



Грунтобетон в закладке фундамента

А.А. Рамазанов¹, А.Д. Бадаева², Е.Б. Ланин³, Т.А. Алнашаш⁴

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия,
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69.04

Аналитический обзор

История

Подана в редакцию 23 мая 2014
Принята 26 февраля 2015

Ключевые слова

грунтобетон,
фундамент,
железобетон,
пескобетон,
бетон,
грунт,
приготовление грунтобетона,
закладка фундамента,
состав грунтобетона

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена исследованию грунтобетона - строительного материала для возведения фундаментов. Статья предназначена для помощи в выборе строительного материала с наименьшими затратами на возведения фундамента.

Применение грунтобетона в производстве строительных изделий и конструкций позволяет обеспечивать высокую технико-экономическую эффективность и экологическую рациональность технологии, что способствует расширению сырьевой базы строительства в целом.

В статье рассмотрен состав грунтобетонной смеси, прочностные качества грунтобетона, требования к грунтобетону для возведения фундаментов, а также виды фундаментов из грунтобетона. В ходе работы проводится сравнение грунтобетона с двумя строительными материалами, такими как бетон (пескобетон) и железобетон. Сравнение проводится по техническому и ценовому критериям.

Содержание

Введение	112
Обзор литературы	112
Постановка задачи	112
Изготовление блоков из грунтобетона	112
Требования к грунтобетону для устройства фундаментов	113
Прочностные качества грунтобетона при возведении фундаментов	114
Виды фундаментов из грунтобетона	116
Столбовые фундаменты	116
Сборные фундаменты из грунтобетона	116
Панели-стенки	116
Технико-экономические характеристики	116
Сравнение грунтобетона и железобетона по прочности, морозостойкости, удобству эксплуатации	117
Расчет фундамента 4x4 м ²	118
Рекомендации	119
Заключение	119

¹ Контактный автор:
+7 (921) 400 1844, artem.ramazanov1994@yandex.ru (Рамазанов Артем Александрович, студент)

² +7 (921) 349 3717, ivanmaria@yandex.ru (Бадаева Анна Дмитриевна, студент)

³ +7 (911) 241 8029, streetset@mail.ru (Ланин Евгений Бориславович, студент)

⁴ +7 (931) 311 5060, tareq.nashash@mail.ru (Алнашаш Тарек Ахмад, студент)

Введение

Грунтобетон (цементогрунт) - строительный материал, получаемый полусухим способом из связных грунтов (глин, суглинков, супесей), минеральных вяжущих, воды и различных добавок. Грунтобетон применяют для изготовления грунтобетонных камней, возведения зданий высотой в один-два этажа; монолитную грунтобетонную смесь используют для кладки фундаментов и в качестве подготовки под полы [2].

Грунтобетон один из древнейших строительных материалов известных человечеству. Использоваться он начал ещё в пятом тысячелетии до н.э. В то время в основном изготавливали саман - смесь глинистого бетона с соломой. Солому в бетон добавляли для увеличения прочности и гигроскопичности. Постройки из самана встречаются и на юге России [9-12].

Такое широкое распространение объясняется лёгкостью изготовления этого материала, его дешёвизной и относительно хорошими характеристиками.

Основу грунтобетона как композитного материала составляют глинистые породы, такие как кембрийская глина или суглинок [26]. Активность данных пород зависит от дисперсности среды, содержания ионов металла, водородного показателя (РН) и от содержания примесей.

На сегодняшний день разработан и получен грунтобетон нормального и ускоренного твердения. В его основе лежит кембрийская глина, которая добывается из забоя строящегося метро в Санкт-Петербурге, и полиминеральная активная смесь (ПМАС). ПМАС – смесь, состоящая из отходов производства [2, 3, 6, 14].

Обзор литературы

Одним из главных авторов, изучавших вопросы применения грунтобетона в строительстве, был Минке Г. [4]. Его книга «Применение глинобетона в строительстве», была основным источником информации при написании статьи. В ней рассматриваются вопросы улучшения его свойств, проектирования частей грунтовых зданий, способы защиты глиносырцовых поверхностей от атмосферных воздействий и т. д. В книге сочетаются теория с конкретными практическими рекомендациями. Она будет полезна инженерам-проектировщикам, строителям, архитекторам, частным застройщикам, а также студентам строительных специальностей. Также данную тему исследовали Строкова В.В., Лютенко А.О., Карацупа С.В., Яковлев Е.А. [6, 8].

Постановка задачи

Цель работы: описать основные свойства и характеристики грунтобетона в целом и рассмотреть виды фундамента из грунтобетона.

Главной задачей данного исследования является сравнение грунтобетона, железобетона и бетона (пескобетона) по физическим характеристикам и стоимости.

Изготовление блоков из грунтобетона

В состав грунтобетона входят цемент, грунт и вода.

- Цемент используют марки не меньше 400. На 1м³ жесткого грунта требуется 120-180 кг цемента.
- Грунт используют рыхлого строения (глин, суглинков, супесей), богатого соединениями кальция. Грунт, как заполнитель, необходимо подготовить. Он должен быть просушен, после этого тщательно измельчен и просеян по фракциям от 2 мм и ниже.
- Вода для затворения грунтобетона должна удовлетворять общим требованиям на изготовление обычных бетонов. Применима грунтовая, речная и морская вода. Воды загрязненные, с примесями солей и кислот для грунтобетона не применяются. На 1м³ грунта следует брать 270-320 л воды. При малом количестве воды и хорошем уплотнении смеси достигается высокая морозостойкость грунтобетона.

Все вышеперечисленное тщательно смешивают и уплотняют. На выходе получается материал, близкий по качественным характеристикам к невысоким маркам бетона, но стоимость данного строительного материала при этом в 2-3 раза ниже.

Грунтобетон отличается высокой прочностью при сжатии, морозостойкостью и водостойкостью. Чем он плотнее утрамбован, тем выше считается его марка, которая с течением времени увеличивается [4, 21-22, 41-55]. Влажность готовой смеси оценивается сжатием ее в ладони. Она не должна рассыпаться и оставлять следов на ладони.

Грунтобетон первые 2 недели должен находиться во влажной среде. При нормальных условиях твердения через неделю он наберет 2/3 своей расчетной прочности.

Таблица 1. Состав грунтобетона

Марка бетона	Материал на 10л бетона (кг)		Плотность кг/м ³	Объемный состав
	Цемент 400	Грунт		
20	1,2	12	1350	1:6
35	1,8	12	1400	1:5
60	2,5	12	1450	1:4
100	3,0	12	1550	1:3

Гранулометрический состав заполнителя:

- 2 - 0,25 мм - 25 - 35%;
- 0,25 - 0,05 мм - 20 - 30%;
- 0,05 - 0,005 мм - 20 - 40%.

Требования к грунтобетону для устройства фундаментов

1. Для устройства оснований и фундаментов предусматривается грунтобетон классов по прочности на сжатие: В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10 и марок по морозостойкости: F 25; F 35; F 50.

2. Класс грунтобетона по прочности на сжатие определяется по ГОСТ 18105-06 на образцах в возрасте 90 дней.

Определение прочности грунтобетона на сжатие допускается производить на образцах-цилиндрах: d = 50 мм, h = 50 мм с переходным по отношению к стандартному кубу размером 150x150x150 мм, коэффициентом 0,7 [30, 59-64].

Допускается определение класса по прочности грунтобетона на образцах в возрасте 28 суток умножением на 1,5 [5-7, 33-38].

Допускается предварительная оценка прочности на одноосное сжатие на образцах, прошедших тепловлажностную обработку (ТВО) по режиму: 2 + 10 + 2 ч (подъем – выдержка - снижение температуры) при температуре 85-90°C. Образцы грунтобетона должны поступать на пропарку не ранее, чем через сутки после их изготовления. Испытания выполняются не ранее чем через двое суток после ТВО [29, 71-76].

