

УДК 624.154

Игорь Леонидович БОЙКО,
кандидат технических наук,
доцент кафедры "Геотехника и экология
в строительстве" БНТУ,
директор частного
проектного унитарного предприятия
"Моноракурс Проект"

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОДАВЛЯЮЩЕЙ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ ЦИРКА

EXPERIENCE OF USING HIGH-PRESSURE CEMENT GROUTING TECHNIQUE IN RECONSTRUCTION OF THE CIRCUS BUILDING

В статье рассмотрен опыт применения высокодавливающей струйной технологии Jet Grouting в сложных грунтовых условиях при реконструкции здания цирка в г. Минске и других объектов Республики Беларусь.

This article describes the experience of using high-pressure jet grouting technology in the areas of complex soil conditions during reconstruction of the circus building in the city of Minsk and other projects in the Republic of Belarus.

Реконструкция существующей застройки все чаще приводит к необходимости решать сложные геотехнические задачи. К ним можно отнести удержание конструкций существующих зданий и сооружений и исключение их деформаций при строительстве в непосредственной близости от них новых, устройстве дополнительных подземных объемов в существующих зданиях, в том числе ниже уровня подземных вод и в неблагоприятных грунтовых условиях. Неправильно выбранная технология и последовательность выполнения работ, недостаточная изученность или недооценка инженерно-геологических условий площадки строительства зачастую приводят к необратимым последствиям или значительным дополнительным затратам на устранение аварийных ситуаций. При выборе способов, технологии и последовательности работ в таких случаях важную роль играет наличие парка строительного оборудования у подрядных организаций. Новые технологии и оборудование существенно расширяют технические возможности, их применение позволяет получить больший эффект в сравнении с традиционными методами усиления оснований и фундаментов, решать ранее технически невыполнимые задачи в сложных инженерно-геологических условиях. Использование новейших технологий и оборудования — одно из направлений интенсивного развития строительной отрасли республики.

Среди современных технологий и оборудования можно выделить вибрационную технику, оборудование для задавливания свай, технологию "полого шнека" и др. Особо следует отметить появление на рынке строительных услуг оборудования для инъекционного упрочнения грунта по технологии Jet Grouting — "струйной технологии" (рис. 1). Это оборудование имеет широкие возможности как для устройства свай в виде неармированных (или с центральным армированием) бетонных столбов диаметром 2,0–2,5 м, так и



Рис. 1. Оборудование для инъекционного упрочнения грунта по струйной технологии

для улучшения свойств грунтов с недостаточной несущей способностью. Положительной стороной такого оборудования является отсутствие динамических воздействий при производстве работ, что позволяет применять его в новом строительстве, вблизи существующих зданий при реконструкции, а также в условиях плотной застройки.

Струйная технология, известная в большинстве стран как Jet grouting method, является новым научно-техническим направлением в современной геотехнике. Она предусматривает выполнение таких операций как:

- подземное гидравлическое разрушение естественной структуры грунтов, в том числе на большой глубине;
- вынос на поверхность земли разрушенных грунтов (частично или полностью);
- перемешивание разрушенных грунтов с твердеющим раствором или полное их замещение материалом с заданными свойствами.

Применение оборудования Jet Grouting (см. рис. 1) позволяет решать широкий спектр технических задач:

закреплять слабые естественные и насыпные грунты (мелиорация грунтов) с изменением характеристик и структуры грунтового массива на месте залегания (in situ) или замещением их твердеющими материалами, выполнять подземные несущие и противofильтрационные конструкции, элементы зданий и сооружений, отдельные сооружения и создавать массивы грунтов с заданными свойствами. С помощью струйной технологии можно сооружать под землей фундаменты, сваи, искусственные основания, подпорные стены, горизонтальные или наклонные плиты и экраны, противofильтрационные диафрагмы, завесы и ванны, дренажные конструкции и пр.

