

ГУБАШОВА В.Е.

СП "Основа-Солсиф"
г. Киев, Украина

УДК 624.138.24

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОГО ИНЪЕКТИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Ключевые слова: струйное инъе́ктирование, противофильтрационные конструкции, глубокий котлован

В статті наведені приклади застосування технології струменевого ін'єктування в якості протифільтраційних заходів при влаштуванні огорожень котлованів в містах Київ та Львів.

В статье приведены примеры применения технологии струйного инъе́ктирования в качестве противофильтрационных мероприятий при возведении ограждений котлована в городах Киев и Львов.

Application of jet-grouting technology as watertight action during carrying out of supported system for deep excavation has been presented.

Струйная технология, известная в большинстве стран как «Jet grouting method», является одним из наиболее популярных решений в современной геотехнике.

Технология струйного инъе́ктирования (Jet grouting method) – современная геотехническая технология преобразования строительных свойств грунтов с целью их улучшения, основанная на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора в режиме "mix-in-place" [1].

Данная технология позволяет использовать ее при решении различных задач подземного строительства, а именно: подземные несущие и противофильтрационные конструкции, горизонтальные или наклонные плиты, элементы зданий и сооружений, искусственные основания, стены и полы заглубленных помещений, в том числе подземных гаражей, усиление фундаментов существующих зданий и сооружений [3], подпорные стены, ограждения

котлованов, горизонтальные подземные противофильтрационные экраны, противооползневые конструкции, закрепление грунтовых массивов для проходки подземных тоннелей, колодцы большого диаметра с днищами и многие другие сооружения.

В настоящее время при строительстве глубоких котлованов осложняющими работу факторами являются высокое стояние уровня подземных вод и работы в обводненных грунтах.

Целью данной статьи является описание применения технологии струйного инъе́ктирования (струйной цементации) в качестве эффективного противофильтрационного мероприятия.

Состав технологических операций при выполнении колон струйного инъе́ктирования следующий:

- бурение скважины (Ø 125...135 мм) с одновременным погружением гидромонитора (рис. 1) до проектной отметки низа будущего грунто-цементного элемента струйного инъе́ктирования;
- подключение гидромонитора к насосу высокого давления;
- подача цементного раствора через сопла монитора (Ø1,6...2,2 мм) под давлением 350...500 атм;
- пошаговое поднятие гидромонитора с вращением (или без);
- вынос части размывого грунта с отработанным раствором на поверхность в виде пульпы по зазору между стенками скважины и инструментом;
- направление пульпы в пульпоприемник [2].

При размыве грунта высоконапорной цементной струей (в пределах радиуса размывающего действия струи [2]) в грунтовом массиве при вращении гидромонитора происходит образование колонны цилиндрической формы (рис. 2) или без вращения – образование плоской панели (рис. 3), заполненной грунто-цементной смесью.