Значения нормативного и расчетного сопротивления грунтобетона осевому сжатию приведены в таблице 1.

Таблица 2. Значения сопротивления грунтобетона осевому сжатию [28]

Вид сопротивления	Нормативные R_{bn} и расчетные R_b сопротивления грунтобетона при его классе по прочности на сжатие, МПа				
	В2,5	В3,5	В5	В7,5	В10
Сжатие осевое R_{bn}	1,9	2,7	3,8	5,7	7,6
(призменная прочность) R_b	1,4	1,9	2,7	4,1	5,4

3. Марка грунтобетона по морозостойкости определяется на образцах в возрасте 90 суток в соответствии с требованиями ГОСТ 10060-86.

4. Состав грунтобетона следует подбирать в лаборатории и корректировать по результатам опытных работ [19].

Прочностные качества грунтобетона при возведении фундаментов

Прочность раствора определяется его маркой. Марк - способностью выдерживать определенную нагрузку на сжатие, измеряемую в килограммах на квадратный сантиметр. Чтобы получить раствор одинакового (равномерного) состава, все входящие в него компоненты отмеривают определенными дозами (фракциями), применяя для этого различную посуду или весы. Различают тощие, нормальные и жирные растворы [39-40,81-83].

Для получения прочного грунтобетона необходимо:

- Выбрать грунт, насыщенный кальцием.
- Высушить грунт
- Хорошо его измельчить.
- Просеять через сито. Разделить на составляющие и использовать их в определенной пропорции.
- Фундамент из грунтобетона необходимо выдержать в течение 15-20 дней после возведения, поливая его водой по 3-5 раз в день. Грунтобетон благодаря этим действиям постепенно набирает определенную прочность.

При нормальных условиях твердения грунтобетон, содержащий в 1 м³ 120 кг цемента, через 7 дней достигает прочности 16 кг/см², через 28 дней — 20 кг/см². Когда цемента содержится 180 кг, то прочность грунтобетона повышается от 25 до 70% [31-32].

Прочность грунтобетона для возведения фундаментов должна быть не менее 10Мпа [70]. Для получения материала с такой прочностью на сжатие и расходом цемента не более 12% в состав сырьевой смеси необходимо ввести поверхностно-активные вещества (таблица 3) [13, 15-16, 23, 56-59].

Таблица 3. Добавки, применяемые для улучшения свойств грунтобетона [20, 27]

Добавка	Количество добавки в % от массы сухого грунта	Область применения
Известь (ГОСТ 9179-59)	1-3	Кислые грунты с pH 6, переувлажненные грунты, при содержании частиц размером менее 0,005 мм более 30%
Хлористый кальций CaCl ₂ (ГОСТ 450-77)	0,5-2	Кислые грунты с pH < 6, переувлажненные, гумусированные песчаные, при пониженных температурах
Гипс строительный (ГОСТ 125-57)	2-4	Переувлажненные грунты
СДБ (ОСТ 81-79-74)	0,1-0,25	Повышение однородности цементогрунтовых смесей за счет увеличения их подвижности
С-3 (суперпластификатор) (ТУ-6-14-19-252-79) Минхимпрома СССР	0,1-1	Повышение прочности, морозостойкости, удобоукладываемости
ГКЖ-94 (ГОСТ 10834-76)	0,3-0,7	Повышение прочности, морозостойкости
ГКЖ-10, 11 (ТУ-6-02-696-72)	0,3-0,7	Повышение прочности, морозостойкости
Полиизоцианат (ТУ-6-03-375-75)	2-10	Повышение прочности, морозостойкости, стойкость к агрессивным средам
ПГ-нефелиновый гудрон (ТУ-18-2-49-83)	0,05-0,2	Повышение прочности, морозостойкости
ВНГ (ТУ-18-2-49-83)	0,05-0,2	Повышение прочности, морозостойкости

Виды фундаментов из грунтобетона

Подземная часть зданий до отметки $\pm 0,00$, включая фундаменты, стены подвала и цоколи, может выполняться из монолитного и сборного грунтобетона. При этом, как правило, следует отдать предпочтение сборному грунтобетону, как наиболее подходящему для возведения подземной части зданий. Фундаменты из монолитного грунтобетона могут быть ленточными и столбовыми.

- Ввиду незначительных нагрузок от малоэтажных зданий толщина стенок фундаментов, стен подвалов и цоколей из грунтобетона может быть принята равной 30 см с устройством нависающих стен. Такой прием конструирования фундаментов выгоден при допуске давлении на грунт более $1,5 \text{ кг/см}^2$, значительной глубине заложения фундаментов и наличии подвалов.
- В случае значительных нагрузок и низкой несущей способности грунтов возникает необходимость применения раздельной схемы фундаментов: подушки-стенки [4].

Столбовые фундаменты

Столбовые фундаменты для малоэтажных зданий оказываются экономически выгодными лишь в случае применения легких стен типа деревянных рубленых и каркасных, или крупнопанельных из легкого бетона.

Столбовые монолитные фундаменты из грунтобетона могут быть одноэлементными, состоящими из подушки или стойки и двухэлементными, когда фундамент составляют подушка и стойка.

Сборные фундаменты из грунтобетона

Сборные грунтобетонные фундаменты, в зависимости от наличия средств механизации и готовых изделий, могут возводиться из грунтобетонных камней, грунтобетонных блоков и панелей.

Прессованные мелкие камни, согласно действующим техническим условиям на их изготовление, могут быть полнотелыми и пустотелыми, марок 25, 35 и 75. При возведении фундамента должны применяться камни марок не менее 35. Кладка фундаментов и стен подвала из пустотных камней может применяться только в сухих и маловлажных грунтах. При этом необходимо принять меры по защите кладки от поверхностных вод устройством отмостки с глиняной подстилкой и гидроизоляцией кладки стен подвала горячим битумом 2 раза. Возведение фундаментов из штучных грунтобетонных камней не является оптимальным вариантом и может быть допущено лишь в случае малого объема работ и отсутствия монтажных кранов [17-18, 24].

Панели-стенки

Панели-стенки запроектированы двух марок СГ-8 и СГ-5 прямоугольного сечения и минимальной для грунтобетона толщины 300 мм.

Во всех без подвальных малоэтажных зданиях при глубине заложения фундаментов менее 1,3 м рекомендуются к применению узкие панели-стенки марки СГ-8 из грунтобетона. При наличии подвалов или более глубоких фундаментов необходимо применять составные по высоте панели с перевязкой швов. Толщина кладки проверяется расчетом.

Технико-экономические характеристики

Практичность широкого применения грунтобетонных фундаментов определяется, в конечном счете, более низкой их стоимостью, меньшей трудоемкостью [77-78].

Важными показателями также являются сравнительные расходы дефицитных материалов, особенно цемента и металла.

Сравнение грунтобетона и железобетона по прочности, морозостойкости и удобству эксплуатации

«Бетон хорошо сопротивляется сжатию и плохо – растяжению. Для обычных бетонов значения $R_{сж}/R_p=15...20$. Поэтому где растягивающие напряжения присутствуют необходимо использовать армирование.»[1, 64-67, 89].

Железобетон - сочетание бетона и стальной арматуры, монолитно соединенных и совместно работающих в конструкции. Понятие "железобетон" обычно употребляют как общее название железобетонных изделий и конструкций. Бетон в железе воспринимает в основном сжимающие усилия, а арматура - растягивающие; бетон также придает жесткость конструкции и защищает арматуру от коррозии [85]. Взаимодействие бетона и стали довольно эффективно. При твердении бетон плотно сцепляется с арматурой, защищая тем самым её от коррозии [80].

Железобетон имеет ряд преимуществ перед другими строительными материалами, что и объясняет его широкое распространение в строительном деле. Сравним железобетон с таким материалом как грунтобетон.

По сравнению с железобетоном грунтобетон более экологичен, то в тоже время и более экономичен, особенно если грунт для него используется из разработанного под фундамент карьера. Однако железобетон, безусловно, превосходит его по любым видам прочности.

