

**БУРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СКВАЖИН С ЦЕЛЮ
ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОБВОДНЕННЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ
СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ**

И.Г. ШЕЛКОВНИКОВ*, *д-р техн. наук, профессор*

И.В. ШТЭПА**, *аспирант*

**Санкт-Петербургский национальный минерально-сырьевой университет
«Горный», **ООО «Космос СПб»*

В последнее время все больше внимания уделяется такой перспективной технологии, как струйная цементация. Бурение технических скважин для искусственного укрепления грунтов находит все более широкое применение не только в промышленном

строительстве, но и в шахтостроении. Большой потенциал для строительства стволов в тоннелестроении имеет метод перекрытия водоносных горизонтов с помощью описанной технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бурение, водоносный горизонт, струйная цементация, ствол.

Процесс укрепления геомассива и формирования грунтоцементных колонн состоит из определённых циклов. На первом этапе происходит бурение технической скважины. На втором происходит формирование колонны. Процесс цементации грунта сопровождается циклическим подъемом монитора, из которого происходит распыление цементной смеси в двух направлениях. Подъем осуществляется на определенную высоту за определенный промежуток времени. Оптимальный шаг подъема монитора составляет 4-5 см, а время обработки этого участка 10-12 с. Заключительным этапом является формирование оголовка сваи на заданной глубине (рис.1).

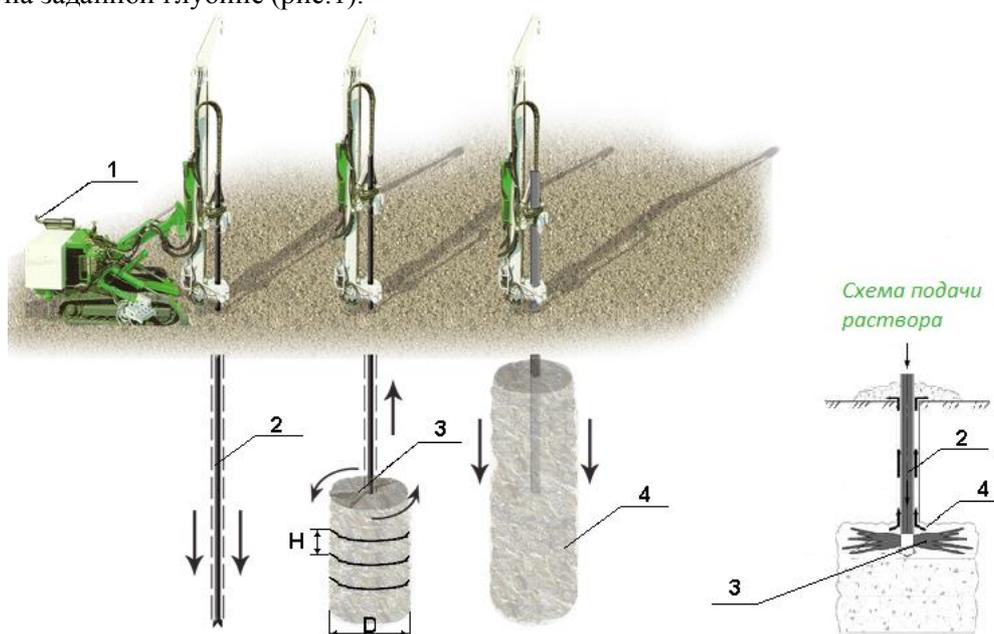


Рис. 1. Схема формирования грунтоцементной колонны: 1 - буровая установка, 2 - буровой став, 3 - струя цементного раствора, 4 – грунтоцементная колонна

При проведении работ следует учитывать степень обводненности грунтового массива, в котором происходит формирование грунтоцементной сваи (ГЦС). В таких условиях происходит разбавление цементной смеси водой, изменяется водоцементное отношение (до $V/C = 5 \text{ л/кг}$), а следовательно прочностные свойства материала ГЦС. На рис. 2 приведены результаты, полученные в ходе работ по укреплению основания армогрунтовой насыпи второй очереди Западного скоростного диаметра в г. Санкт-Петербург. При большом водопритоке в техническую скважину устройство ГЦС с заданными прочностными характеристиками осуществимо только при увеличении времени обработки каждого интервала скважины. Опытным путем определено, что время необходимое для сохранения заявленных прочностных характеристик и оптимального водоцементного соотношения ($V/C = 0,8 \text{ МПа}$) составляет 200 секунд (рис. 3).

