

УДК 691.4:62-217

В.В. РЕМНЁВ, д-р техн. наук, профессор, руководитель Центра специальных бетонов и конструкций (rema97776952@yandex.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Центр № 11 (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

Возможности применения грунтобетонов для изготовления фундаментных и дорожных плит

Дано определение грунтобетона, используемого для изготовления фундаментных и дорожных плит в заводских условиях. Приведены характеристики и свойства применяемых грунтов. Представлена технологическая схема изготовления изделий из грунтобетона. Указаны экспериментальные составы грунтобетона различных марок. В заводских условиях апробирована технология изготовления изделий из грунтобетона. Плиты, получаемые при двухстадийном вибрировании под пригрузом, обладают стабильными прочностными характеристиками, требуемой водо- и морозостойкостью для обеспечения их длительного срока службы.

Ключевые слова: грунтобетон, фундаментные плиты, дорожные плиты, технологическая схема заводского производства, портландцемент, марка (класс) грунтобетона.

Для цитирования: Ремнёв В.В. Возможности применения грунтобетонов для изготовления фундаментных и дорожных плит // Бетон и железобетон. 2021. № 5–6 (607–608). С. 48–51.

V.V. REMNEV, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Center for Special Concrete and Structures (rema97776952@yandex.ru)
Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel’sstvo”, Center No. 11 (6, build. 5, 2-nd Institut’skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Possibilities of Using Soil-Concrete for the Manufacture of Foundation and Road Slabs

The definition of soil-concrete used for the manufacture of foundation and road slabs in factory conditions is given. The characteristics and properties of the applied soils are considered. The technological scheme for the manufacture of the soil-concrete products is presented. Experimental compositions of soil-concrete of various grades are indicated. The technology of manufacturing products from soil-concrete has been tested in the factory. The slabs obtained by two-stage vibration under loading have stable strength characteristics, the required water and frost resistance to ensure their long service life.

Keywords: soil-concrete, foundation slabs, road slabs, technological scheme for factory production, Portland cement, grade of soil-concrete.

For citation: Remnev V.V. Possibilities of using soil-concrete for the manufacture of foundation and road slabs. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2021. No. 5–6 (607–608), pp. 48–51. (In Russian).

В настоящее время закономерен интерес к созданию новых технологий производства строительных материалов на основе дешевых местных грунтов и различных побочных продуктов промышленности. Такие технологии имеют значительное экономическое, экологическое и научное значение. К ним можно отнести грунтобетон [1–3]. Грунтобетон – строительный материал, получаемый полусухим способом из грунтов (глин, суглинков, супесей и т. п.), связывающих веществ, воды и различных добавок. Высокая технико-экономическая эффективность и экологическая рациональность технологии грунтобетона определяются относительно низкой энергоресурсоемкостью их производства, что расширяет потенциальные возможности сырьевой базы строительства в целом. Реализация подобных материальных резервов связана с проблемами управления процессами ускоренного структурообразования, надежностью и долговечно-

стью материала, в первую очередь по показателям прочности, деформативности, морозостойкости, обуславливающих меру эффективности применения строительных изделий из грунтобетона [4, 5].

Цель работы заключалась в разработке технологии получения грунтобетона, включающего глиносо-держающие природные продукты, как композиционного материала с достаточно высокой прочностью и долговечностью.

Широкий диапазон используемых компонентов в грунтобетоне позволяет применять его практически во всех регионах России, особенно там, где существуют трудности в качественных заполнителях для обычных цементных бетонов [6].

Практика показывает, что в грунтобетонах возможно применение:

– в качестве связующих – портландцементов, шлакопортландцементов, шлакощелочных вяжущих

(на основе гранулированных шлаков различных производств), известково-шлаковых и т. д.;

