

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2738072

### СЫРЬЕВАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКОГО ЗОЛОБЕТОНА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Смирнов Юрий Дмитриевич (RU), Сучкова Марина Вячеславовна (RU), Сверчков Иван Павлович (RU), Матвеева Вера Анатольевна (RU)*

Заявка № 2020115726

Приоритет изобретения 13 мая 2020 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 07 декабря 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 13 мая 2040 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев





(51) МПК  
*C04B 28/04* (2006.01)  
*C04B 38/06* (2006.01)  
*C04B 111/20* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*C04B 28/04 (2020.08); C04B 38/06 (2020.08); C04B 2111/20 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2020115726, 13.05.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 13.05.2020

Дата регистрации:  
 07.12.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.05.2020

(45) Опубликовано: 07.12.2020 Бюл. № 34

Адрес для переписки:  
 199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
 Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Смирнов Юрий Дмитриевич (RU),  
 Сучкова Марина Вячеславовна (RU),  
 Сверчков Иван Павлович (RU),  
 Матвеева Вера Анатольевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
 образовательное учреждение высшего  
 образования «Санкт-Петербургский горный  
 университет» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2355657 C2, 20.05.2009. RU  
 2256632 C1, 20.07.2005. RU 2278848 C1,  
 27.06.2006. RU 2148050 C1, 27.04.2000. RU  
 2350709 C1, 27.03.2009. RU 2392246 C1,  
 20.06.2010. CN 103896525 A, 02.07.2014.

(54) СЫРЬЕВАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКОГО ЗОЛОБЕТОНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к производству строительных материалов, в частности к производству стеновых блоков. Сырьевая смесь для производства легкого золобетона включает, мас. %: портландцемент М500 Д0 22,50-23,75, песок речной 76,25-77,50, золу сжигания осадка

сточных вод 5,0-10,0 (от массы указанного цемента), воду затворения до В/Ц 0,5. Технический результат - повышение прочности легкого золобетона, утилизация отходов. 4 табл., 5 пр.

RU 2 738 072 C1

RU 2 738 072 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C04B 28/04* (2006.01)  
*C04B 38/06* (2006.01)  
*C04B 111/20* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C04B 28/04 (2020.08); C04B 38/06 (2020.08); C04B 2111/20 (2020.08)*

(21)(22) Application: **2020115726, 13.05.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**13.05.2020**

Registration date:  
**07.12.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **13.05.2020**

(45) Date of publication: **07.12.2020 Bull. № 34**

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,  
Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Smirnov Iurii Dmitrievich (RU),  
Suchkova Marina Viacheslavovna (RU),  
Sverchkov Ivan Pavlovich (RU),  
Matveeva Vera Anatolevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**

(54) **CRUDE MIXTURE FOR PRODUCTION OF LIGHT CORRUGATED CONCRETE**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: invention relates to production of construction materials, particularly, to production of wall blocks. Raw mixture for light fibre concrete production contains, wt. %: Portland cement M500 D0 22.50–23.75, river sand 76.25–77.50, sewage sludge

combustion ash 5.0–10.0 (based on said cement weight), tempering water to W/D 0.5.

EFFECT: technical result is upgraded strength of light corrugated concrete, recycling wastes.

1 cl, 4 tbl, 5 ex

**RU 2 738 072 C1**

**RU 2 738 072 C1**

Изобретение относится к производству строительных материалов в области использования отходов сжигания в качестве наполнителей для бетона, позволяет эффективно утилизировать многотоннажные отходы, например, золу сжигания осадка сточных вод, с перспективой использования полезной продукции в условиях городской среды, в частности, для производства стеновых блоков.