Смотри рисунки 1,2 на стр. 4 обложки

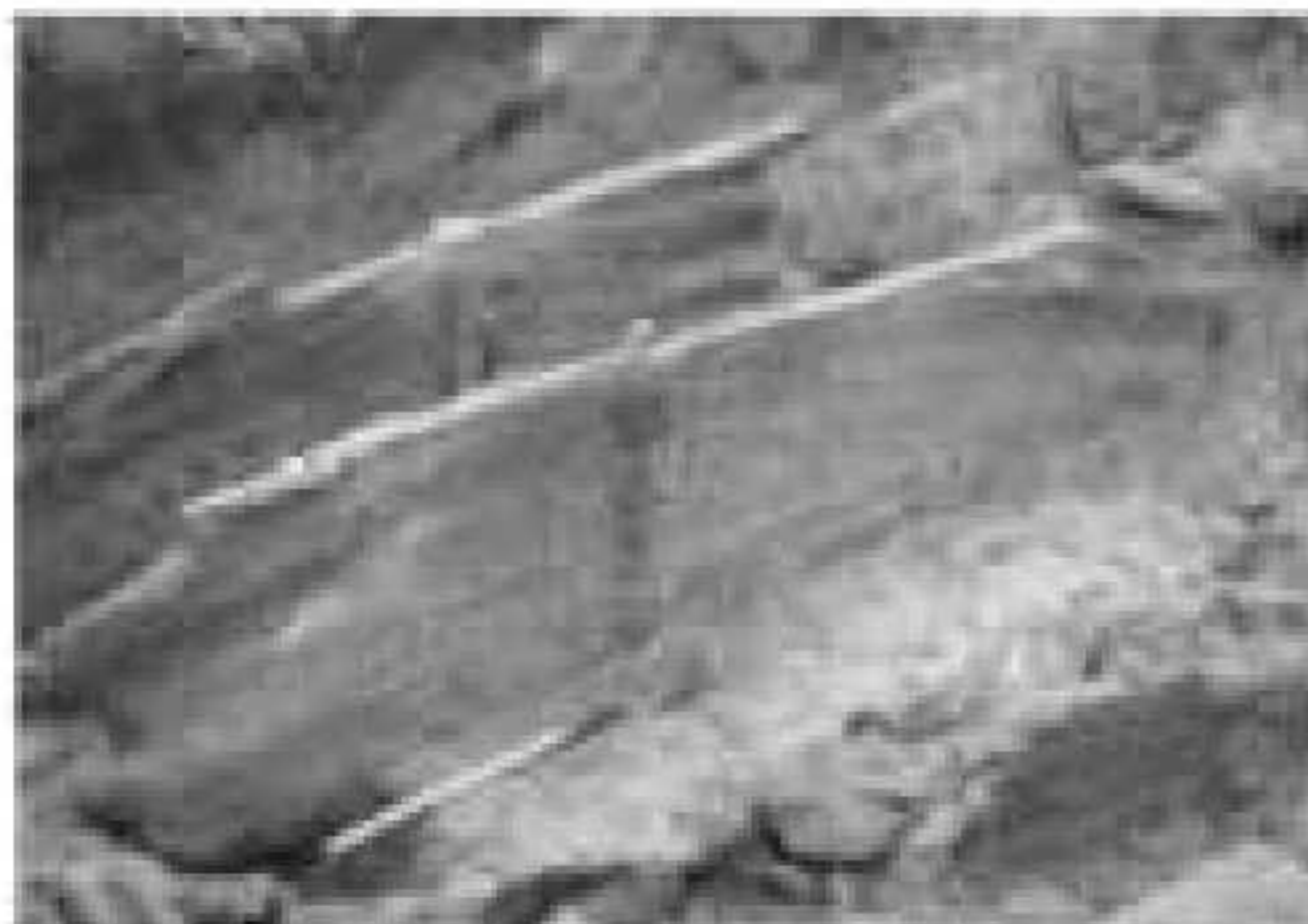


Рис. 3 Панель струйного ін'єктування [5]

Діаметр колони залежить не тільки від технологічних параметрів, но і типу ґрунта, в якому вона виконується, і може досягати 2...3 м (технологія "super-jet"). Те ж залежності стосуються і до плоского елемента, співвідношення ширини і довжини в вільному ґрунтовому просторі без яких-небудь обмежень для струї можуть досягати 1:4...7.

Матеріал елемента можна розділити на три основні зони: чистий цементний камінь, цементний камінь з примісью ґрунта і ґрунто-цементний матеріал. Прочність матеріалу, отриманого в результаті обробки (струйної цементацией) ґрунта залежить непрямо від особливостей ґрунта, так і від витрати цемента на його закріплення. Наприклад, для глинистих ґрунтів прочність ґрунтоцементного матеріалу може варіюватися від 0,5 до 8 МПа, для пісчастих – від 5 до 25 МПа [4].

Застосування технології струйного ін'єктування як заходів проти фільтраційних заходів в цій статті описано на прикладі влаштування огорожі котлованів на об'єктах в містах Київ і Львів.

Перший з двох представлених об'єктів, де була застосована технологія струйного ін'єктування як заходів проти фільтраційних заходів, - будівництво готельно-офісного комплексу по бульвару Шевченка, 28-30 в м. Києві. Інженерно-геологічні умови будівельної площадки представлені делювіально-оползневими ґрунтами, глиною, суглинком і супіссям. Рівень ґрунтових вод (верховодка) розташований на 1,5...2 м нижче поверхні в шарі оползневих ґрунтів і має ухил, що збігається з загальним ухилом поверхні землі.

З південної сторони котлована розташований бульвар Шевченка, по рештих сторонах - територія міської забудови, причому з південної сторони до котлована впритулок (2 м від краю котлована до стіни будівлі) підходять 2-х і 5-ти поверхові житлові будинки.

Огорожу котлована представляло собою свайне огороження з бурових свай діаметром 820 мм з кроком 1100 мм з кількома рядами ґрунтових анкерів. Спочатку за проектом (2003 рік) глибина виїмки варіювалася до 12,4 м.