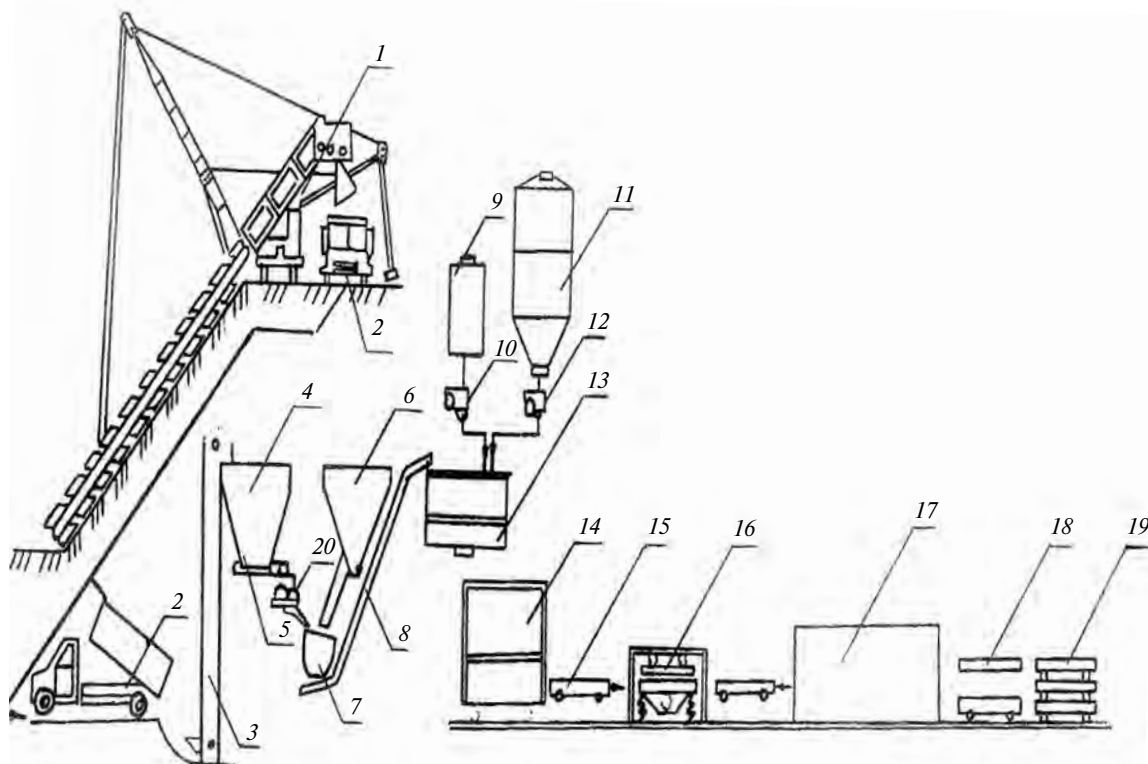
– в качестве добавок – золошлаковых, отвальных шлаков металлургических производств, горелой породы шахтных терриконов, нефелиновых шламов, ферросплавных, саморассыпающихся шлаков и т. д.

В предлагаемой работе рассматривается вариант получения грунтобетонных изделий в заводских (стационарных) условиях на основе портландцементов. Технологическая схема изготовления изделий из грунтобетона различных классов по прочности представлена на рисунке.

Грунт из карьера с помощью многоковшового экскаватора 1 срезается в виде тонкой стружки, загружается в автосамосвал 2, доставляется к месту формирования, загружается в приемный лоток ковшового элеватора 3 и подается в бункер 4. Аналогичным образом заполняется песком бункер 6. В дозирующую тележку 7 скипового подъемника 8 сначала самотеком загружается определенное количество песка из бункера 6, а затем с помощью транспортера 5 через валцы тонкого помола 20 подается грунт. Соотношение дозируемых материалов должно обеспечивать получение искусственной супеси

с содержанием глинистых частиц в пределах 5–6%. Отдозированные материалы с помощью скипового подъемника 8 загружаются в работающий смеситель 13 принудительного действия, где в течение 30 с производится перемешивание грунта и песка. Затем в смеситель из емкости 11 через дозаторы 12 загружается цемент, часть которого, проходя через активатор 21, активируется. Перемешивание сухих компонентов продолжается еще 30 с, после чего из бака 9 через дозатор 10 в смеситель подается вода, количество которой с учетом влажности грунта и песка должно обеспечить заданную влажность смеси. Общая продолжительность перемешивания смеси ориентировочно составляет 2,5–3 мин.

Свежеприготовленная смесь через бетонораздатчик 14 подается в форму 15, в которую предварительно должен быть уложен арматурный каркас. Перемещаясь на катках, форма 15 подается на установку для формирования 16, которая включает в себя виброплощадку с управляемой вибрацией и пригрузочное устройство. Уплотнение грунтобетонной смеси в форме производится под давлением пригруза $P=0,021\text{--}0,023$ МПа с амплитудой колебания виброплощадки $a=0,85\text{--}0,9$ мм и при частоте коле-



Технологическая схема производства изделий из грунтобетона: 1 – многоковшовый экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – ковшовый элеватор; 4 – бункер; 5 – транспортер; 6 – бункер для песка; 7 – дозирующая тележка; 8 – скиповый подъемник; 9 – бак; 10 – дозатор воды; 11 – емкость с цементом; 12 – дозаторы; 13 – смеситель; 14 – бетонораздатчик; 15 – форма; 16 – установка для формирования; 17 – камера ТВО; 18 – пост распалубки; 19 – склад готовой продукции; 20 – валцы тонкого помола

