

Анисимов Юрий Владимирович, инженер, ассистент кафедры «Геотехника и экология в строительстве», Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, Екимова Светлана Анатольевна, студентка строительного факультета, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Мировой и отечественный опыт применения технологии струйной цементации при решении сложных геотехнических задач

National and worldwide experience of the implementation of the jet-grouting technology as a solution of complex geotechnical problems

В статье изложена сущность технологии струйной цементации, область ее применения, приведены достоинства и недостатки данной технологии, а также проанализированы мировые и отечественные примеры применения струйной цементации для решения ряда геотехнических задач

The article deals with the fundamentals of the jet-grouting technology, describes wide range of jet-grouting applications, its' merits and demerits. The analysis of the national and worldwide cases of the implementation of the technology is given below

В технической литературе последнего времени неоднократно отмечается, что одной из наиболее прогрессивных технологий образования в грунте различных по назначению подземных конструкций, а также сооружений является струйная технология (jet grouting).

Появившаяся впервые в Японии в начале 70-х годов как технология устройства противодиффузионных завес (ПФЗ) в настоящее время струйная технология широко применяется во всем мире не только для изготовления ПФЗ, но и для образования цементогрунтовых свай и опор, а также для разработки вечномерзлых грунтов.

Технология основывается на использовании энергии высоконапорной струи воды или раствора для размыва грунта. При этом од-

новременно может происходить смешивание грунта с раствором, либо замещение размытого грунта (пульпы) более тяжелым раствором. В результате образуются цементогрунтовые элементы, которые могут выполнять роль свайного фундамента.

Высокий интерес инженеров и ученых к струйной технологии объясняется ее широкими возможностями и существенными преимуществами по сравнению с другими технологиями устройства подземных сооружений. Эффективность струйной технологии не зависит от физико-механических свойств грунтов, влажности, водонасыщенности, фильтрационной способности. При этом полностью отсутствует вибрация, не нарушается природная структура грунтов.

Так, к примеру, в Италии фирмой "Инектоджет" струйная технология успешно применяется в делювиальных грунтах, характеризующихся высоким содержанием крупнообломочных включений.

Устройство цементогрунтовых элементов при помощи струйной технологии производится непосредственно с поверхности строительной площадки, исключая выполнение дополнительных земляных работ. При этом работы могут производиться в стесненных условиях, не сопровождаются динамическими и вибрационными воздействиями, экологически безопасны. Не случайно, что данный метод особенно часто применяется при реконструкции и усилении оснований существующих зданий.

Струйная технология как в случае упрочнения грунтов при геотехнических реконструкциях, так и при устройстве новых фундаментов повышенной несущей способности, вертикальных и горизонтальных ПВД является более эффективной в сравнении даже с методом «стена в грунте» или буроинъекцией в силу ряда причин:

- меньшей зависимости от особенностей напластований грунтов и их свойств, а также степени обводненности;
- возможности создания выработок в фунтах с одновременным их заполнением или перемешиванием с твердеющими составами при формировании несущих и противодиффузионных конструкций, причем даже под существующими объектами;
- повышенной производительности работ и увеличением темпов возведения нулевого цикла, а соответственно и самих объектов в целом.

Однако струйная технология имеет и ряд недостатков, основными из которых являются: опасность локальных деформаций в про-

цессе временного размыва грунтового массива под фундаментом до набора прочности: высокая стоимость и материалоемкость из-за больших объемов закрепления грунта; повышенная опасность при работе с высоким давлением.

При соответствующем оборудовании струйная технология может применяться не только для устройства вертикальных свай, но и для образования горизонтальных жестких конструкций, например, для образования свода из располагаемых вплотную друг к другу горизонтальных свай или анкерных элементов.

Изменяя количество и расположение сопел гидромонитора, а также режим поступательно-вращательного движения штанги гидроструйной установки, можно получить и более сложные формы цементогрунтовых образований, которые невозможно получить каким-либо другим способом. Так, например, трех-, четырехлопастные сваи, винтовые поверхности, крестообразные сваи с поперечными ребрами, конические оболочки и т.п.

Кроме того, при расположении различных по форме элементов достаточно близко друг к другу сопряжение между ними может быть монолитным. Тем самым становится возможным устраивать в грунте различные пространственные конструкции, в том числе и армирующие.

Эффективность струйной технологии была неоднократно доказана практическими примерами ее использования при сооружении противофильтрационных завес при реконструкции оснований существующих зданий и усилении слабых оснований.

Богатый опыт практического использования струйной технологии накоплен за рубежом. При помощи струйной технологии выполнены многочисленные проекты создания подземных конструкций, усиления фундаментов реконструируемых зданий и т.п., наиболее интересные из которых по мнению авторов и приведены в данной статье.

Португалия, Лиссабон 1994

Во время строительства тоннелей метрополитена под монументом площади Marquis de Pombal на линии между станциями "Rotunda" "Rato" с помощью одно-двух компонентных технологий произведено предварительное закрепление грунтов в основании монумента.

Для исключения повреждений было выполнено 786 колонн диаметром 1,0 м по двухкомпонентной (воздушной технологии) и 102 колонны диаметром по 0,6 м по однокомпонентной. Угол наклона скважин находился в диапазоне от 0° до 68° (рис. 1).