Нормируемая прочность на сжатие материала в возрасте 28 суток:

Грунтобетон: максимальная нормированная прочность достигает 10 МПа [68].

Железобетон: максимальная нормированная прочность может достигать 60 МПа [79].

На растяжение же прочность железобетона на несколько порядков выше, чем у грунтобетона, что следует из самого его определения [7].

Максимальная марка железобетона по морозостойкости F500, тогда как грунтобетона только F50.

Из железобетона, возможно, строить здания и конструкции практически любых форм. Благодаря тому, что сами железобетонные конструкции изготавливаются на специальных заводах. Тем самым обеспечиваются высокие темпы возведения зданий и сооружений, а также экономия денежных и трудовых затрат. Грунтобетон как строительный материал, применяется лишь для строительства малоэтажных зданий, ввиду сложности обеспечения достаточной прочности для массивных конструкций [68-70, 90].

Сравнение пескобетона и грунтобетона по прочности, морозоустойчивости, удобству эксплуатации и цене

Пескобетон – это высокопрочная смесь, в состав которой входит вяжущее неорганическое вещество (портландцемент), химические добавки и речной мытый просеянный песок крупных фракций. Данный материал, в отличие от грунтобетона, используется практически на всех этапах строительства: для выравнивания горизонтальных оснований, для заделки швов, для устранения дефектов бетонных конструкций, для производства монтажных работ, для выполнения кирпичной кладки, для производства высокопрочных фундаментов и стяжек [86-88]. Несущая способность ленточного фундамента на основе пескобетона или плит из пескобетона незначительно ниже, чем у «тяжёлого» бетона. А при уплотнении залитой смеси специальной виброустановкой появление полостей и каверн в пескобетоне сведено к нулю. Кроме того, что пескобетон М-300 может быть самодостаточным материалом для фундамента, он также отлично дополняет готовые фундаментные блоки. Заливка щелей между блоками и другие элементы перевязки, выполненные из пескобетона, будут не менее надёжны и прочны, чем основа [84].

Пескобетон более высокопрочный, морозоустойчивый и водонепроницаемый материал, чем грунтобетон. У него более широкий диапазон рабочих температур от +5 до +350 градусов тепла, он хорошо растекается, соединяется с любыми основаниями; безопасен для окружающей среды, специальные добавки сводят к минимуму вероятность образования трещин и отложений извести на поверхности, залитой раствором, быстро застывает, в отличии от грунтобетона и у него практически отсутствует усадка.

Пятидесятикилограммовый мешок пескобетона марки М-300 даст на выходе примерно 25 литров готового материала, стоящего на сегодня около 120 рублей.

Время применения приготовленного раствора не превышает 2 ч (при + 20 градусах).

Расчет фундамента 4x4 м²

Стоимость фундамента 4x4x0.3 м² из грунтобетона

Расчёт стоимости:

Грунтобетон состоит из трёх основных компонентов: грунта, цемента и воды.

Грунт

Объём фундамента 4,8 м³. Соответственно необходимо взять такое же количество грунта. Средняя цена глины в Санкт-Петербурге и Ленобласти 115 руб. за 40 кг (по такой цене глину реализовал ТК РУДКОМ в мае 2014^{го} года). Вид глины : «Голубая кембрийская».

Вес кубического метра сухой глины: 1090 кг.

$$1090 \times 4,8 = 5232 \text{ кг} - \text{общий вес необходимой глины}$$

$$5232 / 40 = 130,8 \text{ округляем до } 131 - \text{количество мешков}$$

$$131 \times 115 = 15065 \text{ руб.} - \text{стоимость глины}$$

Однако стоимость глины можно и не учитывать, если она берётся из котлована вырытого под фундамент.

Цемент

На 1 м³ грунта необходимо взять от 120 кг до 180 кг цемента. Возьмём 160 кг.

$$160 \times 4,8 = 768 \text{ кг} - \text{необходимое кол-во цемента}$$

Стоимость одного мешка цемента (50 кг) Пикалёвского завода составляет 195 р (по состоянию на лето 2014 года).

$$768 / 50 \times 195 = 2995,2 \text{ руб.} - \text{стоимость цемента}$$

Вода

На 1 м³ грунта необходимо взять от 270 до 320 л воды. Возьмём 300 л.

$$300 \times 4,8 = 1440 \text{ л} = 1,44 \text{ м}^3$$

Воду предполагается взять из ближайшего источника или колодца. На случай если к доступа ни к тому ни к другому нет, или качество воды не удовлетворяет требованиям, ниже приводиться расчёт стоимость воды по цене, установленной организациями коммунального комплекса в Ленобласти.

Тариф: 12.74 руб. за кубометр.

$$12,74 \times 1,44 = 18,35 \text{ руб.} \text{ цена воды}$$

$$\text{Общая цена: } 15065 + 2995,2 + 18,35 = 18078 \text{ руб. } 35 \text{ коп.}$$

Стоит принять во внимание, что материалы взяты с небольшим запасом.

Стоимость фундамента 4x4x0.3 м² из грунтобетона

Объём бетона: 4,8 м³

Расчётная стоимость одного кубометра бетона М400, В 30, ПЗ, F 200, W 8 : 3350р. (по такой стоимости бетон реализуется например Санкт-Петербургская компания «Геобетон»)

$$4,8 \times 3350 = 16080 \text{ руб.} - \text{стоимость бетона}$$

Армирование бетона:

В верхнем слое используем арматуру диаметром 14 мм, в нижнем 16 мм. На 1 м² должно приходиться 10 стержней. Общее количество стержней каждого вида 40 шт.

Вес стержней $d=14$ мм на 1 м^2 : $12,1 \text{ кг/м}^2$

$$12,1 \times 4 = 48,4 \text{ кг}$$

Расчётная стоимость стальной арматуры диаметром 14 мм за тонну: 26500 р. (по такой стоимости арматуру реализует компания «Росметалл»)

$$26500 \times 0,0484 = 1282,6 \text{ р. - стоимость арматуры диам. } 14 \text{ мм}$$

Вес стержней $d=16$ мм на 1 м^2 : $15,8 \text{ кг/м}^2$

$$15,8 \times 4 = 63,2 \text{ кг}$$

Расчётная стоимость стальной арматуры диаметром 16 мм за тонну: 26600 р. (по такой стоимости арматуру реализует компания «Росметалл»)

$$26600 \times 0,0632 = 1681,2 \text{ руб. - стоимость арматуры диам. } 16 \text{ мм}$$

Общая стоимость армирования: $2963,8$ руб.

$$\text{Стоимость железобетона: } 2963,8 + 16080 = 19043 \text{ руб. } 80 \text{ коп.}$$

В данном примере не учитывались затраты, на перевозку арматуры. Если учитывать и их, то цена железобетона, безусловно, повысится.

Также в примере не учитывается то, что смесь и закладка железобетона намного тяжелее и требует больших трудовых ресурсов, чем закладка аналогичного объёма грунтобетона.

Стоимость фундамента $4 \times 4 \times 0,3 \text{ м}^2$ из пескобетона

Объём бетона: $4,8 \text{ м}^3$

Расчётная стоимость одного кубометра бетона М400, В 30, ПЗ, F 200, W 8: 3350 руб. (по такой стоимости бетон реализовался в Санкт-Петербургской компании «Геобетон»)

$$4,8 \times 3350 = 16080 \text{ руб - стоимость бетона}$$

Рекомендации

Грунтобетон более экологичный и экономичный материал по сравнению с другими видами бетона, если грунт для его использования добывается непосредственно из котлована под фундамент. Однако он подходит для закладки фундамента только под малоэтажные здания. Также его сравнительно легко изготовить самостоятельно.