Technological scheme for the manufacture of products from soil-concrete: 1 – multi-bucket excavator; 2 – dump truck; 3 – bucket elevator; 4 – bunker; 5 – conveyor; 6 – sand bunker; 7 – dosing cart; 8 – skip hoist; 9 – tank; 10 – water dispenser; 11 – container with cement; 12 – dispensers; 13 – mixer; 14 – concrete distributor; 15 – form; 16 – installation for molding; 17 – heat and moisture treatment camera; 18 – demoulding station; 19 – finished goods warehouse; 20 – fine rollers

баний $f=17\text{--}32$ Гц в течение $t=20\text{--}25$ с, затем при $f=48\text{--}52$ Гц при $t=125\text{--}135$ с.

При агрегатно-поточной технологии форма со свежееотформованным изделием подается краном в камеру 17 для тепловлажностной обработки и после пропаривания поступает на пост распалубки 18. Изделия после контроля отправляются на склад готовой продукции 19.

Тепловая обработка грунтобетонных изделий должна обеспечивать достижение нормируемой отпусковой прочности бетона и прочности в проектном возрасте.

Рекомендуемый режим ТВО:

- выдерживание при положительной температуре в камере во влажных условиях не менее 2 ч;
- подъем температуры до $t=90^\circ\text{C} - 3$ ч;
- изотермический прогрев – 8 ч;
- охлаждение до $t=40^\circ\text{C} - 2$ ч.

Из грунтобетона классов по прочности В10–В25 при двухстадийном вибрировании под пригрузом предлагается изготовление изделий:

- фундаментных плит – для ленточных фундаментов применительно к зданиям малой этажности (преимущественно в сельском строительстве);
- дорожных плит – для покрытий временных автомобильных дорог, что позволяет сократить расход цемента, а также расширить сырьевую базу в сочетании с ее максимальным приближением к месту изготовления изделий.

Номенклатура и основные характеристики грунтобетонных изделий приведены в табл. 1 и 2.

Для приготовления грунтобетонных смесей следует применять:

- а) в качестве вяжущего – портландцемент и шлакопортландцемент марки не ниже 400, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 10178–85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия»;
- б) в качестве заполнителей:
 - лессовидные супесчаные и суглинистые грунты с физическими свойствами, указанными в табл. 3;
 - песок, отвечающий требованиям ГОСТ 8736–14 «Песок для строительных работ. Технические условия»;
- в) воду затворения – по ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

Оптимизацию гранулометрического состава и пластичности смеси в соответствии с табл. 3 проводят путем добавления песка или глинистых фракций.

Состав грунтобетонной смеси подбирается лабораторией предприятия-изготовителя и корректируется в зависимости от изменения вида и качества сырья и (или) технологии производства таким образом, чтобы обеспечить получение смеси с заданными свойствами при наименьшем расходе цемента.

Таблица 1
Table 1

Номенклатура и характеристики фундаментных плит высотой 300 мм
Nomenclature and characteristics of foundation slabs with a height of 300 mm

Ширина, мм	Длина, мм	Объем бетона, м ³	Масса изделия, кг
1600	230	0,987	2170
	1180	0,486	1070
	780	0,320	704
1400	2380	0,845	1880
	1180	0,416	915
	780	0,247	600
1200	2380	0,703	1550
	1180	0,347	763
	780	0,228	502
1000	2380	0,608	1340
	1180	0,3	660
	780	0,197	443
800	2380	0,557	1230
	1180	0,274	603

Таблица 2
Table 2

Характеристики дорожных плит из грунтобетона
Characteristics of road slabs of soil-concrete

Высота плиты, мм	Масса плиты, кг	Объем бетона, м ³
Плиты размером 1,5×1,75 м		
180	1040	0,46
Плиты размером 1,5×3 м		
180	1780	0,8

Таблица 3
Table 3

Характеристики воздушно-сухого грунта
Characteristics of air-dry soil

Характеристики	Предельные значения
Гранулометрический состав (% массы воздушно-сухого грунта*):	
Песчаные частицы фракции 2–0,25 мм	20–40
Фракции 0,25–0,05 мм	20–40
Пылеватые фракции 0,05–0,005 мм	15–50
Глинистые фракции менее 0,005 мм	5–9
Пластичность**	0,02–0,05
Водородный показатель pH	>7
Содержание водорастворимых солей, %	<3
* Определяется по ГОСТ 12536–2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».	
** Определение границ текучести и раскатывания грунта производится по ГОСТ 5183–77 «Грунты. Методы лабораторного определения границ текучести и раскатывания».	