Высоконапорная струйная цементация предполагает следующую последовательность работ:

- в предварительно пробуренную технологическую скважину (рис. 2) опускают специальный монитор, имеющий боковую насадку (возможно и несколько боковых насадок) с соплами;

- к монитору подают по гибкому рукаву размывающую жидкость, например, цементный раствор. При этом из сопла насадки под большим напором выходит высокоскоростная струя раствора, которая размывает грунт, образуя в нем горизонтальную каверну. Размытый грунт вместе с отработанным раствором частично выносится на поверхность в виде пульпы;

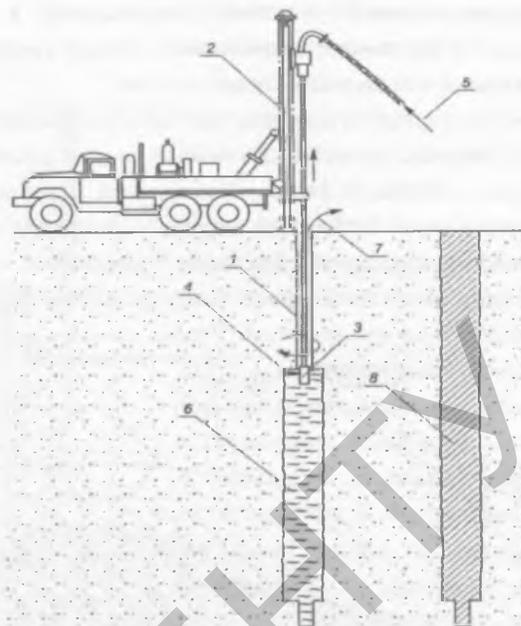
- монитор приводят во вращение вокруг вертикальной оси при одновременном медленном извлечении.

В результате, по мере подъема вращаемого монитора часть размытого вращаемой струей грунта (в пределах радиуса ее размывающей способности) перемешивается с раствором. Таким образом, в грунтовой массе образуется цилиндрический столб из грунтоцементной смеси, который после завершения подъема монитора и затвердевания создает несущий или противofильтрационный элемент из закрепленного грунта (грунтобетона).

Технология высоконапорной цементации грунтов нашла применение на ряде объектов в Минске и других городах Беларуси. При реконструкции здания Минского городского штаба МЧС применение высоконапорной струйной цементации позволило создать по контуру деформированной железобетонной фундаментной плиты грунтоцементные опоры с консолями. Неправильное армирование этой плиты при неверно принятой расчетной схеме привело к неравномерным ее осадкам и деформациям надземных конструкций здания.

С использованием метода Jet Grouting выполнено закрепление грунтов у наружной стенки колодца для входа и выхода проходческого щита при строительстве канализационного коллектора "Центр" в г. Минске (см. рис. 1). Такое решение позволило исключить вывалы грунта.

Особый интерес представляет опыт применения метода Jet Grouting при реконструкции здания цирка в г. Минске. В процессе реконструкции для устройства магазина сменных арен требовалось выполнить заглуб-



1 — технологическая скважина; 2 — буровой станок; 3 — струйный однокомпонентный монитор; 4 — высокоскоростная струя твердеющего раствора; 5 — закачка раствора; 6 — размываемая полость; 7 — изливающаяся пульпа; 8 — грунтобетонная колонна

Рис. 2. Сооружение грунтобетонных колонн по однокомпонентной технологии



Рис. 3. Устройство противofильтрационной ванны установкой JetGrouting при реконструкции здания цирка

ленный объем. В непосредственной близости к нему располагались существующие фундаменты трибун. Основанием фундаментов здесь служили пески. Геотехнические условия строительства оказались сложными — отметка дна котлована располагалась ниже уровня подземной воды на ≈3,5 м (здание цирка расположено на берегу р. Свислочь), а песчаные грунты основания имели большие коэффициенты фильтрации. Устройство водопонижения в таких условиях неизбежно могло повлечь значительные неравномерные осадки фундаментов и деформации существующих конструкций здания. Исключалось также использование крупногабаритной буровой техники для устройства свай в составе ограждающих стен магазина сменных арен в связи со стесненностью площадки внутри здания и значительным объемом демонтажа существующих конструкций. Зада-

ча оказалась технически сложно разрешимой, а при возможности ее осуществления значительно увеличились бы сроки и стоимость строительства.

В связи с этим, генеральный проектировщик — институт "Минскпроект" — обратился за консультацией к специалистам кафедры "Геотехника и экология в строительстве" БНТУ. Под научным руководством заведующего кафедрой, доктора технических наук, профессора М. И. Никитенко был разработан проект

создания противофильтрационной ванны с учетом действующих в Беларуси ТНПА [1–5]. Стенки и днище ванны выполняли из пересекающихся свай и цилиндрических элементов в обводненном грунте по технологии высоконапорной инъекции с помощью малогабаритного оборудования JetGrouting (рис. 3). Для ограждения ванны и примыкающего к ней менее заглубленного котлована было предложено устройство свай диаметром 800 мм и длиной 9,25 и 4,00 м (рис. 4, 5).

