

Применение технологии струйной цементации грунтов при возникновении аварийных ситуаций в ходе строительства глубоких котлованов

ЗАСОРИН М.С., канд. техн. наук, ген. директор ООО «Плутон-Инжиниринг», Москва

Аннотация

Приведено обоснование преимуществ струйной цементации при решении различных задач городского подземного строительства, а также рассмотрено применение данной технологии при ликвидации аварии в ходе строительства подземной части многофункционального торгового комплекса в г. Москве

Ключевые слова

Грунтоцементный элемент, инъектирование, стена в грунте, струйная цементация

Abstract

The article presents the advantages of jet grouting for various urban underground projects and contains a detailed case study of how the technique allowed to eliminate emergency situation at the construction of the underground section of a multifunctional shopping centre in Moscow.

Keywords

Diaphragm wall, injection, jet grouting, soil-cement element

Струйная цементация грунтов (Jet Grouting) зарекомендовала себя как надежная технология, позволяющая решать широкий спектр геотехнических задач городского подземного строительства [1, 2]. Наибольшее распространение получили такие типовые решения как:

- устройство противofильтрационных конструкций (днища камер, пригрузки для ввода/вывода проходческих комплексов);
- устройство ограждающих и несущих конструкций (ограждение котлованов, устройство подпорных стенок);
- устройство свай и свайных оснований (усиление существующих и возведение новых фундаментов, изменение естественных характеристик грунтового массива);
- комбинированные схемы применения струйной цементации с другими специальными способами строительства (устройство свай-замков на стыке буронабивных свай и «стены в грунте», устройство буроинъекционных свай с расширенной пятой и др.).

С учетом многолетнего опыта применения струйной цементации в различных инженерно-геологических условиях проектирование и производство традиционных грунтоцементных конструкций выполняется на высоком инженерном уровне

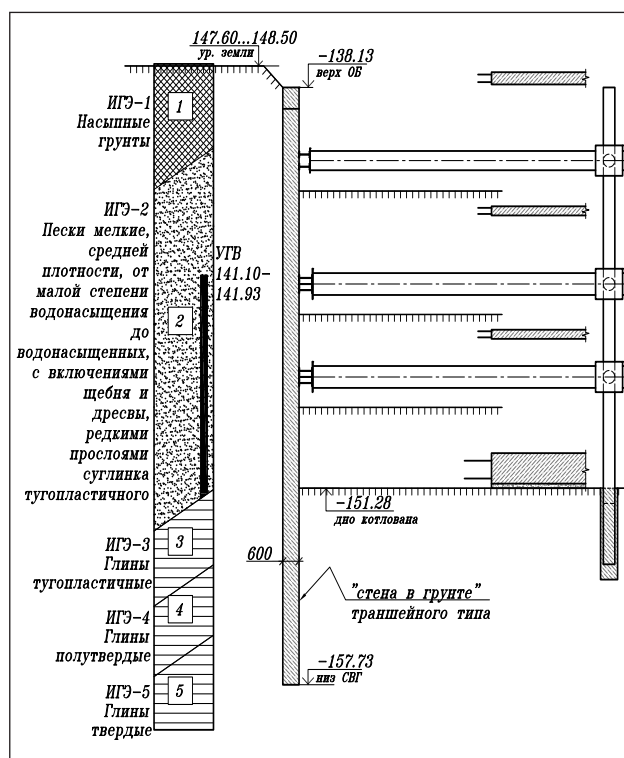


Рис. 1. Разрез системы ограждения котлована: инженерно-геологические условия строительства

в соответствии с заданными проектно-сметной документацией технико-экономическими показателями.

Однако наряду с перечисленными типовыми задачами струйная цементация грунтов позволяет решать нетрадиционные геотехнические проблемы, связанные с противоаварийными мероприятиями и поставарийными ситуациями.

В статье рассмотрены результаты работ по ликвидации аварии на захватке «стены в грунте» с применением технологии струйной цементации грунтов в комбинации с заполнительной цементацией грунтового массива.

На этапе разработки грунта подземной части многофункционального торгового комплекса в ЦАО г. Москвы произошла аварийная ситуация, связанная с нарушением технологии производства работ по устройству ограждающей конструк-



Рис. 2. Пригрузка в зоне смещения грунта в котлован

ции. Разработка грунта проводилась поэтапно, под защитой комбинированной конструкции «стены в грунте» и буронабивных свай с креплением котлована распорной системой, которая была представлена обвязочным распределительным поясом из двутавровых балок и раскосов из труб. Глубина раскопки котлована составила 13,75 м при заглублении монолитной «стены в грунте» ниже дна на 8,45 м. Инженерно-геологические условия участка представлены насыпными грунтами мощностью до 3 м, а также водонасыщенными мелкими песками средней плотности мощностью пласта до 12 м. Уровень грунтовых вод располагался на глубине 7 м (рис. 1).

На завершающей стадии разработки котлована в секции № 66 произошел неконтролируемый вынос обводненного грунта через полость, сформировавшуюся в монолитной железобетонной конструкции «стены в грунте», сопровождавший-

ся образованием провала на дневной поверхности, что в последнее время, к сожалению, является распространенным явлением в строительной практике [3]. Объем локального смещения грунта в котлован составил 15–20 м³.

На техническом совещании был принят план по ликвидации аварии, включающий следующие этапы.

1. Обратная засыпка котлована с целью создания пригруза и исключения дальнейших смещений грунта в котлован.

2. Заполнение пустот и разуплотненных участков грунтового массива путем цементации грунтов в режиме гидроразрыва.