Заключение

1. В статье были рассмотрены основные виды грунтобетона.
2. Проведено сравнение грунтобетона с пескобетоном и железобетоном по важнейшим физическим характеристикам.
3. Была рассчитана стоимость фундамента 4×4 метра из грунтобетона, железобетона и пескобетона.
4. Было рассчитано, что при малоэтажном строительстве - когда грунт можно взять непосредственно из котлована, вырытого под фундамент - самый экономичный материал для фундамента-грунтобетон.

Литература

- [1]. Барабанщиков Ю.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Вяжущие вещества и бетоны. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. 152 с.
- [2]. Минке Г. Глинобетон и его применение. К.: Изд-во Янтарный сказ, 2004. 232 с.
- [3]. Коновалов П.А., Горпинченко В.М., Макаров А.А., Попов А.В., Цаплин Е.Г. Укрепление основания одиночных фундаментов под колонны промышленного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 3. С. 35-37.
- [4]. Строкова В.В., Лютенко А.О., Карацупа С.В., Яковлев Е.А. Математическая модель оценки прочности грунтобетона // Строительные материалы. 2006. № 4. С. 80-81.
- [5]. Комохов А.П. Грунтобетон ускоренного твердения [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL : <http://tekhnosfera.com/view/83492/a?#?page=1> (дата обращения 16.05.2014)
- [6]. Гришина В.А. Грунтобетон с микроармирующими минеральными и органическими добавками для строительства сельских дорог и сооружений [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://tekhnosfera.com/view/51796/a?#?page=13> (дата обращения 16.05.2014)
- [7]. Волков Ю.С. Железобетон – материал на все времена // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 73-76.
- [8]. Мунтяну С. Городской дом из самана // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2012. № 2. С. 86-88.
- [9]. Субботин О.С. Народная архитектура традиционного кубанского жилища // Жилищное строительство. 2012. № 8. С. 18-22.
- [10]. Дёгтев И.А., Лаврик Г.И. Малоэтажное эколого-экономичное жилище для массового строительства в условиях белгородчины // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 32-34.
- [11]. Чеснокова Д.М. Обзор технологий земляного строительства // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 2 (10). С. 46-52.
- [12]. Чеснокова Д.М. Международный и отечественный опыт земляного строительства // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 1 (9). С. 38-44.
- [13]. Чудинов С.А. Исследование влияния технологических факторов на прочность цементогрунтов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2010. № 1. С. 46-52.
- [14]. Исаев Б.Н., Бадеев С.Ю., Логутин В.В., Кузнецов М.В. Проектирование оснований, усиленных структурными армозлементами из цемента-грунта // Инженерный вестник Дона. 2011. Т. 15. № 1. С. 121-125.
- [15]. Чудинов С.А. Производственные испытания грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектrolита // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2011. № 6. С. 58-61.
- [16]. Дмитренко Е.Н., Прокопец В.С. Параметрическая модель прочности цементогрунта // Вестник МГСУ. 2010. Т. 5. № 4. С. 80-84.
- [17]. Воробьев А.А., Харун М. Эффективный материал для строительства малоэтажных жилых домов // Жилищное строительство. 2003. № 6. С. 24-25.
- [18]. Иванов В.В., Ерёмин В.Я. Современные технологии и материалы для строительства, ремонта и реконструкции фундаментов зданий // Градостроительство. 2014. № 1 (29). С. 78-81.
- [19]. Малинин А.Г., Жемчугов А.А., Гладков И.Л. Определение физико-механических свойств грунтоцемента в ходе натурных исследований // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2011. № 1. С. 325-330.
- [20]. Строкова В.В., Дмитриева Т.В. Микроструктурные особенности грунтобетонов в присутствии стабилизатора // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-2 (50). С. 174-178.
- [21]. Строкова Л.А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313. № 1. С. 69-74.
- [22]. Brandt J.R.T. Behavior of soil-concrete interfaces. 2002. pp. 20-25.
- [23]. Zege S.O., Broid I.I. Design features of soil-concrete structures built by means of jet geotechnology // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2007. Т. 44. № 4. pp. 143-145.

- [24]. Cerioni R., Mingardi L. Nonlinear analysis of reinforced concrete foundation plates // *Computers & Structures*. 1996. Т. 61. № 1. pp. 87-106.
- [25]. Shmatkov S.B., Kreilis Ya.V. Nonlinear analytical model of the "foundation slab-soil base" system // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 1989. Т. 26. № 1. pp. 31-33.
- [26]. Uzdin A.M., Nikitin A.A., Minkevich V.V., Kouznetsova I.O., Dolgaya A.A., Timofeeva N.V., Kuzmin V.P., Gordeev Y.V. peculiarities of arrangement of the old bridges' foundations for the saint-petersburg - moscow railway and methods of their strengthening. 2003. 252 p.
- [27]. Fan H.-H., Gao J.-E., Wu P.-T., Luo Z.-K. Physicochemical actions of stabilized soil with cement-based soil stabilizer // *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*. 2010. Т. 31. № 12. pp. 3741-3745.
- [28]. Isaev B.N., Badeev S.Y., Lunev A.G., Tsapkova N.N., Logutin V.V., Kuznetsov M.V., Badeev V.S. Strengthening of soils by soil-cement elements. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2010. Т. 47. № 5. pp. 202-206.
- [29]. Strokova V.V., Lebedev M.S., Dmitrieva T.V., Lyutenko A.O. Road soil-concretes on the basis of clay rocks // *World Applied Sciences Journal*. 2013. Т. 24. № 10. pp. 1316-1321.
- [30]. Комохов А.П. Грунтобетон ускоренного твердения, автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург. 1996.
- [31]. Гришина В.А. Грунтобетон с микроармирующими минеральными и органическими добавками для строительства сельских дорог и сооружений, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск. 2010
- [32]. Чудинов С.А. Исследование влияния технологических факторов на прочность цементогрунтов// *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. 2010. № 1. С. 46-52.
- [33]. Coupled foundation-superstructure analysis and influence of building stiffness on foundation response / Leung Y.F., Soga K., Hoult N.A., Klar A. // *Deep Foundations and Geotechnical In Situ Testing - Proceedings of the 2010 GeoShanghai International Conference*. Shanghai. 2010. p. 61-66.
- [34]. Abelev K.M., Bakhromov R.R., Shumilov S.I. Features of execution of concrete works at different techniques of construction of monolithic buildings on soft soils// *Промышленное и гражданское строительство*. 2009. № 11. С. 56-58.
- [35]. Чудинов С.А., Булдаков С.И. Теоретические исследования процессов структурообразования глинистых грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектролита. *Известия высших учебных заведений// Лесной журнал*. 2010. № 5. С. 82-88.
- [36]. Морозов Н.М., Хозин В.Г. Песчаный бетон высокой прочности // *Строительные материалы*. 2005. № 11. С. 25-27.
- [37]. Жигайлов А.А., Куяков С.А., Шуваев А.Н. Влияние степени уплотнения на основные характеристики цементогрунта с полимерной добавкой// *Научно-технический вестник Поволжья*. 2011. №5. С. 131-134.
- [38]. Чудинов С.А. Производственные испытания грунтов, укрепленных портландцементом с добавкой полиэлектролита. *Известия высших учебных заведений// Лесной журнал*. 2011. №6. С. 58-61.
- [39]. Жигайлов А.А. подбор оптимального процентного соотношения грунта при укреплении минеральным вяжущим// *Сборник научных трудов Sworld*. 2011. Т. 8. № 4. С. 31-35.
- [40]. Тарасова М.В. раздельно-последовательная технология получения цементогрунтовых композиций повышенной прочности и эксплуатационной надежности. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфимский государственный нефтяной технический университет. Омск. 2012
- [41]. Дмитренко Е.Н., Прокопец В.С. Параметрическая модель прочности цементогрунта// *Вестник МГСУ*. 2010. Т. 5. № 4. С. 80-84.
- [42]. Придатко Ю.М., Лебедев А.Б., Шабров В.Л., Метелева Л.В., Смородинов М.И., Романюк А.В. Способ закрепления грунта. патент на изобретение RUS 2074927.
- [43]. Эстрин Д. Проектирование фундаментов в project studios фундаменты// *САПР и графика*. 2006. № 2. С. 3.
- [44]. Tan H.C., Famiyesin O.O.R., Imbabi M.S.E. *Computers & Structures*. 2001. Т. 79. №26-28. С. 2413-2423.
- [45]. Elbahi Y.I., Nehdi M., Youssef M.A. Artificial neural network model for deflection analysis of superelastic shape memory alloy reinforced concrete beams// *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2010. Т. 37. №6. С. 855-865.
- [46]. Калошина С.В. Технология строительного производства. устройство фундаментов в условиях плотной городской застройки. Пермь. 2009.
- [47]. Глухов В. С. актуальные проблемы проектирования и устройства оснований и фундаментов зданий и сооружений// *Сборник статей под ред. В. С. Глухова*. Москва. 2008.

