

Влияние содержания цемента на динамическую вязкость грунтоцементной пульпы при производстве работ по технологии струйной цементации

Д.А. Гришко, инж., ЗАО «Триада-Холдинг», асп., МГТУ, Москва

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных исследований и зависимость изменения динамической вязкости от содержания цемента в грунтоцементной пульпе. Получена зависимость содержания цемента в грунтоцементной пульпе по однокомпонентной струйной технологии (Jet 1) в водонасыщенных песках II класса от скорости подъема монитора.

Ключевые слова

Грунтоцементная пульпа, динамическая вязкость пульпы, скорость подъема монитора, струйная цементация.

Abstract

The article presents the results of an experimental study when the relationship between changes of dynamic viscosity and cement content of soil-cement slurry was obtained. Another relationship between the cement content of the slurry used for a single-fluid jet-grouting technique (Jet 1) in water-saturated sands class II and the monitor withdrawal rate was obtained.

Keywords

Jet-grouting, monitor withdrawal rate, slurry dynamic viscosity, soil-cement slurry

Крупномасштабное строительство транспортных сооружений, осуществляемое в настоящее время, предполагает проведение работ в слабых, обводнённых или структурно неустойчивых грунтах различного происхождения, состава и состояния. При этом возникает необходимость в укреплении стен и откосов глубоких котлованов, оснований и фундаментов путепроводов, мостов и тоннелей, в устройстве поддерживающих и ограждающих конструкций, противофильтрационных и противосуффозионных завес и т.п. С этой целью используют технологию струйной цементации грунтов (jet-grouting). Она высокопроизводительна, позволяет создавать грунтоцементные конструкции различных размеров и форм (сваи, горизонтальные или наклонные площадки, стенки, своды и др.) на различной глубине, проводить

работы с дневной поверхности или из подвалов, что особенно важно в стеснённых городских условиях.

Неотъемлемой частью процесса струйной цементации является вынос грунтоцементной пульпы. Наиболее важным параметром, определяющим конечную эффективность этой технологии, является количество цемента (в сухом состоянии), содержащегося в 1 м^3 укрепленного грунта [1]. Именно этот параметр определяет прочность материала грунтоцементных колонн или их фильтрационные свойства. Количество цемента в грунтоцементных элементах напрямую связано с количеством цемента, выносимого с пульпой на поверхность. По требованиям нормативных документов расход инъекционного раствора при струйной цементации грунта должен регулироваться по выносу раствора с грунтовой пульпой из скважины. Нормальный процесс производства работ сопровождается выносом от 30 до 40% раствора от инъецируемого объема [2,3]. Чаще всего это относится к идеальным грунтовым и техническим условиям.

Возникает проблема определения количества цемента с грунтоцементной пульпой, выносимой из скважины, которое напрямую влияет на качество возводимых конструкций.

В статье приведены результаты экспериментальной работы, в рамках которой выполнены исследования по сопоставлению вязкости пульпы и количества цемента, содержащегося в ней. Исследования проводились с отбором проб пульпы струйной цементации при укреплении грунта грунтоцементными сваями по технологии Jet 1.

Грунт на строительной площадке был представлен водонасыщенным песком средней плотности, II класса, с преобладанием мелкого и очень мелкого зернового состава.

Основные технологические параметры струйной цементации:

- расход цемента 400 кг на 1 м длины грунтоцементной сваи;
 - водоцементное отношение раствора В/Ц = 0,9;
 - давление нагнетания раствора 400 атм;
 - число форсунок диаметром 2,5 мм — 2 шт.;
 - скорость вращения монитора — 15–20 об/мин;
 - скорость подъема монитора варьировалась от 20 до 50 см/мин и для каждого опыта была постоянной.
- Замер динамической вязкости и температуры пульпы

