

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ГРУНТОГЛИНОЦЕМЕНТНОЙ СВАИ В ПЕСЧАНЫХ И СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

*В работе приведены результаты лабораторных исследований прочности на сжатие грунтоглиноцементной сваи в песчаных и суглинистых грунтах, которые положены в основу для проектирования параметров реконструкции фундаментов.*

**Ключевые слова:** *грунтоцементная свая, прочность, растворы, песок, суглинок.*

**Актуальность проблемы.** В ближайшие годы стране предстоит большая работа по реконструкции жилых зданий и действующих предприятий. При этом рост производства, может быть, достигнут, в значительной степени, за счет усовершенствования технологических процессов, производственных режимов и максимального использования существующих площадей. Поскольку среди строительных конструкций, используемых уже многие годы в производственных зданиях, преобладают железобетонные, обобщение и анализ существующих предложений по проектированию и применению эффективных способов усиления таких конструкций и их соответствующая систематизация имеют важное народно-хозяйственное значение. Необходимо также учитывать, что почти 90% территории Украины подвержены воздействию сложных инженерно-геологических условий строительстве, в том числе около 70% территории занимают просадочные грунты. Строительство и эксплуатация зданий на таких грунтах, деформативность которых резко увеличивается при их обводнении, сопровождаются появлением и развитием значительных и даже аварийных деформаций в железобетонных конструкциях. Это обстоятельство накладывает свой отпечаток на проектирование и выбор способов усиления конструкций, имея в виду при этом, что их усилению должны предшествовать работы по ликвидации источников замачивания грунтов и дополнительные изыскания на площадке объекта для выбора оптимального способа усиления основания [1].

Одним из инженерных решений, обеспечивающих устойчивость и эксплуатационную надежность проектируемых сооружений, является укрепление толщи слабых грунтов основания с помощью струйной цементации. Технология струйной цементации грунтов получила широкое распространение при решении сложных задач в области подземного строительства. [2,3].

Технология заключается в разрушении грунта высоконапорной струей цементного раствора с одновременным перемешиванием грунта с цементным раствором. В результате в грунтовом массиве образуются колонны из нового материала – грунтобетона, обладающего высокими прочностными и противofильтрационными характеристиками [4]. Глиноцементный раствор для формирования грунтовых свай ранее не применялся.

**Цель работы.** Исследование прочности грунтоглиноцементных свай, которые формируются из глиноцементно-силикатного раствора в песчаных и суглинистых грунтах.

**Изложение основного материала.** Основной задачей работы предусматривается определение прочности грунтоглиноцементной сваи, которая изготовлена в лабораторных условиях из глиноцементно-силикатного раствора с песчаными и суглинистыми грунтами, определение её физических и механических свойств.

В работе применялись следующие методы исследований:

- физические свойства определяли:

а) сроки схватывания, нормальную густоту твердения – по ДСТУ Б В.2.7-185:

2009. [ Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму ];

б) плотность и подвижность раствора – по ДСТУ Б В.2.7-23-95 [ Розчини будівельні . Загальні технічні умови ];

- механические свойства определяли:

а) прочность при сжатии – по. ДСТУ Б В.2.7-187: 2009. [ Будівельні матеріали. Цемент. Методи визначення міцності на згин і стиск].

**Проведение эксперимента.** Для изучения характеристики грунтоглиноцемента были проведены лабораторные исследования прочности грунтоглиноцемента, который состоит из глиноцементно-силикатного раствора с грунтом. Для целей эксперимента было использовано два типа грунта, суглинков (число пластичности  $I_p = 15$ ) и мелкий песок средней плотности. Грунты были естественной влажности. Выбор пропорции следующий: 15% вода, 21,5% цемент, 63,5% песок и 21,5% вода, 19,5% цемент, 59% суглинков от веса скелета грунтоглиноцементной сваи.

Основными факторами, от которых зависит прочность грунтоглиноцементного камня, являются содержание цемента в композиции "цемент-грунт", водоцементного соотношения в грунтоглиноцементной смеси, литологии грунтов, свойства добавок:

- В/Ц соотношение. В зависимости от класса задач применяют растворы с различными водоцементным соотношением. Стандартным считается соотношение В/Ц = 1,0. Но, как показывает практика, оно приводит к более быстрому износу технологического оборудования. Именно по этим причинам на практике не применяется отношение ниже. (В/Ц = 0,7). Верхний предел практически не ограничен [ 4 ] . Однако в экспериментальной работе было принято В/Ц = 0,7 для песчаного грунта и В/Ц = 1,1 для суглинистого грунта, которое является подходящим количеством для раствора. Эти соотношения при добавлении к грунту дают однородность смеси.