- [48].Харун М.И., Квартенко К.В. Совершенствование технологии возведения фундаментов в вытрамбованных котлованах и устройстве для ее реализации// Вестник Российского университета дружбы народов. 2012.№ 3. С. 114-119.
- [49].Михайлов В.В., Воронов В.И., Репин В.А. Усиление отдельных фундаментов// Сборник научных трудов Sworld. 2010. Т. 27. № 1. С. 24-26.
- [50].Бенклян С.А., Грудский В.В.// Настоящий железобетон.САПР и графика. 2005. № 2. С. 17.
- [51].Xu Q., Prozzi J.A., Chen H. Performance of fiber reinforced asphalt concrete under environmental temperature and water effects// Construction and Building Materials. 2010. Т. 24. №10. С. 2003-2010.
- [52].Гусев Б.В., Звездов А.И. О конференции «бетон и железобетон — взгляд в будущее»// Вестник КИГИТ. 2012. № 12-3 (30). С. 007-008.
- [53].Rodrigues J.P.C., Laím L., Correia A.M. Behaviour of fiber reinforced concrete columns in fire.// Composite Structures. 2010. Т. 92. №5. С. 1263-1268.
- [54].Wang Y.C., Hsu K. Design recommendations for the strengthening of reinforced concrete beams with externally bonded composite plates// Composite Structures. 2009. Т. 88. №2. С. 323-332.
- [55].Рабинович Ф.Н. Какой бетон нужен строителям? // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 75.
- [56].Promis G., Ferrier E., Hamelin P. Effect of external frp retrofitting on reinforced concrete short columns for seismic strengthening// Composite Structures. 2009. Т. 88. №3. С. 367-379.
- [57].Tensile fracture properties of an ultra high performance fiber reinforced concrete with steel fiber / Kang S.T., Lee Y., Park Y.D., Kim J.K. // Composite Structures. 1997. Т. 37. №1.
- [58].Modelling of concrete beams reinforced with frp re-bars / Ferreira A.J.M., Camanho P.P., Marques A.T., Fernandes A.A. // Composite Structures. 2001. Т. 53. №1. С. 107-116.
- [59].Abdalla H.A. Evaluation of deflection in concrete members reinforced with fibre reinforced polymer (frp) bars // Composite Structures. 2002. Т. 56. №1. С. 63-71.
- [60].Tavares C.M.L., Ribeiro M.C.S., Ferreira A.J.M., Guedes R.M.Creep behaviour of frp-reinforced polymer concrete// Composite Structures. 2002. Т. 57.№14. С. 47-51.
- [61].Jahn P., Hartmann F. Integral representations for the deflection and the slope of a plate on an elastic foundation. Journal of Elasticity. 1999. Т. 56. № 2. С. 145-158.
- [62].Wang Y.C., Chen C.H. Analytical study on reinforced concrete beams strengthened for flexure and shear with composite plates// Composite Structures. 2003. Т. 59. №1. С. 137-148.
- [63].Dmitriev V.G., Anatoly A.S. Deformation of reinforced concrete spherical dome with cutouts on the damped foundation beds// International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2009. Т. 05. №12. С. 13-22.
- [64].Иванов В.В., Ерёмин В.Я. Современные технологии и материалы для строительства, ремонта и реконструкции фундаментов зданий// Градостроительство. 2014. № 1 (29). С. 78-81.
- [65].Абелев М.Ю., Токин А.Н., Шапошников А.В. Применение закрепленных грунтов для устройства фундаментов в лёссовых просадочных грунтах// Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 4. С. 38-40.
- [66].Особенности производства работ при укреплении грунтов оснований и усилении фундаментов реконструируемых зданий на слабых грунтах / Шумилов С.И., Абелев К.М., Бахронов Р.Р., Коренков А.В. // Вестник МГСУ. 2009. № 1. С. 86-89.
- [67].Бугров А.К. Механика грунтов. методы полевого определения характеристик грунтов. учебное Пособие. Федеральное агентство по образованию. Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т. Санкт-Петербург. 2006.
- [68].Христофоров А.И., Кузьмин Д.И., Кузьмин И.Б. Снижение расхода цемента в модифицированных мелкозернистых бетонных смесях// Строительство и реконструкция. 2010. № 3-29. С. 70-75.
- [69].Христофоров А.И., Христофорова И.А., Еропов О.Л. Улучшение свойств цементно-песчаного бетона путем введения пав и органических веществ в бетонную смесь.// Вестник Тамбовского университета. 2012. Т. 17.№ 2. С. 714-717.
- [70].Богомолов В.А. Метод высоконапорной инъекции связных грунтов при устройстве и усилении оснований и фундаментов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Екатеринбург. 2002
- [71].Медведев С.Н. Технология устройства оснований и фундаментов зданий на сезоннопромерзающих грунтах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва. 2006

- [72]. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4. С. 16-21.
- [73]. Mariko O. Experimental analysis and flexural behavior of reinforced-concrete beams reinforced with glass-fiber-reinforced-polymers// Инженерно-строительный журнал. 2010. №4. С. 5-12.
- [74]. Технология возведения фундаментов в вытрамбованных котлованах / Свинцов А.П., Рогов В.А., Квартенко К.В., Шкиленко А.С. // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №37. С. 59-61.
- [75]. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы// Строительные материалы. 2006. № 10. С. 8-13.
- [76]. Вовк А.И. Современные добавки в бетон для современного строительства// Строительные материалы. 2006. № 10. С. 34-36.
- [77]. Иванов И.К. Применение химических добавок в бетон - ключ к решению технологических проблем// Строительные материалы. 2006. № 10. С. 36-38.
- [78]. Симакина Г.Н. Высокопрочный дисперсно-армированный бетон. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Пенза. 2006
- [79]. Виноградова Е.В. Высокопрочный быстротвердеющий бетон с компенсированной усадкой. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростовский государственный строительный университет. Ростов-на-Дону. 2006
- [80]. Zotov M.V., Gusarenko S.P., Skibin M.G. Level-adjustable foundations for monolithic reinforced-concrete buildings// Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2010. Т. 47. №2. С. 58-61.
- [81]. Усманов Р.А. Устройство фундаментов на неоднородных основаниях, подстилаемых слабыми водонасыщенными лессовыми грунтами// Вестник гражданских инженеров. 2008. №2. С. 56-61.
- [82]. Богданов М.И. Грунты. сотворение чуда. Инженерная геология. 2010. №4. С. 4-5.
- [83]. Morgun A., Pishenin I., Morgun I. Problems of non-linear interaction of structures with natural foundation and their modelling applying the method of boundary elements// Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2004. №5. С. 10-13.
- [84]. Morgun A.S., Timoshenko A.E. Interaction of bored piles with soil using the boundary elements method// Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2009. №6. С. 21-26.
- [85]. Fiedler S., Nelson C., Soil stiffness gauge for soil compaction control// Public Roads. 1998. Т. 61. №5. С. 5-10.
- [86]. Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation / Mostafazadeh-Fard B., Khoshravesh M., Mousavi S.F., Kiani A.R. // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2012. Т. 138. №12. С. 1075-1081.
- [87]. Jianguyan H., Chung D.L. Cathodic protection of steel reinforced concrete facilitated by using carbon fiber reinforced mortar or concrete// Cement and Concrete Research. 1997. Т. 27. №5. С. 649-656.
- [88]. Dry C., Corsaw M. A comparison of bending strength between adhesive and steel reinforced concrete with steel only reinforced concrete// Cement and Concrete Research. 2003. Т. 33. №11. С. 1723-1727.
- [89]. Constitutive modeling of reinforced concrete and prestressed concrete structures strengthened by fiber-reinforced plastics / Hu H.-T., Lin F.-M., Liu H.-T., Huang Y.-F., Pan T.-C. // Composite Structures. 2010. Т. 92. №7. С. 1640-1650.
- [90]. Андреева А.В., Буренина О.Н. Технология производства строительных материалов на основе глинистого сырья и отходов деревообработки// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 246-249.