Для запобігання притоку ґрунтових вод в котлован і виносу ґрунту, в міжсвайному просторі були виконані колонні струйні ін'єкції діаметром 600 мм (рис. 4) з заглибленням на 1,5 м нижче поверхні проектного дна. Проект і роботи з заходів проти фільтраційних заходів виконані СП "Основа-Солсиф".

См. рисунки 5,6 на стр. 4 обкладинки

Згідно технології виконання ґрунтоцементних елементів за допомогою струйної цементации при піднятті монітора з одночасним його обертанням високо-напорна струя цементного розчину, "скануючи" поверхню існуючих свай, створює елемент, який забезпечує абсолютно щільне примикання до свай і, відповідно, водонепроникність створеної огорожі. Матеріал для виконання колон - цементний розчин на цементі марки М500 і щільністю 1,5...1,6 т/м³.

Первинне огороження було виконано з забиркою з монолітного бетону. З метою зниження рівня дна котлована на 6 м, були виконані додаткові яруси ґрунтових анкерів (рис. 5) і додаткові колонні струйні ін'єкції.

Буріння через облицовку і конструкцію огорожі котлована з метою влаштування додаткових ґрунтових анкерів дозволило ще раз переконатися в щільності примикання раніше виконаних джет-колон (колон струйної ін'єкції) до свай (рис. 6).

На рис. 6 в правій частині зразка - бетон, матеріал свай огорожі, в лівій - ґрунтоцементний матеріал колонні струйної ін'єкції.

З вибурених кернів були відібрані зразки ґрунтоцементного матеріалу в формі куба з рівними гранями. Зразки були випробувані на одноосне стиснення в спеціалізованій лабораторії СП "Основа-Солсиф". Середня міцність на стиснення матеріалу склала 80...120 кг/см².

На початку 2011 року будівництво готельно-офісного комплексу знаходиться на стадії зведення наземної частини. На протязі всього періоду будівництва проблеми з просачиванням ґрунтових вод через огорожу котлована не виникали.

Другим з описаних в цій статті об'єктів - готельно-офісний комплекс по вул. Федорова в центральній частині м. Львова. В геологічному строенні, до глибини 25,2 м, беруть участь четвертинні (сучасні) і мелові відкладення. Насипні відкладення представлені насипним ґрунтом (до 4 м), мелові - глиною карбонатною, напівтвердою, тріщинуватою, тугопластичною консистенції (на глибинах від 3,2 до 6,7 м), і мергелем сильно тріщинуватим (на глибинах більше 4,8 м). Зафіксований рівень ґрунтових вод відповідає глибинам 1,7...3,5 м від поверхні землі.

З північної і південної сторін котлована впритулок примикають 2-х, 3-х і 4-х поверхові житлові будинки (1,4...1,5 м від осі огорожі до стіни будівлі). Конструкція огорожі глибокої виїмки складається з бурових свай Ø 300 мм, армуваних двутавром, з кроком 0,6 м і распорними конструкціями з труб. Глибина виїмки становить приблизно