Наиболее важным параметром при ведении работ по укреплению грунтов является расход цемента, который отвечает как за качество, так и за экономиче-

скую эффективность выполняемых работ. Важнейшей задачей является возможность сохранения прочностных характеристик свай, используя меньшее количество материалов. Поэтому при производстве работ следует учитывать существование следующей зависимости: при определенной продолжительности цементации одного интервала скважины, содержание цемента в теле колонны достигает максимального значения и остается практически неизменным (рис. 4).

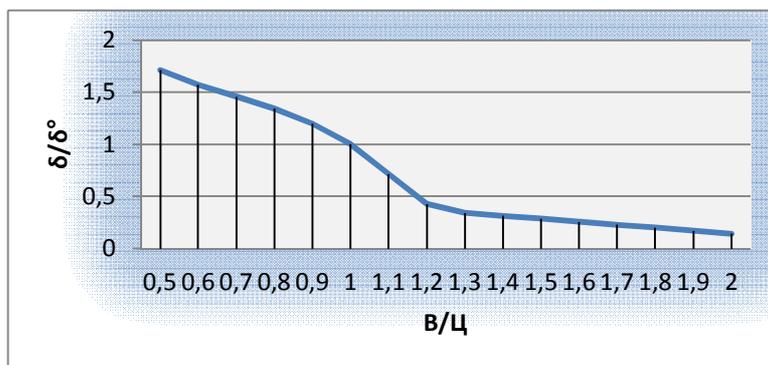


Рис. 2. Прочность грунтоцементной свай в зависимости от водоцементного отношения:

δ - прочность на сжатие материала ГЦС, МПа,

δ° - прочность на сжатие материала ГЦС при В/Ц = 1, МПа



Рис. 3. Изменение водоцементного отношения в сильно обводненных грунтах в зависимости от времени цементации

По графику видно, что в определенный интервал времени возникает момент оптимального насыщения грунта цементным раствором. При продолжительности цикла более 12 секунд потери цемента, вышедшего в виде пульпы, будут превышать количество цемента в теле колонны. Увеличение продолжительности цементации не приводит к значительному увеличению прочности ГЦС. Цементная пульпа выходит через затрубное пространство вместе с замещенным грунтом. Время цементации является главным параметром при выборе оптимального режима формирования грунтоцементной колонны [1].

При производстве бетонных работ используется метод вибрирования для улучшения качества бетонной смеси. Укладка бетона в промышленном, гражданском строительстве сопровождается уплотнением с помощью вибраторов. Колебания, передаваемые бетонной смеси повышают ее подвижность. Вибрация позволяет уменьшить внутренне трение, добиться сближения твердых частиц. В результате крупные зерна размещаются более плотно, а пространство

между ними заполняется цементной смесью. Появляется способность полностью заполнять предоставленную форму с удалением воздуха, содержащегося в бетонной смеси. Применение вибраторов оправдано и при укреплении грунтов методом струйной цементации. Буровое оборудование оснащается вибратором для улучшения качества грунтоцементной колонны. Испытания, проведенные в ходе работ по устройству ограждающих конструкции, показывает, что вибрирование цементного раствора в теле колонны увеличивает прочность в среднем на 10% и снижает пористость смеси (рис. 5). Особенно актуально применение вибраторов при использовании технологии jet-2 со струей воздуха.



Рис. 4. Содержание цемента в теле грунтоцементной колонны в зависимости от времени цементации одного интервала: ряд 1 – Фактическое содержание цемента в теле колонны; ряд 2 – Потери цемента в виде пульпы.

