, характеризующихся большой пористостью и кавернами.

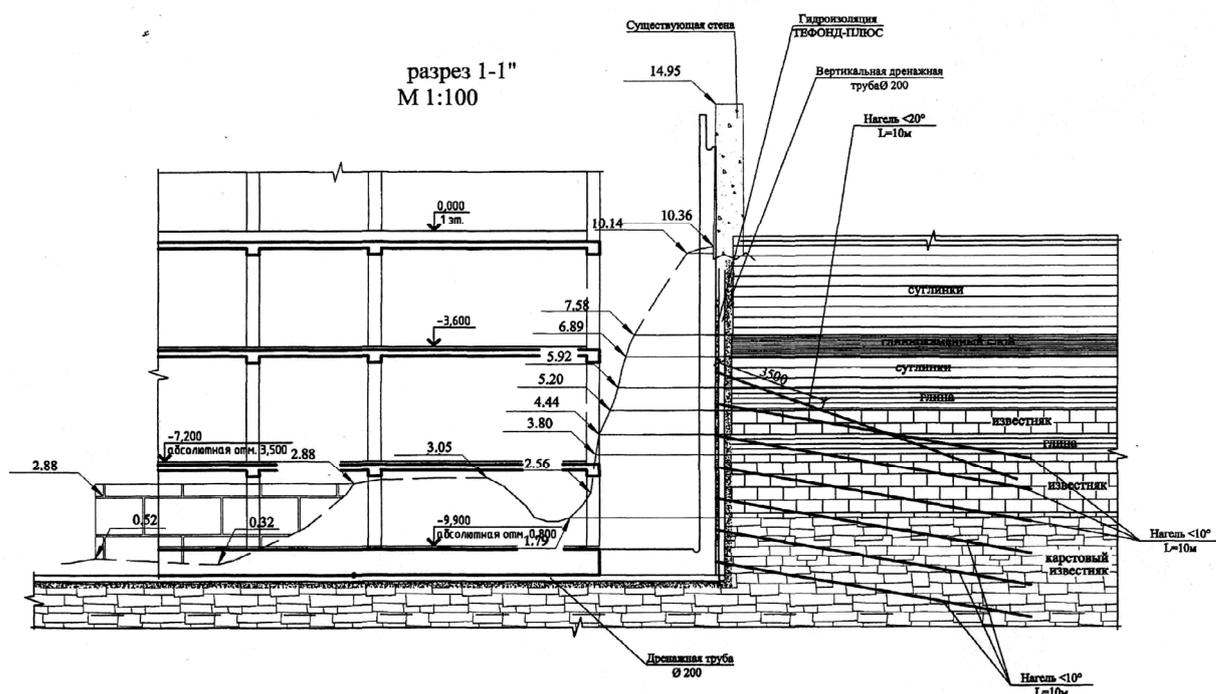


Рис. 2. План подпорной стены комплекса «Мыс Хрустальный»

Поэтому было предложено использовать модифицированную технологию изготовления свай, по следующей схеме (рис.3 II):

1. Проводится бурение под кондуктор на глубину 2 м, диаметром 132 мм.
2. Устанавливается и цементируется кондуктор диаметром 126 мм, и длиной 2,5 м, 0,5 м кондуктора находятся на поверхности. Кондуктор состоит из двух частей соединенных с помощью муфты.

3. Цементный раствор выстаивается в течении 24 ч.
4. Проводится бурение под сваю на глубину 10 м, диаметром 112 мм.
5. Устанавливается арматурный прут диаметром 32 мм.
6. На кондуктор устанавливается запорная арматура (вентиль).
7. Скважина цементируется под давлением 8-10 МПа. Под действием давления раствор проникает в поры, каверны и происходят гидроразрывы, с последующим заполнением образовавшихся полостей, что приводит к дополнительному закреплению сваи в породе. Цементный раствор выстаивается в течении 24 ч.
8. Кондуктор на поверхности разбирается: муфта, вентиль откручиваются, лишний цемент сбивается.

Примечание: для сокращения затрат времени на устройство кондуктора возможно применение спирального кондуктора (ширина ребер 5-10 см), для равномерного распределения инфильтрационной завесы, расположение скважин рекомендуется задавать в шахматном порядке. Для улучшения свойств арматуры ее необходимо обрабатывать раствором *Silka Armatex*, для защиты цемента от действия соленой воды использовать сульфатостойкий цемент.