Soil-concrete in a foundation construction

A.A. Ramazanov¹, A.D. Badaeva², E.B. Lanin³, T.A. Alnashash⁴

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia,

ARTICLE INFO

Analytical review

Article history

Received 23 May 2014
Accepted 26 March 2015

Keywords

soil-concrete,
foundation,
concrete,
sand concrete,
concrete,
soil,
preparation of soil-concrete,
foundation,
soil-concrete structure.

ABSTRACT

This paper investigates the building material for the construction of foundations, such as soil-concrete. This article is intended to aid in selecting building materials with the lowest cost of construction of the foundation.

Application of soil-concrete in the manufacture of construction products and allows providing high technical and economic efficiency and sustainable technology, thus expanding the raw material base construction as a whole.

The paper considers the composition of soil-concrete mixtures, strength quality soil-concrete, soil-concrete requirements for the construction of foundations, as well as types of soil-concrete foundations. In this paper the comparison with two soil-concrete building materials such as concrete (sand concrete) and concrete is made. Comparison held technical and price criteria. Will be performed an estimate calculation for the construction cost of the foundation of the three types of material, in order to understand what the building material is advantageous to use.

¹ *Corresponding author:*
+7 (921) 400 1844, artem.ramazanov1994@yandex.ru (Artem Aleksandrovich Ramazanov, Student)
² +7 (921) 349 3717, ivanmaria@yandex.ru (Anna Dmitrievna Badaeva, Student)
³ +7 (911) 241 8029, streetset@mail.ru (Ebgenny Borislavovich Lanin, Student)
⁴ +7 (931) 311 5060, tareq.nashash@mail.ru (Ahmad Tarek Alnashash, Student)

References

- [1]. Barabanshchikov Yu.G. *Materialovedeniye i tekhnologiya konstruksionnykh materialov. Vyazhushchiye veshchestva i betony*. [Materials science and technology of structural materials. Binders and concretes] M.: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2008. 152 p. (rus)
- [2]. Komokhov A.P. *Gruntobeton uskorennoy tverdeniya* [web source] AdobeAcrobatReader. URL: <http://tekhnosfera.com/view/83492/a?#?page=1> (date of reference 16.05.2014). (rus)
- [3]. Grishina V.A. *Gruntobeton s mikroarmiruyushchimi mineralnymi i organicheskimi dobavkami dlya stroitelstva selskikh dorog i sooruzheniy* [web source]. AdobeAcrobatReader. URL: <http://tekhnosfera.com/view/51796/a?#?page=13> (date of reference 16.05.2014). (rus)
- [4]. Minke G. *Glinobeton i yego primeneniye*. [Strengthening the foundation of single bases under columns industrial building] M.: Izd-vo Yantarnyy skaz, 2004. 232 p.
- [5]. Konovalov P.A., Gopinchenko V.M., Makarov A.A., Popov A.V., Tsaplin Ye.G. *Ukrepleniye osnovaniya odinochnykh fundamentov pod kolonny promyshlennogo zdaniya* [Soil-accelerated hardening] *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2006. Issue 3. Pp. 35-37. (rus)
- [6]. Strokova V.V., Lyutenko A.O., Karatsupa S.V., Yakovlev Ye.A. *Matematicheskaya model otsenki prochnosti gruntobetona* [Soil-reinforcing with mineral and organic additives for the construction of rural roads and buildings] *Stroitelnyye materialy*. 2006. Vol. 4. Pp. 80-81. (rus)
- [7]. Volkov Yu.S. *Zhelezobeton – material na vse vremena* [Reinforced concrete - the material at all times] *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2012. Vol. 10. Pp. 73-76. (rus)
- [8]. Muntyanu S. *Gorodskoy dom iz samana* [Townhouse adobe] *Arkhitektura. Stroitelstvo. Dizayn*. 2012. Vol. 2. Pp. 86-88. (rus)
- [9]. Subbotin O.S. *Narodnaya arkhitektura traditsionnogo kubanskogo zhilishcha* [Folk architecture traditional dwelling of the Kuban] *Zhilishchnoye stroitelstvo*. 2012. Vol. 8. Pp. 18-22. (rus)
- [10]. Degtev I.A., Lavrik G.I. *Maloetazhnoye ekologo-ekonomichnoye zhilishche dlya massovogo stroitelstva v usloviyakh belgorodchiny*. M.: Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2008. № 1. Pp. 32-34. (rus)
- [11]. Chesnokova D.M. *Obzor tekhnologiy zemlyanogo stroitelstva* // M.: Vestnik SGASU. *Gradostroitelstvo i arkhitektura*. 2013. № 2 (10). Pp. 46-52. (rus)
- [12]. Chesnokova D.M. *Mezhdunarodnyy i otechestvennyy opyt zemlyanogo stroitelstva* // M.: Vestnik SGASU. *Gradostroitelstvo i arkhitektura*. 2013. № 1 (9). Pp. 38-44. (rus)
- [13]. Chudinov S.A. *Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na prochnost tsementogrunтов* // M.: Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovaniye. 2010. № 1. S. 46-52. (rus)
- [14]. Isayev B.N., Badeyev S.Yu., Logutin V.V., Kuznetsov M.V. *Proyektirovaniye osnovaniy, usilennykh strukturnymi armoelementami iz tsemento-grunta*. // M.: Inzhenernyy vestnik Dona. 2011. T. 15. № 1. Pp. 121-125. (rus)
- [15]. Chudinov S.A. *Proizvodstvennyye ispytaniya grunтов, ukreplennykh portlandtsementom s dobavkoy polielektrolita* [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy] // M.: Lesnoy zhurnal. 2011. № 6. Pp. 58-61. (rus)
- [16]. Dmitrenko Ye.N., Prokopets V.S. *Parametricheskaya model prochnosti tsementogrunта* // M.: Vestnik MGSU. 2010. T. 5. № 4. S. 80-84. (rus)
- [17]. Vorobyev A.A., Kharun M. *Effektivnyy material dlya stroitelstva maloetazhnykh zhilykh domov* // M.: Zhilishchnoye stroitelstvo. 2003. № 6. S. 24-25. (rus)
- [18]. Ivanov V.V., Yeremin V.Ya. *Sovremennyye tekhnologii i materialy dlya stroitelstva, remonta i rekonstruktsii fundamentov zdaniy* // *Gradostroitelstvo*. 2014. № 1 (29). S. 78-81. (rus)
- [19]. Malinin A.G., Zhemchugov A.A., Gladkov I.L. *Opredeleniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv grunтовtsementa v khode naturnykh issledovaniy* // M.: Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle. 2011. № 1. S. 325-330. (rus)
- [20]. Strokova V.V., Dmitriyeva T.V. *Mikrostrukturnyye osobennosti gruntobetonov v prisutstvii stabilizatora* // M.: Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekurno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura. 2013. № 31-2 (50). S. 174-178. (rus)
- [21]. Strokova L.A. *Opredeleniye parametrov dlya chislennogo modelirovaniya povedeniya grunтов* //
- [22]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2008. T. 313. № 1. Pp. 69-74. (rus)
- [23]. Brandt J.R.T. Behavior of soil-concrete interfaces. 2002. pp. 20-25