Первоначальным вариантом предусматривалось армирование таких буроинъекционных свай жесткой арматурой в виде двутавров. Однако сложности с их установкой в проектное положение по причине стесненности и невозможности использования оборудования требуемой грузоподъемности в условиях существующего здания вынудили искать альтернативные способы армирования свай. В окончательном варианте для армирования свай были применены высокопрочные полые стержни типа "Титан" с винтовой накаткой, соединяемые по длине секциями при помощи навинчиваемых муфт. Для устройства водонепроницаемого днища и исключения попадания воды в котлован ниже отметки его дна предусматривалось устройство с поверхности цилиндрических элементов диаметром 1000 мм с их взаимным пересечением.

В процессе разработки грунта внутри ванны выявился ряд проблем. Если прочность выполненной конструкции не вызывала сомнений, то проникание воды через стенки и по стыку стенок с днищем ванны создало определенные трудности при производстве работ. Напорная вода попадала в котлован через небольшие щели между стволами свай, что обусловлено их изготовлением при отрицательной температуре в январе–феврале

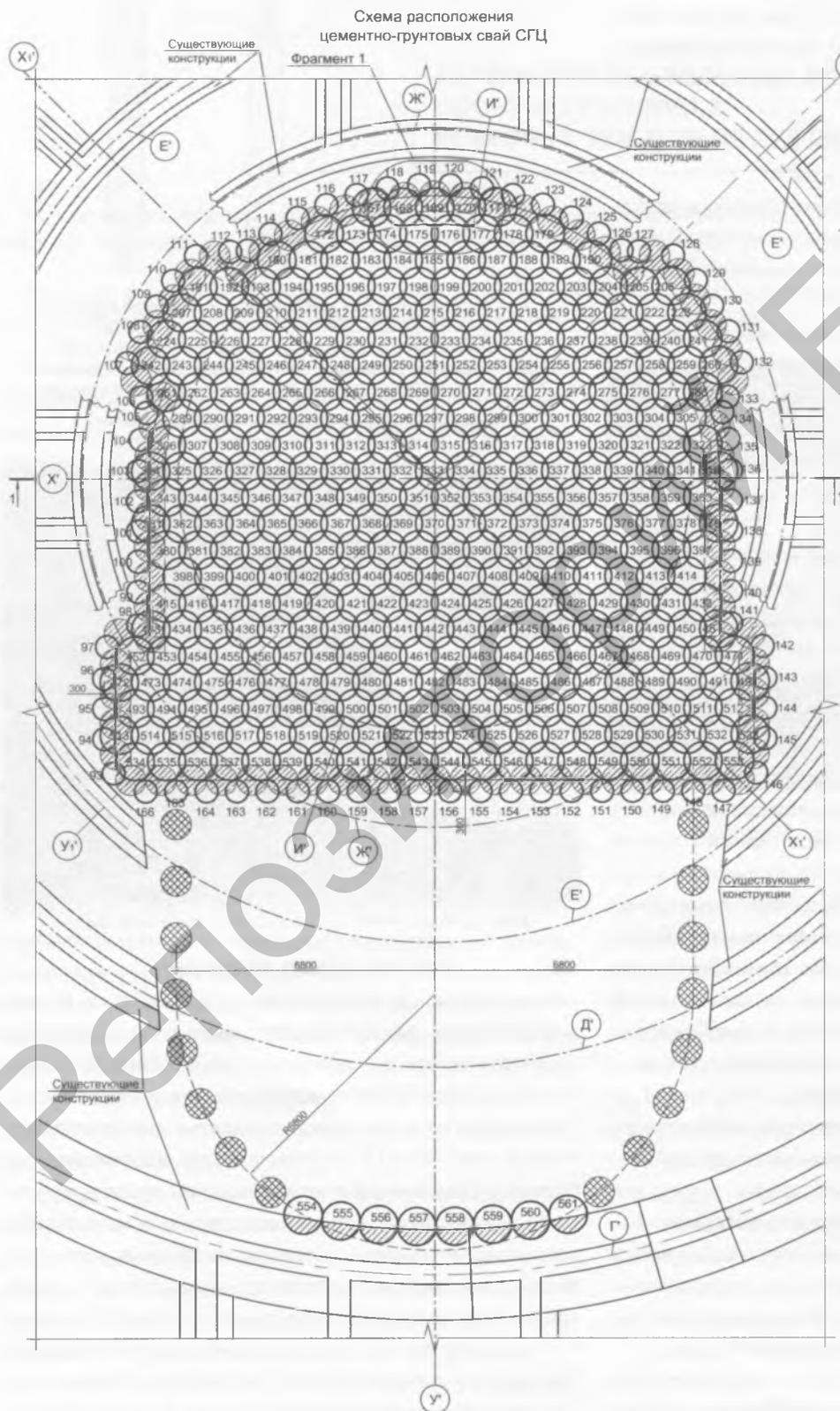


Рис. 4. Схема расположения буроинъекционных свай в составе стен и днища ванны с ограждением примыкающего котлована для магазина сменных арен