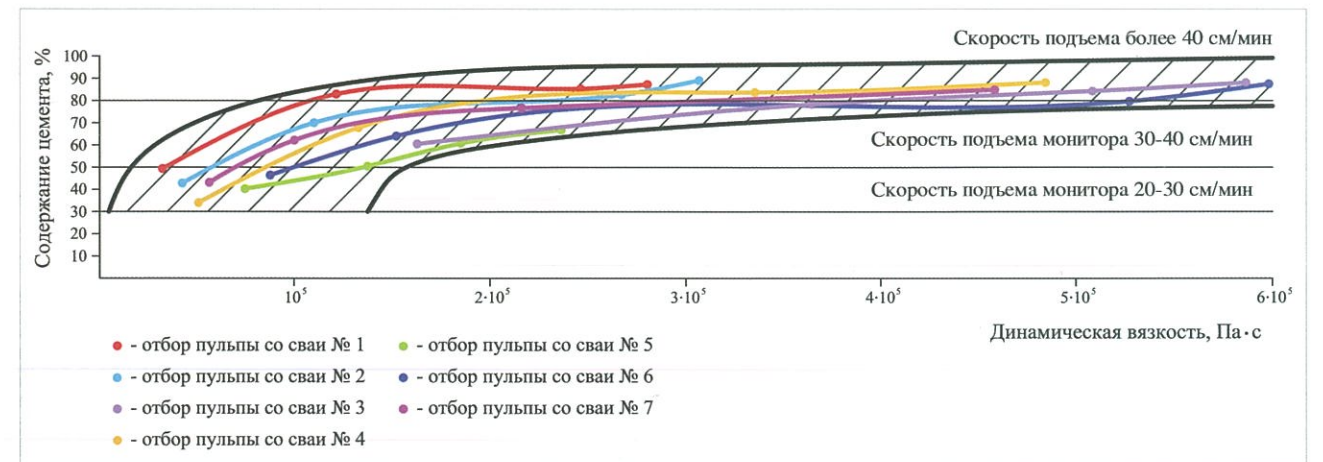


Рис. 1. Зависимость содержания цемента в грунтоцементной пульпе от величины динамической вязкости

проводился на месте выполнения работ ротационным вискозиметром Brookfield DV — II+Pro (США).

Определение количества цемента в пульпе осуществлялось лабораторией НИИ «Строительных материалов и технологий» на базе ФГБОУ ВПО «МГСУ» количественным рентгенофазовым анализом по методу Ритвельда. Этот метод основан на дифракции рентгеновского излучения при его отражении от плоских сеток кристаллических структур.

Далее приведены основные и наиболее характерные результаты исследований:

- температура +17,6 ... +29,5 °С;
- динамическая вязкость 32×10^3 ... $20,1 \times 10^6$ Па·с;
- содержание цемента 33,4 ... 94,6%.

На основании полученных данных были построены графики зависимости содержания цемента в грунтоцементной пульпе от ее динамической вязкости пульпы (рис. 1).

Анализируя графики на рис. 1, можно сделать вывод о том, что при увеличении содержания цемента в грунтоцементной пульпе значение динамической вязкости возрастает по экспоненциальной зависимости, а также что в водонасыщенных песках II класса при режимах подъема монитора 30–40 см/мин вынос цементного раствора возрастает до 50–80%, а при скоростях подъема свыше 40 см/мин потери цемента составляют более 80% (рис. 2).

Скорость подъема монитора напрямую зависит от темпов производства работ, поэтому при возведении грунтоцементных элементов на строительной площадке скорость подъема зачастую завышают. При скоростях подъема монитора 30–40 см/мин и более потери достигают 50–95%, что снижает качество возводимых грунтоцементных элементов (прочность, сплошность, геометрические размеры). При потерях цемента с грунтоцементной пульпой более 50% возникает вопрос о целесообразности применения технологии Jet 1 и о переходе на более ресурсосберегающие технологии — Jet 2 и Jet 3. Для возведения качественных грунтоцементных элементов по технологии Jet 1 при увеличении темпов строительства

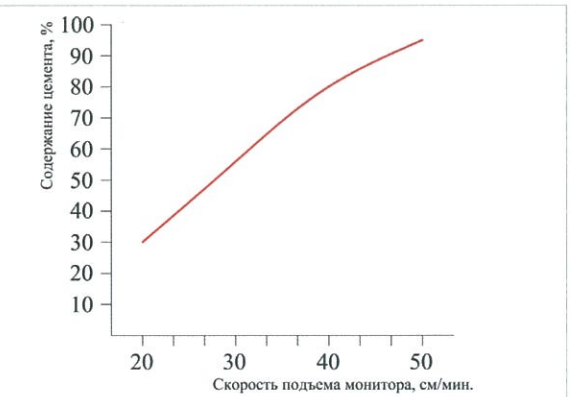


Рис. 2. Зависимость содержания цемента в грунтоцементной пульпе от скорости подъема монитора

рекомендуется соблюдать режим скорости подъема монитора 20–25 см/мин и увеличить число буровых станков на строительной площадке.

Выводы

1. Получена зависимость изменения динамической вязкости от содержания цемента в грунтоцементной пульпе, позволяющая в режиме реального времени контролировать качество грунтоцементных колонн.

2. Установлено, что скорость подъема монитора оказывает серьезное влияние на потери цемента с грунтоцементной пульпой по технологии Jet 1 в водонасыщенных песках II класса средней плотности и что для обеспечения требуемого качества работ она не должна превышать 20–25 см/мин.

Литература

1. Малинин А.Г. Обоснование расхода цемента при струйной цементации грунта // Проблемы развития транспортных сооружений и инженерных коммуникаций: прил. к журн. «Подземное пространство мира». — 2003. — № 2–3.
2. СП 32–105–2004. Метрополитены.
3. СТО НОСТРОЙ 2.3.18–2011. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве.

Для связи с автором:

Дмитрий Алексеевич Гришко, +7–985–299–88–63, grishko@triadaholding.ru