- [24].Zege S.O., Broid I.I. Design features of soil-concrete structures built by means of jet geotechnology // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2007. T. 44. № 4. pp. 143-145.
- [25].Cerioni R., Mingardi L.. Nonlinear analysis of reinforced concrete foundation plates // *Computers & Structures*. 1996. T. 61. № 1. pp. 87-106.
- [26].Shmatkov S.B., Kreilis Ya.V. Nonlinear analytical model of the "foundation slab-soil base" system // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 1989. T. 26. № 1. pp. 31-33.
- [27].Uzdin A.M., Nikitin A.A., Minkevich V.V., Kouznetsova I.O., Dolgaya A.A., Timofeeva N.V., Kuzmin V.P., Gordeev Y.V.peculiarities of arrangement of the old bridges' foundations for the saint-petersburg - moscow railway and methods of their strengthening. 2003. 252 p.
- [28].Physicochemical actions of stabilized soil with cement-based soil stabilizer / Fan H.-H., Gao J.-E., Wu P.-T., Luo Z.-K. // *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*. 2010. T. 31. № 12. pp. 3741-3745.
- [29].Strengthening of soils by soil-cement elements. *Soil Mechanics and Foundation* / Isaev B.N., Badeev S.Y., Lunev A.G., Tsapkova N.N., Logutin V.V., Kuznetsov M.V., Badeev V.S. // *Engineering*. 2010. T. 47. № 5. pp. 202-206.
- [30].Road soil-concretes on the basis of clay rocks / Stroková V.V., Lebedev M.S., Dmitrieva T.V., Lyutenko A.O.// *World Applied Sciences Journal*. 2013. T. 24. № 10. pp. 1316-1321.
- [31].Komokhov A.P. Gruntobeton uskorennoy tverdeniya, avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. // M.: Sankt-Peterburg. 1996. (rus)
- [32].Grishina V.A. Gruntobeton s mikroarmiruyushchimi mineralnymi i organicheskimi dobavkami dlya stroitelstva selskikh dorog i sooruzheniy. [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk] // M.: Novosibirsk. 2010 (rus)
- [33].Chudinov S.A. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na prochnost tsementogruntoy. // M.: Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovaniye. 2010. № 1. S. 46-52. (rus)
- [34].Coupled foundation-superstructure analysis and influence of building stiffness on foundation response// *Deep Foundations and Geotechnical In Situ Testing / Leung Y.F., Soga K., Hoult N.A., Klar A. - Proceedings of the 2010 GeoShanghai International Conference*. Shanghai. 2010. p. 61-66.
- [35].Abelev K.M., Bakhromov R.R., Shumilov S.I. Features of execution of concrete works at different techniques of construction of monolithic buildings on soft soils // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2009. № 11. S. 56-58. (rus)
- [36].Chudinov S.A., Buldakov S.I. Teoreticheskiye issledovaniya protsessov strukturoobrazovaniya glinistykh gruntoy, ukreplennykh portlandtsementom s dobavkoy polielektrolita. [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy] // M.: Lesnoy zhurnal. 2010. № 5. S. 82-88. (rus)
- [37].Morozov N.M. , Khozin V.G. Peschanyy beton vysokoy prochnosti // *Stroitel'nyye materialy* . 2005 goda. № 11. S. 25-27. (rus)
- [38]. Zhigaylov A.A., Kuyukov S.A., Shuvayev A.N. Vliyaniye stepeni uplotneniya na osnovnyye kharakteristiki tsementogrunta s polimernoy dobavkoy // M.: Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzhya. 2011. №5. S. 131-134. (rus)
- [39].Chudinov S.A. Proizvodstvennyye ispytaniya gruntoy, ukreplennykh portlandtsementom s dobavkoy polielektrolita. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy* // M.: Lesnoy zhurnal. 2011. №6. S. 58-61. (rus)
- [40].Zhigaylov A.A. podbor optimalnogo protsentnogo sootnosheniya grunta pri ukreplenii mineralnym vyazhushchim // *Sbornik nauchnykh trudov Sworld*. 2011. T. 8. № 4. S. 31-35. (rus)
- [41].Tarasova M.V. Razdelno-posledovatel'naya tekhnologiya polucheniya tsementogruntovykh kompozitsiy povyshennoy prochnosti i ekspluatatsionnoy nadezhnosti. // *Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk*. Ufimskiy gosudarstvennyy neftyanoy tekhnicheskiiy universitet. M.: Omsk. 2012 (rus)
- [42].Dmitrenko Ye.N., Prokopets V.S. Parametricheskaya model prochnosti tsementogrunta // M.: Vestnik MGSU. 2010. T. 5. № 4. S. 80-84. (rus)
- [43].Pridatko Yu.M., Lebedev A.B., Shabrov V.L., Meteleva L.V., Smorodinov M.I., Romanyuk A.V. Sposob zakrepleniya grunta. patent na izobreteniyе // M.: RUS 2074927. (rus)
- [44].Estrin D. Proyektirovaniye fundamentov. [Project studiocs fundamenti] // M.: SAPR i grafika. 2006. № 2. S. 3. (rus)
- [45].Tan H.C., Famiyesin O.O.R., Imbabi M.S.E. *Computers & Structures*. 2001. T. 79. №26-28. S. 2413-2423.