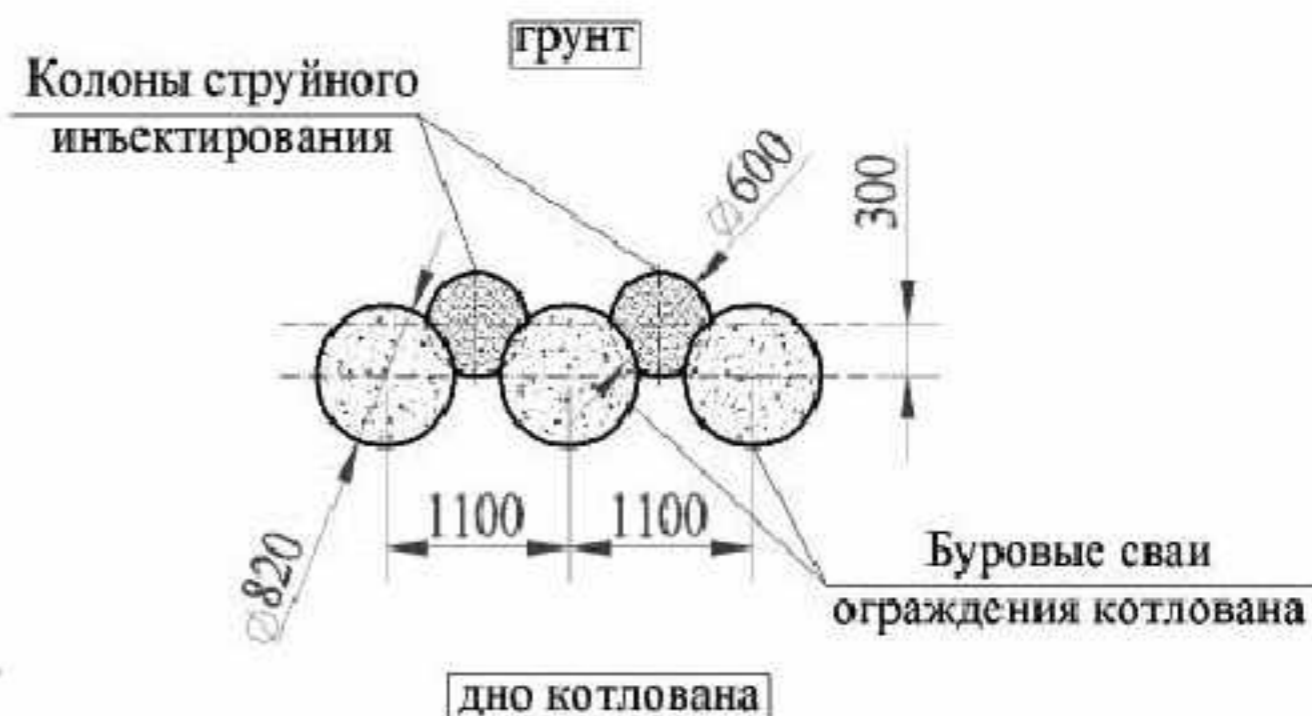


Рис. 4 Схема влаштування колон струйного ін'єктування

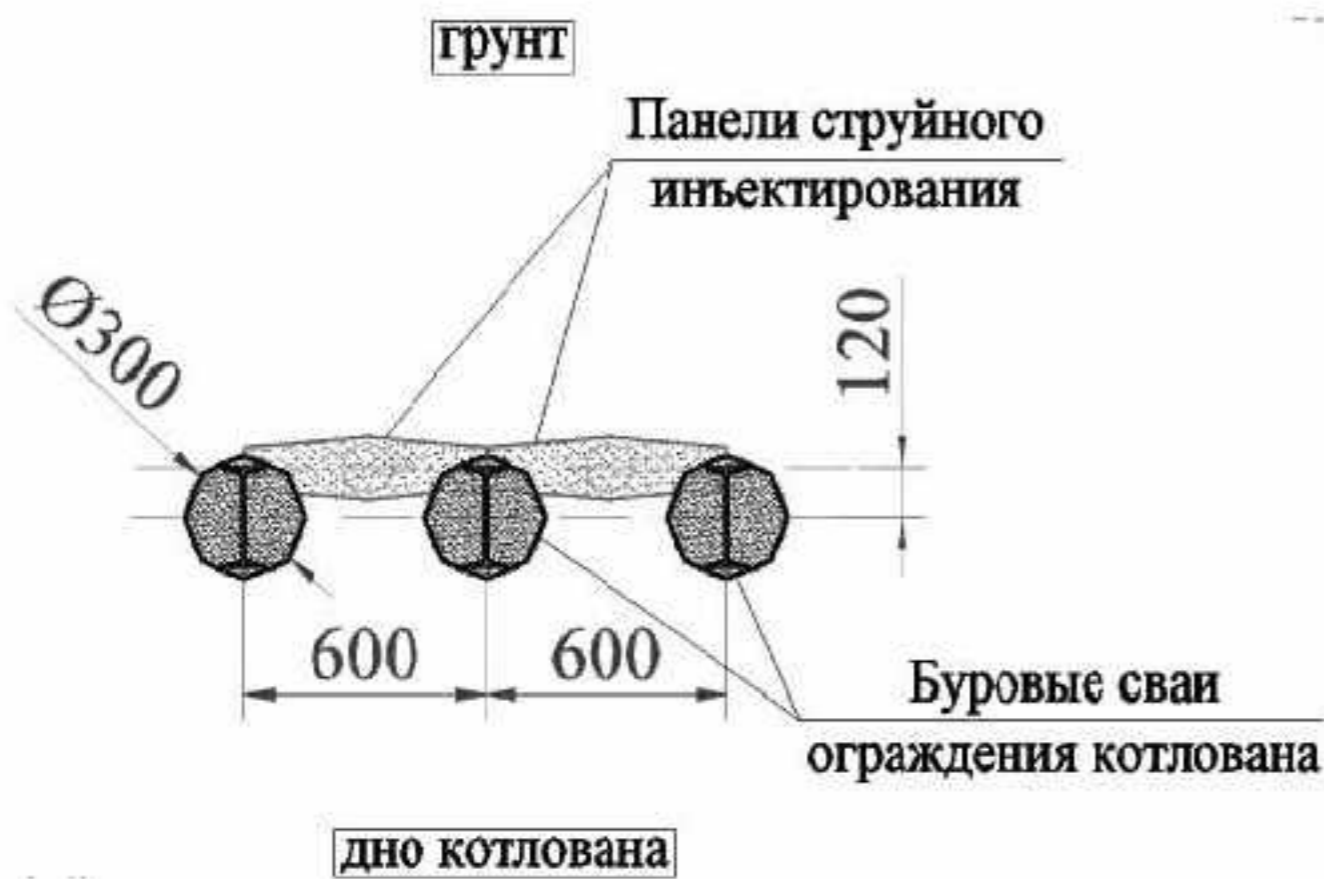


Рис. 8 Схема выполнения плоских панелей струйного инъецирования

7 м (рис. 7). Проект ограждения и работы по его возведению выполнены СП "Основа-Солсиф".

Для предотвращения затопления котлована в межсвайном пространстве были выполнены панели струйного инъецирования на расстоянии 120 мм от оси свай (рис. 8). Плоские грунтоцементные элементы образуются вследствие поднятия гидромонитора без вращения. Ввиду того, что радиус размыва струи цементного раствора больше половины шага свай ограждения, созданные плоские элементы имеют плотное примыкание к поверхности свай и обеспечивают тем самым водонепроницаемость ограждающей конструкции котлована (рис. 9). Фактическая толщина грунтоцементной панели составила 100...120 мм.

Работы по устройству ограждения котлована под строительство гостинично-офисного центра были начаты в конце 2010 года. На начало весны 2011 выемка грунта выполнена до проектной отметки дна котлована, на всей

протяженности работ фильтрации грунтовых вод в котловане не наблюдалось.

ВЫВОДЫ:

На основании рассмотренных объектов можно выделить следующие положительные стороны применения технологии струйной цементации:

- технология струйного инъецирования является универсальной геотехнологией для многих типов грунтов разных состояний;
- описанная технология позволяет создавать в грунтовом массиве элементы круглого сечения (колонны) и плоские панели;
- материал элемента струйного инъецирования можно разделить на три основные зоны: чистый цементный камень, цементный камень с примесью грунта и грунто-цементный материал;
- прочность на сжатие материала грунто-цементного элемента согласно испытаниям составила 80...120 кг/см²;
- существует возможность выполнения грунтоцементных элементов в стесненных условиях плотной городской застройки, в связи с тем, что буровая техника имеет малые габариты и вес;
