

## Контроль качества закрепленного массива при производстве работ по усилению основания

*М.В. Кузнецов*

*Архитектурно-строительная академия ДГТУ, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Армирование грунтов через направленные разрывы, устраиваемые при нагнетании цементогрунтовых растворов, широко применяется при строительстве на просадочных грунтах. В статье излагается способ контроля качества цементогрунта, а также показано применение его при производстве работ по закреплению основания здания.

**Ключевые слова:** Армирование, грунт, цементогрунт, цементация, контроль качества, направленные гидроразрывы, бурение, скважина.

При строительстве на просадочных грунтах широкое применение нашел способ армирования основания через направленные разрывы, устраиваемые при нагнетании цементогрунтовых растворов [1-4]. Согласно нормативным документам, в процессе производства работ по укреплению грунтов необходимо вести постоянный контроль качества компонентов рабочего раствора, а также проверять соответствие проекту получаемых физико-механических свойств армирующих элементов. Это достигается путем испытания образцов грунта из цементогрунтового камня, отбираемых из шурфов, а также проб готовых растворов перед их нагнетанием. Однако под фундаментами в виде сплошных плит проходка шурфов затруднительна. В связи с этим в НИПП «ИНТРОФЭК» при участии автора был разработан способ контроля качества цементогрунта [5].

Сущность способа заключается в том, что до начала работ по закреплению устанавливаются калибровочные зависимости на стандартных составах цементогрунта при разном возрасте их твердения:

$$C_{ц} = f(V_{0,1N HCl}, T),$$

где  $C_{ц}$  – содержание цемента в пробе, %;

$V_{0,1N\ HCl}$  - объем 0,1N раствора HCl, израсходованный на нейтрализацию остаточной свободной щелочи цемента в водной вытяжке, полученной из пробы нарушенной структуры стандартного состава, мл;

T – возраст твердения стандартного состава цементогрунта, сутки.

$$R = f(C_{II}), (3); E = f(C_{II}), (4); \varphi = f(C_{II}), (5); C = f(C_{II}),$$

где R, E,  $\varphi$  и C – соответственно предел прочности на одноосное сжатие, модуль деформации, угол внутреннего трения и сцепление, определенные на образцах цементогрунта стандартного состава.

Затем производят отбор пробы цементогрунта нарушенной структуры в точке контроля, приготавливают водную вытяжку из обезвоженной пробы, определяют остаточную щелочность цемента в водной вытяжке и осуществляют оценку качества цементогрунта по величине остаточной щелочности цемента в водной вытяжке с использованием калибровочных зависимостей.

Этот метод был опробован при закреплении просадочных грунтов основания здания общежития в г. Грозном.

Здание 4-х этажное, каркасно-монолитное. Фундамент плитный с размерами 16,2x54,0 м в плане.

Согласно материалам изысканий площадка строительства здания относится к грунтовым условиям II-го типа по просадочности. В основании сооружения до глубины 17,5-18,7 м залегают легкие, просадочные, пылеватые суглинки полутвердой и тугопластичной консистенции (ИГЭ-1, ИГЭ-1а). Просадка под действием собственного веса при замачивании составляет 47.50см. Ниже залегают непросадочные легкие мягкопластичной консистенции суглинки (ИГЭ-2). Уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 19,0-19,4 м от поверхности земли. Грунты и грунтовые воды агрессивны к бетонам и растворам на обычных портландцементях. Сейсмичность площадки с учетом грунтовых условий 9 баллов.

---

Проектом предусмотрено конструктивное решение по устройству плитного фундамента на укрепленном методом цементации через направленные разрывы основания, с полной прорезкой просадочной толщи [6-10]. Высота армированного основания принята 15,0 м ниже подошвы фундамента. Армоэлементы длиной 2,5 м., размещены с шагом 1,0 м. с прочностью на одноосное сжатие 0,80 МПа при 10% содержании цемента в растворе. Инъекцирование производилось через инъекционные трубки, устанавливаемые в теле плитного фундамента, и выполнялось в четыре заходки.

В процессе производства работ по укреплению грунтов через гидроразрыв велся постоянный контроль качества компонентов рабочего раствора, а также проверялось соответствие проекту получаемых физико-механических свойств армирующих элементов согласно требованиям нормативных документов. Контроль качества под плитой проводился из скважин, проходимых через инъекционные трубки по пробам нарушенной структуры.

До начала работ по контрольному бурению были установлены калибровочные зависимости на стандартных составах цементогрунта при возрасте 7 суток их твердения:

$$C_{\text{ц}} = (1,23 + 4,01/T) V^3 + (1 - 24,80/T) V^2 - (2,16 - 52,50/T) V + 11,50 - 33,0/T;$$

$$R_7 = 1,67 \times 10^{-6} \times C_{\text{ц}}^4 - 2,33 \times 10^{-4} \times C_{\text{ц}}^3 + 0,0113 \times C_{\text{ц}}^2 - 0,182 C_{\text{ц}} + 1,3;$$

$$E_7 = 0,093 \times C_{\text{ц}}^2 - 14,73 \times C_{\text{ц}} + 22,2;$$

$$\varphi_7 = 4,55 \times I_n(C_{\text{ц}}) + 25,21;$$

$$c_7 = 5 \times 10^{-7} \times C_{\text{ц}}^4 - 6,67 \times 10^{-5} \times C_{\text{ц}}^3 + 0,003 \times C_{\text{ц}}^2 - 0,458 \times C_{\text{ц}} + 0,24$$