Опытные составы грунтобетона приведены в табл. 4.

Для определения влажности смеси отбирают три пробы из различных участков замеса. При непрерывной подаче смеси (ленточными транспортерами) отбор проб производят в три приема с интервалом в 1 мин. Влажность смеси следует определять не позднее чем через 10 мин после отбора пробы.

Таблица 4
Table 4

Опытные составы грунтобетона
Experienced composition of soil-concrete

Марка (класс) грунтобетона*	Расход материалов, кг, на 1 м ³ грунтобетона класса, кг				
	Цемент марки 400	Супесь ($J_p=0,02-0,05$)	Суглинок ($J_p=0,1-0,12$)	Песок ($M_{кр}=1,2-1,4$)	Вода
B5 (M100)	290	1680	420	1260	230
B10 (M150)	320	1650	410	1240	235
B15 (M200)	360	1610	400	1210	
B25 (M300)	520	1440	360	1080	240

* При коэффициенте вариации 13,5% (ГОСТ 27006–2019 «Бетоны. Правила подбора состава»).

В качестве арматуры следует применять горячекатаную арматурную сталь периодического профиля классов А-П и А-Ш по ГОСТ 5181–82 «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия».

Сварные арматурные изделия и закладные детали должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10922–2012 «Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия», сварные сетки – требованиям ГОСТ 8478–81 «Сетки сварные для железобетонных конструкций. Технические условия».

Монтажные петли следует изготавливать из горячекатаной гладкой арматурной стали класса А-I по ГОСТ 5781–82 марок ВСт3сп2 и ВСт3гс2 по ГОСТ 380.

Стержневую арматуру испытывают при растяжении (по ГОСТ 12004–81 «Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение») и при изгибе в холодном состоянии (по ГОСТ 14019–2003 (ИСО 7438:1985) «Материалы металлические. Метод испытания на изгиб»).

Таким образом, предложена апробированная заводская технология изготовления фундаментных и дорожных плит из грунтобетона. Изделия, получаемые при двухстадийном вибрировании под пригрузом, обладают стабильными прочностными характеристиками, требуемой водо- и морозостойкостью для обеспечения их длительного срока службы.

Список литературы

1. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. М., 1986. 328 с.
2. Бойчук В.С. Проектирование сельскохозяйственных дорог и площадок. М.: Колос, 1996. 207 с.
3. Грушко И.М., Борщ И.М., Королёв И.В. Дорожно-строительные материалы. М.: Транспорт, 1991. 357 с.
4. Пичугин А.П., Гришина В.А., Язиков И.К. Моделирование физических и физико-химических процессов, происходящих в укрепленном грунте. Ма-

териалы и изделия для ремонта и строительства: Международный сборник научных трудов. Новосибирск, 2006. С. 114–117.

5. Пичугин А.П., Гришина В.А., Язиков И.К. Деформационные процессы в укрепленных грунтах. Экология и новые технологии в строительном материаловедении: Международный сборник научных трудов. Новосибирск, 2010. С. 74–75.
6. Петкявичус К., Подагелис И., Лауринавичус А. Возможности использования местных нерудных материалов при строительстве и ремонте автомобильных и железных дорог // Строительные материалы. 2006. № 3. С. 32–35.

References

1. Babkov V.F., Bezruk V.M. Osnovy gruntovedeniya i mehaniki gruntov [Fundamentals of soil science and mechanics]. Moscow. 1926. 328 p.
2. Boichuk V.S. Proektirovanie sel'skhozajstvennyh dorog i ploshhadok [Design of agricultural roads and sites]. Moscow: Kolos. 1996. 207 p.
3. Grushko I.M., Borshch I.M., Korolev I.V. Dorozhno-stroitel'nye materialy [Road construction materials]. M. Transport. 1991. 357 p.
4. Pichugin A.P., Grishina V.A., Yazikov I.K. Modeling of physics and physicochemical processes occurring in reinforced soils. *Materials and products for repair and construction. International collection of science papers*. Novosibirsk. NGAU. 2006, pp. 114–117. (In Russian).
5. Pichugin A.P., Grishina V.A., Yazikov I.K. Deformation processes in reinforced soils. *Ecology and new technologies in construction materials science. International collection of science papers*. Novosibirsk. 2010, pp. 74–75. (In Russian).
6. Petkyavichius K., Podagelis I., Kaurinavichus A. Possibilities of using of local non-metallic materials in the construction and repair of roads and railways. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2006. No. 3, pp. 32–35. (In Russian).