- при высоком уровне подземных вод струйное инъецирование позволяет создать низководонепроницаемое ограждение;
- устройство грунтоцементных колон между буровыми сваями ограждения увеличивает жесткость самого ограждения;
- при работе малогабаритной буровой машины для устройства грунтоцементных элементов присутствуют низкие уровни динамических нагрузок и, следовательно, их влияние на здания, расположенные вблизи ограждения котлована, сведено к минимуму.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бройд И.И. Струйная геотехнология / Бройд И.И. - М.: Ассоциация строительных вузов, 2004. - С. 8-16.
2. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов / Малинин А.Г. - Пермь: Пресстайм, 2007. - С. 4-12.
3. Усиление основания жилого дома способом высоконапорного струйного инъецирования цементного раствора / [Червинский Я.И., Столяр-чук Ю.Ф., Авраменко А.Д., Дворник С.А.] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. - К.: НДІБК, 2004. - Вип. 61. - Т. 2. - С. 139-146.
4. Croce P. Analysis of single-fluid jet grouting / Croce P., Flora A. // Geotechnique 50. - 2000. - No. 6. - P. 739-748.
5. Richard C. Landis. The innovative use of high pressure jetting of thin diafragm walls to construct hydraulic control barriers / Richard C. Landis. // E.I. DuPont de Nemours and Company. - Wilmington, DE, USE.

РИСУНКИ К СТАТЬЕ ГУБАШОВОЙ В.Е. «ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОГО ИНЪЕКТИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ»



Рис. 1. Конструкция гидромонитора и буровой коронки



Рис. 2. Колонна струйного инъецирования



Рис. 5. Состояние котлована на 2006 год.
Выполнение грунтовых анкеров



Рис. 6. Поперечный разрез выбуренного керна



Рис. 7. Фрагмент котлована (март 2011)



Рис. 9. Ограждение котлована из свай Ø300 мм и выполненными между ними панелями струйного инъецирования