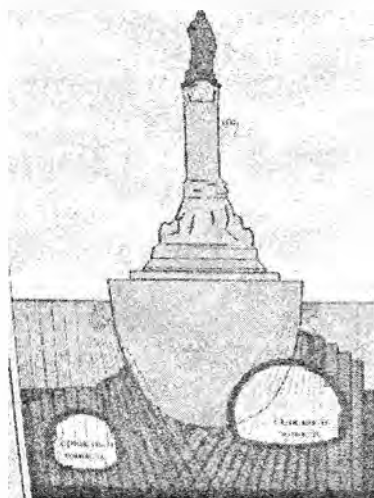


Рис. 1. Схема усиления монумента на площади Marquis de Pomfal

Kraft Foods, Dover (США)

Так при реконструкции Kraft Foods, Dover (США) возникла необходимость размещения подземного сооружения для разгрузки грузовых автомобилей внутри уже существующего здания. В данном случае, струйная технология применялась по трём направлениям: укрепление грунта при отрывке котлована, укрепление фундамента существующего здания и контроль грунтовых вод. В результате был разработан котлован, по периметру которого были возведены пересекающиеся колонны по 6 м в длину (рис. 2). Периметральные колонны обеспечили возможность надежной отрывки котлована, в то время как угловые выполняли также функцию поддержки смежного фундамента основного здания.

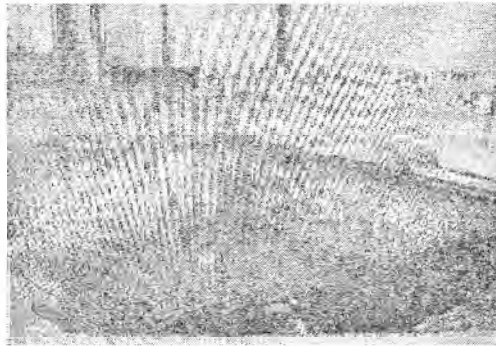


Рис. 2. Устройство котлована при реконструкции Kraft Foods, Dover (США)

Transmission Tower, Texas

Четыре башни линии электропередач высотой по 55 м медленно кренились в сторону. Причина заключалась в недостаточном диаметре и глубине заложения фундаментов опор. С целью предотвращения падения башен была использована технология струйной цементации, которая должна была укрепить фундамент опор до той степени, чтобы он выдерживал оказываемое давление. До начала работ на отдельной площадке была возведена пробная колонна для установления необходимого диаметра и других характеристик. В среднем по 12 колонн диаметром 1,2 м были возведены для каждой башни.

В последние годы струйная технология начала применяться и на территории Республики Беларусь. Предвестником внедрения струйной технологии на территории Республики Беларусь стал успешно реализованный проект усиления внутренних стен здания КБТЭМ на Партизанском проспекте в г. Минске путем подковки ростверка с устройством посредством струйной технологии козловой системы из свай малого диаметра, предложенный коллективом кафедры «Геотехника и экология в строительстве» БНТУ. Работы были произведены весьма быстро в стесненных условиях при невозможности использования бурового механизма.

Дальнейший толчок к развитию в Беларуси технологии струйной цементации осуществила компания «СтройСпецИмпорт» при

строительстве второй очереди республиканского горнолыжного центра Силичи. При возведении свайных фундаментов опор требовалось пройти насыпь склона и углубиться в несущее основание. Устройство таких свай с помощью традиционных технологий оказалось практически невыполнимым решением. В результате был реализован технически сложный проект по устройству свайных фундаментов с использованием струйной технологии верхней обводной станции канатной дороги, расположенной на высоте 20 м от подошвы склона.

Наиболее показательный объект по части применения технологии струйной цементации как ограждающей конструкции глубоких котлованов – устройство подпорной стенки котлована при строительстве здания филиала «Приорбанка» по пр. Победителей в Минске. В данном проекте была совмещена технология устройства буронабивных свай с технологией струйной цементации. Буронабивные сваи чередовались с грунтоцементными сваями метрового диаметра, создавая при этом целостное ограждение котлована, глубина которого составила 6 м, а с учетом перепада высот по рельефу до дна котлована – 13 м.

Дальнейшему внедрению струйной технологии в строительную практику Беларуси должен поспособствовать ТКП 45-5.01-45-2006 «Фундаменты и подземные сооружения, возводимые с использованием струйной технологии. Правила проектирования и устройства» к СНБ 5.01.05-99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений», разработанный при участии одного из авторов статьи.

Имеющийся зарубежный и отечественный опыт, а также проведенные исследования показывают, что проектируемые конструкции фундаментов и подземных сооружений, возводимых с использованием струйной технологии, за счет рациональной компоновки и улучшения свойств грунтов основания обеспечат снижение расхода цемента до 10–25 %, арматуры – до 30–50 % по сравнению с традиционными технологиями фундаментостроения, что позволит получить не только экономический, но и социальный эффект. Ускорение строительства, снижение затрат труда и уменьшение объемов земляных работ будет зависеть от исходных физико-механических свойств грунтов. Важно и то, что обеспечивается выполнение работ без раскопок грунтов с соблюдением экологических требований охраны окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитенко, М.И. Влияние инъекции цементного раствора в скважине на свойства окружающего песчаного грунта. Основания, фундаменты и механика грунтов / М.И. Никитенко, Д.Ю. Соболевский. – М., 1986. – № 3. – С. 17–18.
2. Провести исследования, разработать научные основы и технологию упрочнения оснований с применением струйной технологии // Отчет о НИР/ПГУ, № г.р. 99108, Новополоцк, 1999. – 150 с.
3. ТКП 45-5.01-45-2006 «Фундаменты и подземные сооружения, возводимые с использованием струйной технологии. Правила проектирования и устройства» к СНБ 5.01.05-99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений» – МАиС РБ, Минск, 2006. – 33 с.
4. Журнал «Мастерская». – Минск. – 2007. – № 9 (42). – 43 с.
5. Техническое заключение по инженерно-геологическим изысканиям для объекта «Здание филиала ОАО Приорбанк по пр. Победителей в г. Минске», ЗАО «Синклиналь», Минск, 2006. – 21 с.
6. Интернет источники: www.Jet-grouting.com, www.yurkevich.ru, www.haywardbaker.com