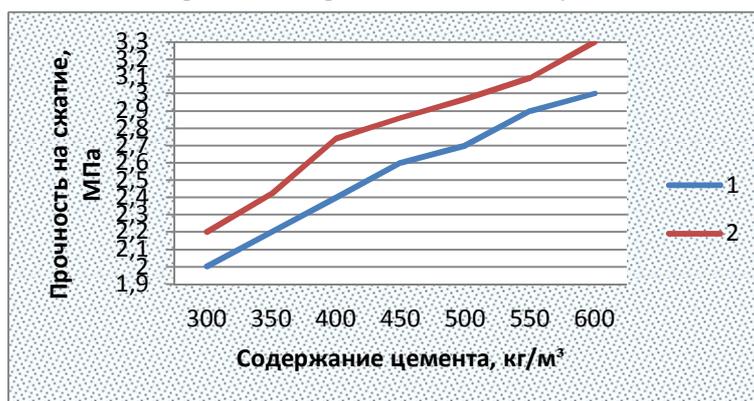


Рис. 5. Зависимость прочности ГЦС от содержания цемента:
1 – цементация обычным способом;
2 – цементация с использованием вибрирования раствора

Технология струйной цементации в настоящее время позволяет решать сложные технические задачи, связанные со строительством, геотехникой и экологией [3, 4]. Однако все возможности применения струйной геотехнологии до конца на сегодняшний день неизвестны. Выполнение данных работ требует более детальной проработки, а также выполнения опытной проверки и натуральных экспериментальных исследований.

Л и т е р а т у р а

1. *Малинин А.Г.* Обоснование расхода цемента при струйной цементации грунта// Подземное пространство мира. – 2000. – №2.
2. *Малинин А.Г., Малинин П.А.* Цементация грунтов при строительстве наклонного ствола в зоне четвертичных отложений// Метро и тоннели. – 2007. – №2.

3. *Arroyo, M.; Gens, A.* (2009). Engineering Assessment of Jet – Grouted Structures. Evaluation of mechanical properties of jet – grouting columns using different test methods// Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: “The Academia and Practice of Geotechnical Engineering”, Alexandria, Egypt, October 5–9, 2009. – IOS Press, 2338–2341.

4. *Bacinskas, D.; Kaklauskas, G.; Gribniak, V.; Geda, E.* (2007). Computationally effective tool for mechanical simulation of reinforced concrete members subjected to fire// The 9th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques". – Vol. 2, 2007, Vilnius, Lithuania. – Vilnius: “Technika”.

References

1. *Malinin A.G.* Obosnovanie rashoda tsementa pri struynoy tsementatziy grunta// Podzemnoe prostranstvo mira. – 2000. - № 2.

2. *Malinin A.G., Malinin P.A.* Tsementatziya gruntov pri stroitelstve naklonnogo stvola v zone chetvertichnih otlozheniy// Metro I tonneli. – 2007. - № 2.

3. *Arroyo, M.; Gens, A.* (2009). Engineering Assessment of Jet – Grouted Structures. Evaluation of mechanical properties of jet – grouting columns using different test methods// Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: “The Academia and Practice of Geotechnical Engineering”, Alexandria, Egypt, October 5–9, 2009. – IOS Press, 2338–2341.

4. *Bacinskas, D.; Kaklauskas, G.; Gribniak, V.; Geda, E.* (2007). Computationally effective tool for mechanical simulation of reinforced concrete members subjected to fire// The 9th International Conference "Modern building materials, structures and techniques". – Vol. 2, 2007, Vilnius, Lithuania. – Vilnius: “Technika”.

TECHNICAL WELL DRILLING FOR SECURING OF WET SOILS BY THE METHOD OF JET CEMENTATION

Shelkovnikov I.G.*, Shtepa I.V.**

**Sankt-Peterburgskiy Natsionalniy Mineralno-syrievoy Universitet “Gorniy”*,

***“Kosmos SPb”, Sankt-Peterburg*

More and more attention is paid to a perspective technology as jet cementation. The drilling of technical wells for artificial strengthening of soils finds wide application not only in industrial building but and in mine building. A method of block of water-bearing levels with the help of a technology presented has the large potential for the building of mine shafts in the process of erection of tunnels.

KEY WORDS: drilling, wet soil, method of jet cementation, well, mine shaft, tunnel.