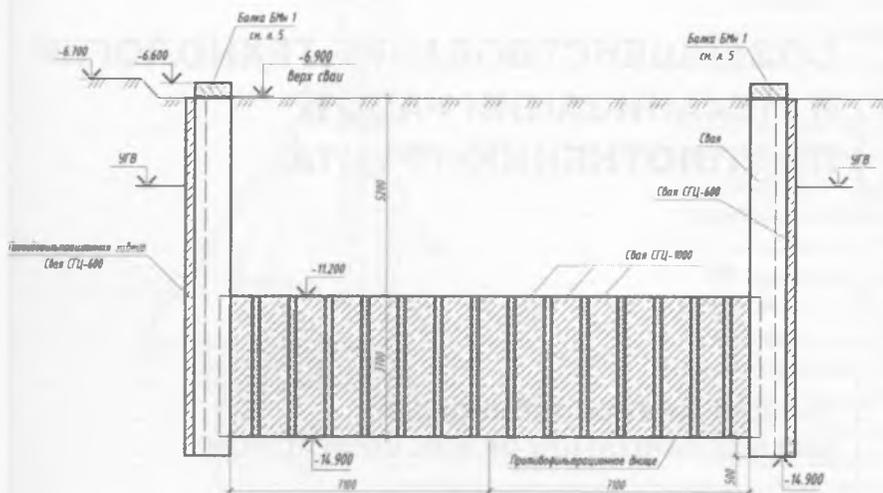


Рис. 5. Продольный разрез ванны



Рис. 6. Установка опалубки и армирование основной (прижимной) стенки и днища магазина сменных арен

2010 года. Оборудование же Jet Grouting не предназначено для работы зимой. Замерзание воды и цементного раствора приводило к остановке процесса размыва и инъекции, что и послужило причиной брака. Несмотря на небольшие размеры щелей между стволами свай (ширина 5–10 см и высота до 30 см), устранение протечек оказалось достаточно сложной инженерной задачей ввиду значительного количества поступающей воды и ее напорного характера. В решении этой задачи оказали помощь российские коллеги, предложившие соответствующие технологию и материалы. В частности,

для закупорки зазоров между сваями использовалась вспенивающаяся полиуретановая смола. Таким образом, возникшие проблемы были преодолены, что позволило перейти к выполнению дальнейших работ — гидроизоляции стенок и днища, армированию и бетонированию основной (прижимной) стенки и днища магазина сменных арен (рис. 6).

Применение при реконструкции здания цирка оборудования для высоконапорной инъекции Jet Grouting позволило значительно удешевить и сократить сроки строительства.

Сотрудниками кафедры "Геотехника и экология в строительстве" БНТУ накоплен опыт разработки проектных решений на ряде объектов (один из них отражен в публикации [6]) по улучшению свойств грунтов с применением оборудования Jet Grouting.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. — Минстройархитектуры. — Минск, 1999. — 36 с.
2. Проектирование и устройство оснований из армированного грунта: Пособие П10-01 к СНБ 5.01.01-99. — Минстройархитектуры. — Минск, 2002. — 44 с.
3. Геотехнические реконструкции оснований и фундаментов зданий и сооружений: Пособие П10-01 к СНБ 5.01.01-99. — Минстройархитектуры. — Минск, 2001. — 120 с.
4. Проектирование и устройство буроинъекционных анкеров и свай: Пособие П18-04 к СНБ 5.01.01-99. — Минстройархитектуры. — Минск, 2005. — 79 с.
5. Фундаменты и подземные сооружения, возводимые с использованием струйной технологии. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-5.01-45-2006 (02250). — Минстройархитектуры. — Минск, 2006. — 33 с.
6. Никитенко, М. И. Опыт анкерования ограждений глубоких котлованов / М. И. Никитенко [и др.] // Строительная наука и техника. — 2008. — № 3(18). — С. 10–20.

Статья поступила в редакцию 21.01.2011.