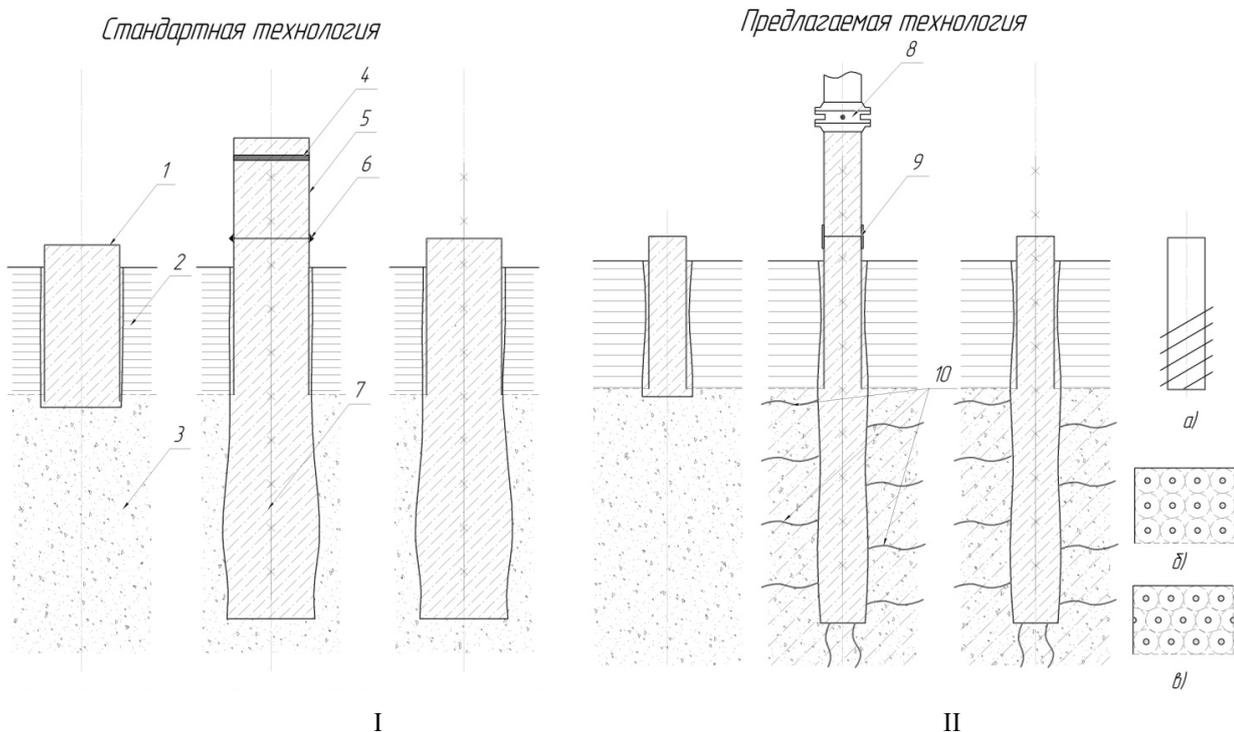


Рис.3. Схемы создания буроинъекционных свай

1 - кондуктор; 2 - глины; 3 - пористый известняк с кавернами; 4 - пакер; 5 - отрезной отрезок нагнетательной трубы; 6 - место сварки труб; 7 - арматура; 8 - кран; 9 - муфта; 10 - трещины возникшие под влиянием избыточного давления.

а - кондуктор со спиралевидными ребрами; б - стандартное размещение скважин; в - размещение в шахматном порядке.

Проведем оценку предлагаемой технологии по прочностным и экономическим характеристикам.

Так как сваи в процессе эксплуатации испытывают в основном растягивающие нагрузки, рассчитаем уменьшение прочности сваи на разрыв при уменьшении ее диаметра со 151 до 112 мм.

Наиболее часто упоминаемая характеристика цемента- предел прочности на сжатие. Обычно прочность на разрыв составляет около 10% прочности на сжатие. У цемента марки М400 усилие на отрыв всего лишь 40 кгс/см² (10% от 400 кгс/см²- прочности на сжатие). Из-за низкой прочности цемента на изгиб происходит его растрескивание, что почти всегда передается на покрытие, если не предпринять предупредительных мер при проектировании.