Известна сырьевая смесь для приготовления золощелочного бетона (патент РФ № 2554966, опубл. 10.07.2015 г.), включающая заполнитель и вяжущее, причем вяжущее состоит из золы-уноса II поля с истинной плотностью  $\rho_{и} = 2590-2800 \text{ кг/м}^3$  и потерями после прокаливания 3,1-4,9%, полученной от сжигания бурого угля КАТЭКа на Иркутской ТЭЦ-7, и жидкого стекла с силикатным модулем  $n = 0,9-1,4$  и плотностью  $\rho = 1,36-1,38 \text{ г/см}^3$ , изготовленного из техногенного отхода Братского ферросплавного завода - микрокремнезема с истинной плотностью  $\rho_{и} = 2120-2280 \text{ г/см}^3$ , а в качестве заполнителя используется отсев от дробления диабазовых масс на щебень с истинной плотностью  $\rho_{и} = 2850-3120 \text{ кг/м}^3$ , прочностью по дробимости 10,4-13,1% при соотношении зерен фракций, мас. %:

фр. 5 мм	55,0
фр. 2,5 мм	27,3
фр. 1,25 мм	2,75
фр. 0,63 мм	4,64
фр. 0,315 мм	3,62
фр. 0,14 мм	6,69

и модулем крупности 4,47 при следующем соотношении компонентов сырьевой смеси, мас. %:

Указанная зола-унос II поля	21,74-22,22
Указанное жидкое стекло	11,12-13,04
Указанный отсев от дробления диабаз	65,22-66

Недостатком данного состава является использование в качестве вяжущего золы-уноса II поля ТЭЦ, поскольку данный отход ограничен в применении лишь рассматриваемой ТЭЦ.

Известна сырьевая смесь для изготовления мелкозернистого бетона (патент РФ № 2613065, опубл. 15.03.2017 г.), которая содержит портландцемент, золу от сжигания угля, отличающаяся тем, что дополнительно содержит суперпластификатор С-3, молотое и просеянное через сито №063 силикатное стекло, просеянный через сито №5 электрокорунд при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Портландцемент	28,0-30,0
Зола от сжигания угля	55,3-58,5
Суперпластификатор С-3	0,5-0,7
Молотое и просеянное через сито №063 силикатное стекло	9,0-12,0
Просеянный через сито №5 электрокорунд	2,0-4,0
При водоцементном отношении	0,4-0,5

Недостатком данной смеси является необходимость дополнительной подготовки большого числа составляющих компонентов, а также невысокие прочностные показатели мелкозернистого бетона, изготавливаемого из данной сырьевой смеси.

Известна сырьевая смесь для изготовления легкого бетона (патент РФ № 2259976,

опубл. 10.09.2005 г.), которая в качестве компонентов содержит малоклинкерный шлакопортландцемент, гранулированный доменный шлак, каменноугольную золу электростанций, пенообразующее поверхностно-активное вещество, химическую добавку и воду, дополнительно содержит каменноугольную золу с насыпной плотностью 5 350...500 кг/м<sup>3</sup>, состоящую из стекловидных частиц в виде полых микросфер, а в качестве поверхностно-активного вещества и химической добавки - оксиэтилен при следующем соотношении компонентов, мас. %:

10	Малоклинкерный шлакопортландцемент	20...25
	Гранулированный доменный шлак	19...33
	Каменноугольная зола	24...35
	Оксиэтилен	0,02...0,07
	Вода	Остальное

15 Недостатком данной смеси является использование химической добавки (оксиэтилена), которая отличается повышенной огне- и взрывоопасностью, а также характеризуется высокой токсичностью.

Известна бетонная смесь (патент РФ № 2463271, опубл. 10.10.2012 г.), включающая цемент, активированную золу ТЭЦ, песок, крупный заполнитель и воду, отличающаяся тем, что используют золу уноса, при этом бетонная смесь дополнительно содержит 20 мелкую фракцию до 3 мм и крупную фракцию от 5 мм до 20 мм асфальтобетонного гранулята при следующем соотношении компонентов в материале мас.ч.:

25	Цемент	356
	Зола уноса	89
	Песок	561
	Крупный заполнитель	685
	Асфальтобетонный гранулят (мелкая ф. до 3 мм)	50
	Асфальтобетонный гранулят (крупная ф. 5 мм-20 мм)	468
	Вода	180