3. Разработка грунта в котловане до проектной отметки дна.

Цементация грунтового массива производилась через погружаемый на глубину 17 м перфорированный иньектор. Скважины располагались в один ряд с шагом 0,5 м, при этом их общее количество составило 8 шт. Нагнетание цементного раствора в устье скважины велось до отказа (до снижения расхода раствора до 2 л/мин). Общй расход цемента на скважины составил 83 т.

Однако на этапе раскопки произошел повторный выход водонасыщенных песков через необработанные цементным раствором полости в конструкции «стены в грунте». Лидерное бурение (при производстве работ по технологии струйной цементации грунтов) показало, что значительный

объем цементного раствора, распространяясь по пути наименьшего сопротивления вдоль инъекционных металлических труб, хаотично заполнил зону разуплотнения на глубину до 8 м от дневной поверхности. В местах разрыва монолитной конструкции «стены в грунте» остались непроиньектированные пустоты (рис. 2).

После повторного пригруза котлована было принято решение об устройстве сплошной грунтоцементной стенки вдоль форшахты за-

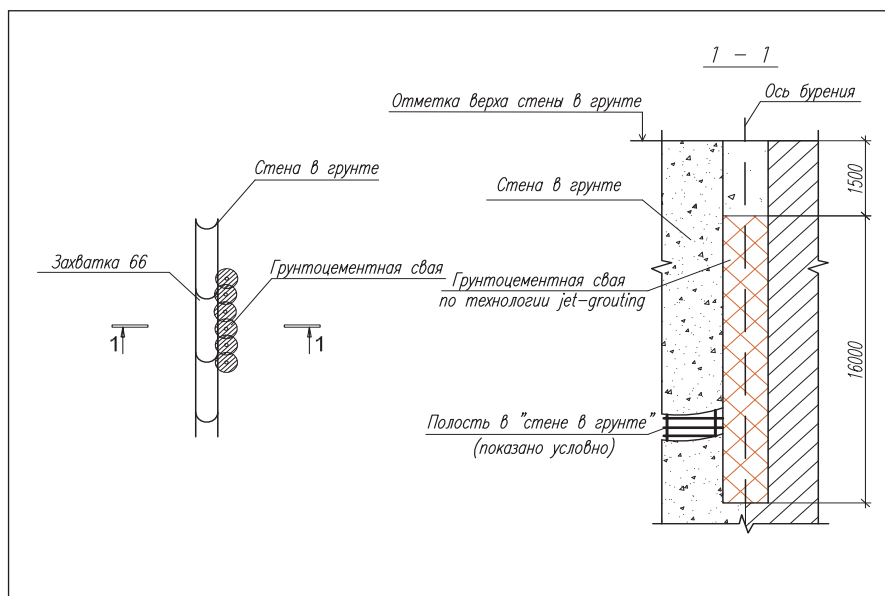


Рис. 3. Схема устройства грунтоцементной противодиффузионной стенки



Рис. 4. Процесс производства работ по однокомпонентной струйной цементации: а – алмазное сверление; б – устройство противофильтрационной конструкции; в – разработанный до проектной отметки котлован

хватки «стены в грунте». Противофильтрационная конструкция из перекрывающихся элементов была устроена по технологии однокомпонентной струйной цементации в последовательности «свежая по жесткой»: новый грунтоцементный элемент выполнялся только после отверждения раствора и достижения им первоначальной прочности. Общее количество элементов составило 6 шт. при высоте обрабатываемого массива 16 м (рис. 3).

Учитывая противоаварийный характер работ и сроки схватывания грунтоцементного материала, допускающие проведение разработки грунта не ранее 14 суток после цементации, было принято решение о применении пластифицирующего состава МСЦ УПМ ООО «ТД Рекс», ускоряющего схватывание.

В процессе проектирования были приняты следующие технологические параметры производства работ:

- технология – однокомпонентная струйная цементация;
- расход цемента – 400 кг/м при В/Ц=1;
- рабочее давление – 400 атм при скорости вращения монитора 20 об/мин.

На этапе лидерного бурения осуществлялся непрерывный контроль излива грунтоцементной пульпы из устья скважины. При отсутствии излива движение бурового снаряда приостанавливалось и выполнялась заполнительная цементация грунтового массива до полного насыщения пу-

стот и разуплотнений цементным раствором. Обратный ход выполнялся по традиционной схеме с добавкой ускорителя схватывания в объеме 5% по массе цемента. Процесс устройства грунтоцементных элементов с использованием пластификатора МСЦ УПМ представлен на рис. 4.

Выводы

1. Проведенные мероприятия по устройству противофильтра-

ционной конструкции с применением технологии струйной цементации при соблюдении технологических параметров (скорость вращения и подъема монитора, расход цемента, рабочее давление и др.) применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям объекта позволили устранить аварийную ситуацию.

2. Высокая производительность струйной цементации грунтов в сочетании с применением специально подобранной для данных технических условий пластифицирующей добавки МСЦ УПМ обеспечила сокращение сроков производства работ в 2 раза (разработку котлована до проектной отметки проводили через 7 суток после начала работ по бурению). Технологический хронометраж и заданные параметры производства работ нарушены не были.

Литература

1. Бройд И.И. Струйная геотехнология: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2004.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / ПИ «Геореконструкция». – СПб., 2010.
3. Колыбин И.В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2008. – № 12. – СПб.: Геореконструкция-Фундаментпроект.

Для связи с автором:
 Михаил Сергеевич Засорин,
 8-985-226-06-74, zasorin@pluton.pro