- Цемент. Цемент, который использован в экспериментальной работе, был портландцемент марки М500 ПЦІ (без добавки). Для приготовления образцов использовали состав «цемент-грунт» (1:3) для песка и суглинка.

- Добавки. Добавки из бентонита и силиката натрия. Наиболее опробованным является добавление в цементный раствор бентонита, увеличивающего водонепроницаемость грунтоцемента. Обычно бентонит добавляют в соотношении 1:3 % от массы цемента [4]. В экспериментальной работе это количество было принято в количестве 1; 1,5; 2; 2,5 % от массы цемента. Для ускорения срока схватывания применяли силикат натрия в количестве 1 % от массы цемента для всех растворов. Общее количество добавки было 2; 2,5; 3; 3,5 % от массы цемента.

Для приготовления грунтоглиноцементного образца на первом этапе были подготовлены растворы, смешаны сухие материалы, которые состоят из цемента М500 ПЦІ и бентонита, и после этого добавлены силикат натрия и вода, тщательно перемешан раствор до однородности. На втором этапе раствор с грунтом тщательно перемешивался, смесь заливали в готовые, кубической формы с размерам (10×10×10) см, заготовки. Образцы были оставлены на сутки, после чего их достали и хранили на полке запирающегося инвентарного ящика с сетчатыми стенками и непромокаемой крышей. Испытания проводились для шести проб грунтоглиноцементна для каждого времени твердения 7, 14, 28 суток. Также испытывали на прочности на сжатие для 7, 14, 28 суток.

Вид приготовленных грунтоглиноцементных образцов приведен на рисунке 1. Фрагмент определения прочности на сжатие приведен на рисунке 2.

Результаты экспериментов и характеристики глиноцементно – силикатных растворов приведены в таблице 1.

Результаты физико – механически характеристик грунтоглиноцементных образцов приведены в таблице 2, 3.

На рисунке 3, 4 представлена закономерность изменения прочности при сжатии грунтоглиноцементных образцов в 7, 14, 28 суточном возрасте в зависимости от содержания наполнителя в песчаных и суглинистых грунтах.

На рисунке 5 представлена закономерность набора прочности при сжатии грунтоглиноцементной образцов в 28-суточном возрасте в зависимости от содержания наполнителя в песчаных и суглинистых грунтах.



а) формы 3фк (10×10×10)



б) формы после заполнения смесью



в) формы после затвердения смеси



г) образцы после снятия формы

Рисунок 1 – Этапы приготовления грунтоглиноцементных образцов в лабораторных условиях



Рисунок 2 – Фрагмент определения прочности на сжатие

Таблица 1 – Характеристики глиноцементо – силикатных растворов

№	В/Ц, д.ед.	Вода, мл	Цемент М-500 ПЦІ, г	Бентонит, г	Силикат натрия, г	Добавки от массы цемента, %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Подвиж- ность раствора, см
1	0,7	700	1000	10	10	2	1,571	13
2	0,7	700	1000	15	10	2,5	1,579	12,95
3	0,7	700	1000	20	10	3	1,586	12,89
4	0,7	700	1000	25	10	3,5	1,592	12,85
5	1,1	1100	1000	10	10	2	1,335	14
6	1,1	1100	1000	15	10	2,5	1,348	13,95
7	1,1	1100	1000	20	10	3	1,361	13,90
8	1,1	1100	1000	25	10	3,5	1,374	13,85

Таблица 2 – Физико – механические характеристики грунтоглиноцемента в зависимости от содержания наполнителя в песчаных грунтах

Тип грунта	Добавки от массы цемента, %	Сроки схватывания, час : мин		Средняя прочность на сжатие, МПа, при времени твердения			Коэффициент вариации,%	Модуль дефор- мации, МПа
		Нач.	Кон.	7 сут	14 сут	28 сут		
Песок	2	1:40	4:15	9,02	11,38	13,73	5,7	1350
	2,5	1:30	4:05	10,40	12,75	16,67	5,2	1600
	3	1:20	3:55	11,77	14,12	18,04	5,8	1760
	3,5	1:10	3:45	13,14	15,69	20,01	5,5	2200

Таблица 3 – Физико – механические характеристики грунтоглиноцемента в зависимости от содержания наполнителя в суглинистых грунтах