30 Недостатками данного состава являются необходимость активации золы ТЭЦ, а также потребность смеси в больших объемах крупного заполнителя.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату является сырьевая смесь для получения зольных бетонов (патент РФ № 2355657, опубл. 20.05.2009 г.), принятая за прототип, включающая жидкое стекло из микрокремнезема плотностью 35 1,38 г/см<sup>3</sup>, золу - зола гидроудаления Омской ТЭЦ-5, полученная от сжигания Экибастузского угля, песок речной и дополнительно – портландцемент М400 и воду, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

40	Портландцемент М400	24,10-24,15
	Песок речной	73,00-73,07
	Указанное жидкое стекло (от массы указанного портландцемента)	1,50-1,52
	Указанная зола (от массы указанного портландцемента)	9,8-10,0
	Вода	до В/Ц 0,5

45 Недостатками данной сырьевой смеси являются необходимость затворения смеси жидким стеклом из микрокремнезема, а также недостаточное обоснование соответствия свойств указанной золы гидроудаления как компонента зольного бетона нормативной документации.

Техническим результатом является создание состава с высокими прочностными

свойствами.

Технический результат достигается тем, что используют портландцемент М500 Д0, в качестве золы используют золу сжигания осадка сточных вод при следующем соотношении компонентов, мас. %:

5

портландцемент М500 Д0	22,50-23,75
песок речной	76,25-77,50
зола сжигания осадка сточных вод (от массы указанного цемента)	5,0-10,0
вода затворения	до В/Ц 0,5.

10

Сырьевая смесь для производства легкого золобетона включает в себя следующие реагенты и товарные продукты, их содержащие:

- портландцемент М500 Д0 по ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия» (введ. 01.01.1987). Нормированный портландцемент не содержит активных минеральных добавок. Его применение в

15

указанной дозировке 22,50-23,75 мас. % при использовании марки М500 увеличивает прочность конечного продукта;

- песок речной для строительных работ крупно- или среднезернистый по ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» (введ. 04.01.2015).

20

Применение песка в качестве мелкого заполнителя при соотношении цементного и песчаного компонентов как 1:3 обеспечивает оптимальную плотность упаковки бетона;

- вода затворения по ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» (введ. 10.01.2012) до водоцементного соотношения В/Ц 0,5. Требуемое количество воды затворения уточняется в ходе исследования нормальной густоты цементного теста согласно ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения

25

нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» (введ. 01.01.1978) с использованием прибора Вика.

- зола сжигания осадка сточных вод. Отход образуется в результате деятельности заводов сжигания осадка сточных вод. На сжигание в печах псевдоожиженного слоя направляется кек – обезвоженная смесь сырого осадка первичных отстойников и

30

избыточного активного ила с илоуплотнителями. Внешне отход представляет собой коричневатый тонкодисперсный порошок. Результаты испытаний золы представлены в таблице 1. Отход охарактеризован как кислая (кремниевая) легкая зола. Коэффициент неоднородности гранулометрического состава  $K_n = 0,45$ ; дисперсность (по остатку на сите 0045) соответствует 3-му классу. Зола удовлетворяет основным требованиям по

35

химическому составу (содержанию оксидных форм CaO, включая содержание свободного CaO, MgO, SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O), а также входит в допустимый диапазон значений влажности, плотности и крупности. Для кислых зол суммарное содержание SiO<sub>2</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не должно быть меньше 65% масс. Установленное значение (61,87%

40

масс.) несколько ниже требуемого показателя. Ввиду того, что метод РФА является полуколичественным, результат можно считать удовлетворяющим требованию. Применение золы в допустимо, если при проведении дальнейших испытаний будут

обеспечиваться требуемые показатели золобетона.

45

Таблица 1 - Результаты испытаний состава и свойств отхода как компонента сырьевой смеси.