- [46].Elbahy Y.I., Nehdi M., Youssef M.A. Artificial neural network model for deflection analysis of superelastic shape memory alloy reinforced concrete beams// *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2010. T. 37. №6. S. 855-865.
- [47].Kaloshina S.V. Tekhnologiya stroitel'nogo proizvodstva. ustroystvo fundamentov v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki. // M.: Perm. 2009. (rus)
- [48].Glukhov V. S. Aktualnyye problemy proyektirovaniya i ustroystva osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy // *Cbornik statey pod red. V. S. Glukhova. Moskva. 2008. (rus)*
- [49].Kharun M.I., Kvarntenko K.V. Sovershenstvovaniye tekhnologii vozvedeniya fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh i ustroystvo dlya yeye realizatsii // M.: *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. 2012.№ 3. S. 114-119. (rus)*
- [50].Mikhaylov V.V., Voronov V.I., Repin V.A. Usileniye otdelnykh fundamentov // *Sbornik nauchnykh trudov Sworld. 2010. T. 27. № 1. S. 24-26. (rus)*
- [51].Benklyan S.A., Grudskiy V.V. Nastoyashchiy zhelezobeton. // M.: *SAPR i grafika. 2005. № 2. S. 17. (rus)*
- [52].Xu Q., Prozzi J.A., Chen H. Performance of fiber reinforced asphalt concrete under environmental temperature and water effects// *Construction and Building Materials*. 2010. T. 24. №10. S. 2003-2010.
- [53]. Gusev B.V., Zvezdov A.I. O konferentsii «beton i zhelezobeton — vzglyad v budushcheye». // M.: *Vestnik KIGIT. 2012. № 12-3 (30). S. 007-008. (rus)*
- [54].Rodrigues J.P.C., Laím L., Correia A.M. Behaviour of fiber reinforced concrete columns in fire// *Composite Structures*. 2010. T. 92. №5. S. 1263-1268.
- [55].Wang Y.C., Hsu K. Design recommendations for the strengthening of reinforced concrete beams with externally bonded composite plates// *Composite Structures*. 2009. T. 88. №2. S. 323-332.
- [56].Rabinovich F.N. Kakoy beton nuzhen stroitelyam? // *Stroitel'nyye materialy. 2012. № 6. S. 75. (rus)*
- [57].Promis G., Ferrier E., Hamelin P. Effect of external frp retrofitting on reinforced concrete short columns for seismic strengthening// *Composite Structures*. 2009. T. 88. №3. S. 367-379.
- [58].Kang S.T., Lee Y., Park Y.D., Kim J.K. Tensile fracture properties of an ultra high performance fiber reinforced concrete with steel fiber// *Composite Structures*. 1997. T. 37. №1.
- [59].Ferreira A.J.M., Camanho P.P., Marques A.T., Fernandes A.A.// *Composite Structures. Modelling of concrete beams reinforced with frp re-bars // 2001. T. 53. №1. S. 107-116.*
- [60].Abdalla H.A. Evaluation of deflection in concrete members reinforced with fibre reinforced polymer (frp) bars// *Composite Structures*. 2002. T. 56. №1. S. 63-71.
- [61].Tavares C.M.L., Ribeiro M.C.S., Ferreira A.J.M., Guedes R.M. Creep behaviour of frp-reinforced polymer concrete// *Composite Structures*. 2002. T. 57. №14. S. 47-51.
- [62].Jahn P., Hartmann F. Integral representations for the deflection and the slope of a plate on an elastic foundation. *Journal of Elasticity*. 1999. T. 56. № 2. S. 145-158.
- [63].Wang Y.C., Chen C.H. Analytical study on reinforced concrete beams strengthened for flexure and shear with composite plates// *Composite Structures*. 2003. T. 59. №1. S. 137-148.
- [64]. Dmitriev V.G., Anatoly A.S. Deformation of reinforced concrete spherical dome with cutouts on the damped foundation beds // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2009. T. 05. №12. S. 13-22.
- [65].Ivanov V.V., Yereimin V.Ya. Sovremennyye tekhnologii i materialy dlya stroitelstva, remonta i rekonstruktsii fundamentov zdaniy // *Gradostroitelstvo. 2014. № 1 (29). S. 78-81. (rus)*
- [66].Abelev M.Yu., Tokin A.N., Shaposhnikov A.V. Primeneniye zakreplennykh gruntov dlya ustroystva fundamentov v lessovykh prosadochnykh gruntakh // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2008. № 4. S. 38-40. (rus)*
- [67].Shumilov S.I., Abelev K.M., Bakhronov P.P., Korenkov A.V. Osobennosti proizvodstva rabot pri ukreplenii gruntov osnovaniy i usilenii fundamentov rekonstruiruyemykh zdaniy na slabykh gruntakh M.: *Vestnik MGSU. 2009. № 1. S. 86-89. (rus)*
- [68].Bugrov A.K. Mekhanika gruntov, metody polevogo opredeleniya kharakteristik gruntov. // *Uchebnoye Posobiye. Federalnoye agentstvo po obrazovaniyu. M.: Sankt-Peterburgskiy gos. politekhnicheskii un-t. Sankt-Peterburg. 2006. (rus)*
- [69].Khristoforov A.I., Kuzmin D.I., Kuzmin I.B. Snizheniye raskhoda tsementa v modifitsirovannykh melkozernistykh betonnykh smesyakh // *Stroitelstvo i rekonstruktsiya. 2010. № 3-29. S. 70-75. (rus)*
- [70].Khristoforov A.I., Khristoforova I.A., Yeropov O.L. Uluchsheniye svoystv tsementno-peschanogo betona putem vvedeniya pav i organicheskikh veshchestv v betonnyuyu smes. // M.: *Vestnik Tambovskogo universiteta. 2012. T. 17. № 2. S. 714-717. (rus)*

- [71].Bogomolov V.A. Metod vysokonapornoy inyeksii svyaznykh gruntov pri ustroystve i usilenii osnovaniy i fundamentov. [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk] // M.: Yekaterinburg. 2002 (rus)
- [72].Medvedev S.N. Tekhnologiya ustroystva osnovaniy i fundamentov zdaniy na sezonnopromerzayushchikh gruntakh. [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk] // M.: Moskva. 2006 (rus)
- [73].Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lakhtinen P. Primeneniye zol i zoloshlakovykh otkhodov v stroitelstve // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. №4. S. 16-21. (rus)
- [74].Mariko O. Experimental analysis and flexural behavior of reinforced-concrete beams reinforced with glass-fiber-reinforced-polymers // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. №4. S. 5-12.
- [75].Svintsov A.P., Rogov V.A., Kvarthenko K.V., Shkilenko A.S. Tekhnologiya vozvedeniya fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2010. №37. S. 59-61. (rus)
- [76].Usherov-Marshak A.V. Dobavki v beton: progress i problem // Stroitelnyye materialy. 2006. № 10. S. 8-13. (rus)
- [77].Vovk A.I. Sovremennyye dobavki v beton dlya sovremennogo stroitelstva // Stroitelnyye materialy. 2006. № 10. S. 34-36. (rus)
- [78].Ivanov I.K. Primeneniye khimicheskikh dobavok v beton - klyuch k resheniyu tekhnologicheskikh problem // Stroitelnyye materialy. 2006. № 10. S. 36-38. (rus)
- [79].Simakina G.N. Vysokoprochnyy dispersno-armirovanny beton. [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk] // Penzenskiy gosudarstvennyy universitet arkhitektury i stroitelstva. M.: Penza. 2006 (rus)
- [80].Vinogradova Ye.V. Vysokoprochnyy bystrotverdeyushchiy beton s kompensirovannoy usadkoy. [Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk] // Rostovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet. M.: Rostov-na-Donu.2006. (rus)
- [81].Zotov M.V., Gusarenko S.P., Skibin M.G. Level-adjustable foundations for monolithic reinforced-concrete buildings // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2010. T. 47. №2. S. 58-61.(rus)
- [82].Usmanov R.A. Ustroystvo fundamentov na neodnorodnykh osnovaniyakh, podstilyayemykh slabymi vodonasyshchennymi lessovymi gruntami // M.: Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2008. №2. S. 56-61. (rus)
- [83].Bogdanov M.I. Grunty, sotvoreniye chuda. // Inzhenernaya geologiya. 2010. №4. S. 4-5. (rus)
- [84].Morgun A., Pishenin I., Morgun I. Problems of non-linear interaction of structures with natural foundation and their modelling applying the method of boundary elements // Visnik Vinnitskogo politekhnichnogo institutu. 2004. №5. S. 10-13.
- [85].Fiedler S., Nelson C., Soil stiffness gauge for soil compaction control // Public Roads. 1998. Vol. 61. Issue 5. Pp. 5-10.
- [86].Effects of magnetized water on soil chemical components underneath trickle irrigation / Mostafazadeh-Fard B., Khoshravesh M., Mousavi S.F., Kiani A.R. // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2012. Vol. 138. Issue 12. Pp. 1075-1081.
- [87].Jiangyuan H., Chung D.L. Cathodic protection of steel reinforced concrete facilitated by using carbon fiber reinforced mortar or concrete// Cement and Concrete Research. 1997. Vol. 27. Issue 5. Pp. 649-656.
- [88].Dry C., Corsaw M. A comparison of bending strength between adhesive and steel reinforced concrete with steel only reinforced concrete// Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33. Issue 11. Pp. 1723-1727.
- [89].Constitutive modeling of reinforced concrete and prestressed concrete structures strengthened by fiber-reinforced plastics / Hu H.-T., Lin F.-M., Liu H.-T., Huang Y.-F., Pan T.-C. // Composite Structures. 2010. Vol. 92. Issue 7. Pp. 1640-1650.
- [90].Andreyeva A.V., Burenina O.N. Tekhnologiya proizvodstva stroitelnykh materialov na osnove glinistogo syrya i otkhodov derevoobrabotki // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2009. Vol. 11. Issue 5-2. Pp. 246-249.

Рамазанов А.А., Бадаева А.Д., Ланин Е.Б., Алнашаш Т.А. Грунтобетон в закладке фундамента // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №3(30). С. 111-129.

Ramazanov A.A., Badaeva A.D., Lanin E.B., Alnashash T.A. Soil-concrete in a foundation construction. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 3(30), Pp. 111-129. (rus)