После схватывания цементогрунтового раствора на объекте по истечении 7 суток выполнялось выборочное разбуривание скважин до глубины инъекцирования. Из каждой инъекции с интервалом 1 м методом квартования отбирались пробы цемента-грунтового камня нарушенной

структуры. Всего отобрано 52 пробы [8]. Каждая проба исследовалась на содержание цемента в соответствии с патентом. Наличие цемента зафиксировано до проектной глубины закрепления во всех разбуренных инъекциях. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытания образцов вспененного цементогрунтового камня нарушенной структуры, отобранных из контрольных инъекций

№ инъекции	Интервал отбора, м	Масса образца, г	Количество HCl, мл	Содержание цемента $C_{ц}$ , %
168	0,0-1,0	50	1,1	10,0
	1,0-2,0	50	1,2	10,0
	2,0-3,0	50	1,1	9,5
150	3,0-4,0	50	1,1	9,0
	4,0-5,0	50	1,2	10,0
	5,0-6,0	50	1,2	10,0
	6,0-7,0	50	1,0	9,5
242	7,0-8,0	50	1,0	10,0
	8,0-9,0	50	1,1	9,5
	9,0-10,0	50	1,1	9,5
	10,0-11,0	50	1,2	10,0
23	11,0-12,0	50	1,1	9,5
	12,0-13,0	50	1,2	10,0
	13,0-14,0	50	1,2	10,0
	14,0-15,0	50	1,0	9,0

Применение данного способа позволило снизить стоимость работ и сократить сроки их выполнения.

### Литература

1. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Цапкова Н.Н. «Способ подготовки основания». Патент на изобретение № 2122068. Бюллетень изобретений и открытий, № 32, 1998.

2. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Бадеев В.С., Кузнецов М.В. «Способ усиления грунтов и устройство для его осуществления». Патент на изобретение № 2260092. Бюллетень изобретений и открытий, № 25, 2005.

3. Исаев Б.Н., Белоключевский В.В., Бадеев С.Ю. «Способ закрепления лессовых просадочных грунтов и иньектор для его осуществления». Авт. свид. № 1444473. Бюллетень изобретений и открытий, № 46, 1988.

4. «Рекомендации по проектированию и устройству фундаментов из цементогрунта». НИИ оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова, Москва, 1986. 70 С.

5. Исаев Б.Н., Цапкова Н.Н., Лунев А.Г., Бадеев В.С., Кузнецов М.В., Морозова И.Ю. «Способ контроля качества цементогрунта» Патент на изобретение №2298789. Бюллетень №13, 2007.

6. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Логутин В.В., Кузнецов М.В. Проектирование оснований, усиленных структурными армоэлементами из цементо-грунта // Инженерный вестник Дона", 2011, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/336.

7. Дежина И.Ю. Выбор метода преобразования лессовых грунтов Ростовской области с учетом различных факторов // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.

8. Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Исследование долговечности модифицированного цементогрунта дорожного назначения // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №11. С. 76-79.

9. Arrua P., Aiassa G., Eberhardt. Loess Soil Stabilized with Cement for Civil Engineering Application. // "International Journal of Earth Sciences and Engineering", February 2012, pp. 10-17.- URL: cafetinnova.org/wp-content/uploads/2013/05/02050102.pdf- The title from the screen. – English language.

10. De Vos M., Whenham V. Innovative design methods in geotechnical engineering. Belgian Building Research. Inst. 2006. 90 p.

## References

1. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Tsapkova N.N. Sposob podgotovki osnovaniya [Method of preparing the base]. Patent na izobretenie № 2122068. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 32, 1998.
2. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Badeev V.S., Kuznetsov M.V. Sposob usileniya gruntov i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya. [Method of enhancing the soil and device for its implementation]. Patent na izobretenie № 2260092. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 25, 2005.
3. Isaev B.N., Beloklyuchevskiy V.V., Badeev S.Yu. Sposob zakrepleniya lessovykh prosadochnykh gruntov i in"ektor dlya ego osushchestvleniya. [The method of fastening the loess subsidence of soils and the injector for its implementation] Avt. svid. № 1444473. Byulleten' izobreteniy i otkrytiy, № 46, 1988.
4. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu fundamentov iz tsementogrunta. [Recommendations for the design and construction of the foundations of cementsoil] NII osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy im. N.M. Gersevanova, Moskva, 1986. 70 p.
5. Isaev B.N., Tsapkova N.N., Lunev A.G., Badeev V.S., Kuznetsov M.V., Morozova I.Yu. Sposob kontrolya kachestva tsementogrunta. [Method of quality control of cementplant]. Patent na izobretenie №2298789. Byulleten' №13, 2007.
6. Isaev B.N., Badeev S.Yu., Logutin V.V., Kuznetsov M.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №1 URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/336](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/336).
7. Dezhina I.Yu. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945).
8. Vdovin E.A., Mavliev L.F. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. №11. pp. 76-79.