Площади поперечного сечения:

$$S_{151} = \frac{3,14 \cdot 15,1^2}{4} = 179 \text{ см}^2; \quad S_{112} = \frac{3,14 \cdot 11,2^2}{4} = 98,5 \text{ см}^2.$$

Усилия на отрыв бетона:

$$F_{151} = 179 \cdot 400 = 71600 \text{ Н}; \quad F_{112} = 98,5 \cdot 400 = 39400 \text{ Н}.$$

По ГОСТ 5781—82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций» для арматуры диаметром 32 мм из стали класса АIV предел текучести составит:

$$\sigma_T = 804 \text{ МПа, тогда усилие составит } F = 804 \cdot 590 = 474360 \text{ Н}.$$

Для сваи 151 мм предельная нагрузка на растяжение составит $474360 + 71600 = 545960 \text{ Н}$.

Для 112 мм – $474360 + 39400 = 513760 \text{ Н}$.

Уменьшение сопротивления при уменьшении диаметра сваи, в процентном соотношении, составит:

$$\Delta = 100 - \frac{513760 \cdot 100}{545960} = 5,9\%.$$

Таким образом, видно, что при изменении диаметра сваи ее прочностные характеристики изменяются незначительно и отвечают требованиям заказчика – 45 тс.

Расчет материалов для цементирования показал, что при цементировании участка высотой 7 м, длиной – 101 м (геометрия подпорной стены объекта), перерасход цемента составит 320 т. Также необходимо учесть, что оголовки кондукторов будут использоваться многократно, что позволит сэкономить около 300 м труб, диаметром 151 мм.

В целом удорожание, при применении модернизированной технологии, составит 14 % от общего объема работ, что с учетом низкого качества закрепления свай получаемого при стандартной технологии приведет к самоокупаемости модернизированной технологии через 1,5- 2 года.

Подробное обоснование эффективности предлагаемой методики приведено в дипломной работе Линского В.В. «Обоснование применения рекомендаций по усилению оснований фундаментов промышленных зданий и сооружений» защищенной на кафедре ТРПК Государственного ВНЗ «НГУ» в 2011 г. Расчеты составлены на основании работ проводимых на «Спортивно-оздоровительном, культурно-зрелищном Комплексе “Мыс Хрустальный” г. Севастополь». Работы проводились ОАО «Геозем-Крым», при участии специалистов АО «Укрспецстройбурение».

Выводы

Применение разработанных рекомендаций при создании свай при незначительных первоначальных затратах позволит создавать несущие буроинъекционные сваи в пористых, слабосвязанных грунтах. Данные сваи отвечают требованиям по несущей способности, которые предъявляются при создании фундаментов и подпорных стен.

Библиографический список

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах. – 2-е изд., переаб. И доп. М.:Госстройиздат, 1988. – 431 с.
2. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах. М.:Стройиздат, 1982. – 176 с.
3. Проект производства работ. «Спортивно-оздоровительный, культурно-зрелищный Комплекс “Мыс Хрустальный” г. Севастополь». Устройство анкерных и буроинъекционных свай. 2009/01 УО ППР.
4. ГОСТ 5781—82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. М.:Изд.стандартов, 1993.

Надійшла до редколегії 11.07.2011.

О. М. Давіденко¹, А. А. Пащенко¹, В. В. Лінський²

¹ Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна

² АО «Укрспецстройбурение», Дніпропетровськ, Україна

Створення буроін'єкційних несучих паль, в пористих, слабозв'язаних ґрунтах

Довговічність споруд, їх відповідність призначенню визначаються станом основ і фундаментів. Поставлена мета зміцнення ґрунтів за допомогою буроін'єкційних паль. Показано що, виготовлення паль з примусовим нагнітанням цементного розчину під тиском дозволяє створювати пали в слабопов'язаних ґрунтах.

Ключові слова: підсилення фундаменту, буроін'єкційна паля, свердловина, нагель, цементация, інфільтраційна завіса.

A. N. Davidenko¹, A. A. Paschenko¹, V. V. Linskiy²

National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Creation of bearing drill-injection piles in porous, loose soils

Longevity of building, their accordance determined setting by the state of grounds and foundations. The aim of strengthening of soils is put by means of drill-injection piles. It is shown that, making of piles with the forced festering of cement solution under constraint allows to create piles in the loose soils.

Keywords: strengthening of foundation, drill-injection pile, borehole, pin, cementation, infiltration curtain.