Тип грунта	Добавки от массы цемента, %	Сроки схватывания, час: мин		Средняя прочность на сжатие, МПа, при времени твердения			Коэффициент вариации, %	Модуль деформации, МПа
		Нач.	Кон.	7 сут	14 сут	28сут		
Суглинок	2	0:35	:20	4,12	5,88	9,81	5,8	930
	2,5	0:33	:15	3,92	5,39	9,12	5,9	880
	3	0:30	:10	3,43	4,81	8,63	5,7	820
	3,5	0:27	:05	3,14	4,51	8,04	5,6	770

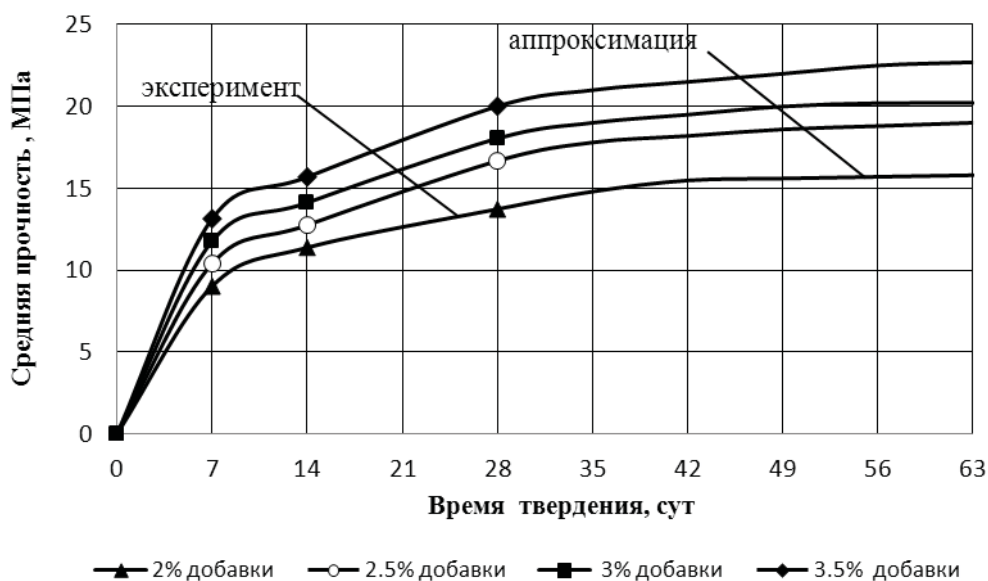


Рисунок 3 – График зависимости прочности при сжатии грунтоглиноцементных образцов в 7, 14, 28 – суточном возрасте в зависимости от содержания наполнителя в песчаных грунтах

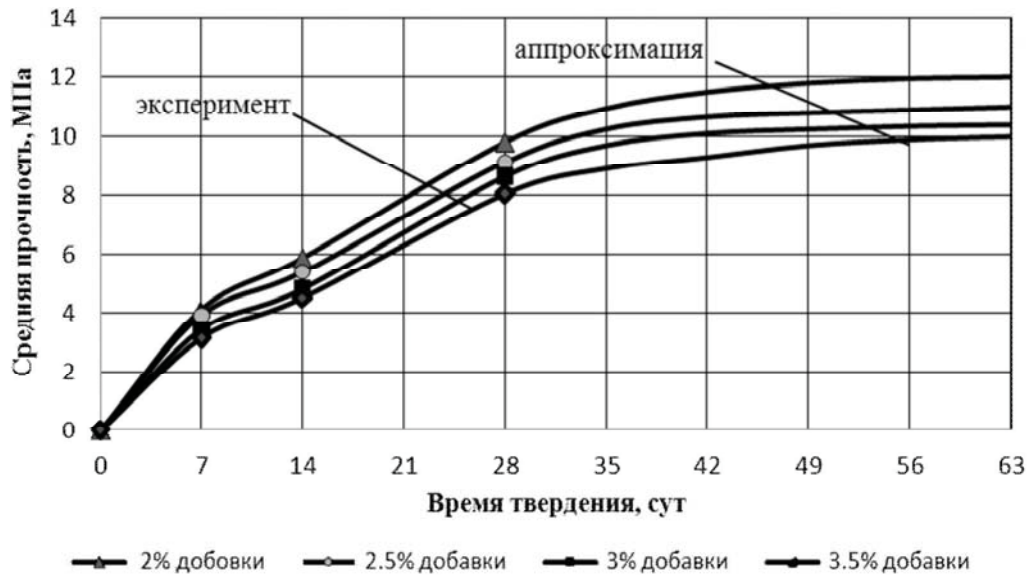


Рисунок 4 – График зависимости прочности при сжатии грунтоглиноцементных образцов в 7, 14, 28 – суточном возрасте в зависимости от содержания наполнителя в суглинистых грунтах

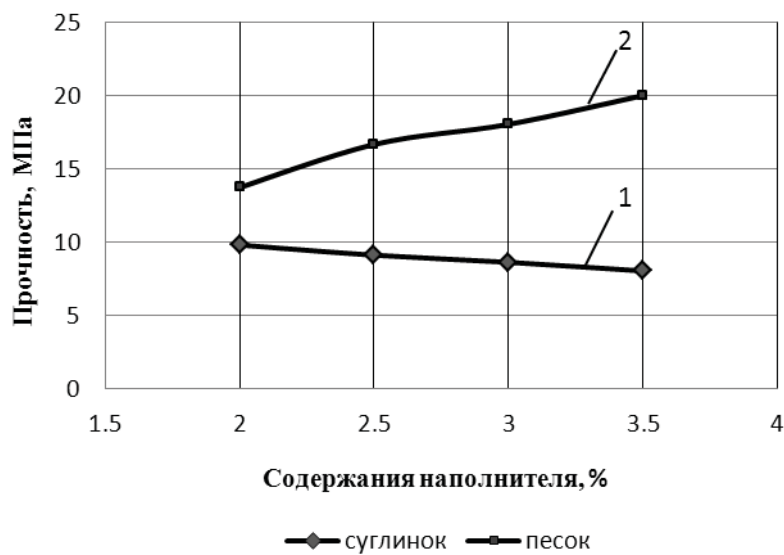


Рисунок 5 – График зависимости прочности при сжатии грунтоглиноцементных образцов в 28 – суточном возрасте в зависимости от содержания наполнителя в суглинистых (1) и песчаных (2) грунтах

Результаты лабораторных исследований прочности на сжатие грунтоглиноцементных образцов показали следующее:

- увеличение количества глины в растворе приводит к увеличению прочности грунтоглиноцемента в песчаных грунтах существенно, и это не смотря на то, что это увеличение не превышает 0,5% от мас-

сы цемента. В суглинистых грунтах не наблюдалось такого же увеличения прочности грунтоглиноцемента;

- по сравнению со стандартным цементным раствором, образцы грунтоглиноцемента, полученные в лабораторных условиях в течение 28 суток, не достигают полной прочности. Для достижения пре-

дельной прочности требуется более продолжительное время – примерно 56 – 63 суток;

#### **Выводы.**

1. Использование глиноцементно-силикатного раствора с грунтом дает новый материал из грунтоглиноцемента, обладающей высокой прочностью на сжатие, низким модулем деформации и увеличивающий водонепроницаемость.

2. Увеличение количества глины в растворе дает высокую прочность на сжатие с

песчаными грунтами по сравнению с суглинистыми грунтами, которые не достигают таких же результатов.

3. С экономической точки зрения использования глины в качестве добавок, которые имеют низкую стоимость по сравнению с остальными добавками и грунта в качестве строительного материала в формировании свай с цементом приводит к снижению расходов реконструкции фундаментов.

#### **Библиографический список**

1. Гольшиев А.Б. Усиления несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований /А.Б. Гольшиев, П.И. Кривошеев, П.М. Козелецкий и др. – К.: Логос, 2004. – 219 с.: ил – Библиогр. ISBN 966-581-469-9.
2. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов. – М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2010.
3. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов. – М.: Стройиздат, 2011.
4. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов: монография /А.Г. Малинин.— Пермь: Пресстайм, 2007. — 168 с. - ISBN 978-5-98975-201-0.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Дроздом Г. Я.*

*Статья поступила в редакцию 09.10.13.*

**Абед С.Ф.** (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ГРУНТОГЛІНОЦЕМЕНТНОЇ ПАЛІ В ПІЩАНИХ ТА СУГЛИНИСТИХ ГРУНТАХ**

*У роботі наведені результати лабораторних досліджень міцності на стиск грунтоглиноцементної палі в піщаних та суглинистих грунтах, які покладені в основу для проектування параметрів реконструкції фундаментів.*

**Ключові слова:** *грунтоглиноцементна паля, міцність, розчини, пісок, суглинок.*

**ABED S.F.** (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

#### **RESEARCH COMPRESSIVE STRENGTH GROUTING PILES IN SANDS AND LOAMY SOIL**

*The paper presents results of laboratory tests compressive strength grouting piles in sandy and loamy soils, which are the basis for the design parameters of the reconstruction foundations.*

**Key words:** *jet-grouting pile, strength, solutions, sand, loam.*