№ п/п	Показатель	Значение	Требование	Соответствие требованию
1	2	3	4	5

5	Ci, % масс.	SiO <sub>2</sub>	34,66	≥ 25%	+
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,93	см. SiO <sub>2</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,28		
		SiO <sub>2</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	61,87		
		CaO	8,68	< 10%	Кислая зола
				≤ 10%	+
		MgO	3,53	≤ 5%	+
		SO <sub>3</sub>	1,86	≤ 5%	+
	Na <sub>2</sub> O	1,35	≤ 3%	+	
10	Влажность, %		0,46	≤ 1%	+
	Остаток на сите 008, %		43	≤ 30%	Допускается больший остаток на сите
	Остаток на сите 0045, %		60	> 40%	3 класс дисперсности
	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>		2,64	> 2 г/см <sup>3</sup>	Заполнитель плотный
	Модуль кислотности		1,83	> 1	Кислая зола
15	CaO свободный, %		0,56	≤ 1%	+
	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>		0,62	< 0,8 г/см <sup>3</sup>	Легкая зола
				≤ 1,3 г/см <sup>3</sup>	Для легких бетонов

\*метод РФА является полуколичественным, поэтому полученное значение считается удовлетворяющим требованию.

Для получения сравнительных данных о прочностных характеристиках золобетона в одинаковых условиях подготовлены образцы-балочки из предлагаемой сырьевой смеси. Золоцементное тесто приготовлено ручным способом, с использованием чаши и лопатки. Испытания прочности образцов при изгибе (с помощью приспособления к прессу ПИ) и при сжатии (с использованием прессы гидравлического настольного) выполнены в стандартном возрасте 28 суток хранения в камере нормального твердения при температуре 20±2°С и относительной влажности 95% по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» (введ. 07.01.2013), ГОСТ 12730.1-78 «Бетоны. Методы определения плотности» (введ. 01.01.1980).

По результатам испытаний образцам золобетона присвоены класс или марка по следующим параметрам: плотность (марка D), прочность на изгиб (класс Btb) и на сжатие (класс B, марка M) в соответствии с ГОСТ 25820-2014 «Бетоны легкие. Технические условия» (введ. 07.01.2015).

Композиция сырьевой смеси с использованием предлагаемых компонентов в указанных диапазонах соотношений, мас.% (таблица 2), позволяет обеспечить следующие свойства смеси, приведенные в таблице 3.

№ п/п	Портландцемент	Зола сжигания осадка сточных вод	Песок речной	Суммарное содержание цементного и песчаного компонентов	В/Ц
	Мас.%	Мас.% (от массы цемента)	Мас.%	Мас.%	
Контроль	25	0	75	100	0,5
1	23,75	5	76,25	100	0,5
2	22,5	10	77,5	100	0,5
3	21,25	15	78,75	100	0,8
4	20	20	80	100	1
5	18,75	25	81,25	100	1,2
6	17,5	30	82,5	100	1,4
7	12,5	50	87,5	100	1,4

Таблица 3 - Результаты испытаний образцов золобетона.

№ п/п	Мас.% цемента, замененный золой	Плотность		Прочность на изгиб		Прочность на сжатие		
		г/см <sup>3</sup>	Марка D	МПа	Класс Btb	МПа	Класс B	Марка M
Контроль	0	1,35	1300	2,16	2	19,50	15	200
1	5	1,33		2,05		16,84		
2	10	1,31		2,00		15,69		
3	15	1,28	1200	1,42	1,2	10,25	10	150
4	20	1,28		1,23		9,40	7,5	100
5	25	1,25		1,17	0,8	7,29	5	75
6	30	1,20		1,11		7,25		
7	50	1,10	1100	0,73	0,4	3,74	3,5	50

По итогам испытаний подтверждена сохранность прочностных свойств бетона при замене золой до 10% цемента по массе в составе цементно-песчаной смеси, что характеризуют установленные класс и марки золобетона (D1300/Btb2/B15/M200).

Анализ полученных данных показывает, что легкий золобетон на основе предлагаемой сырьевой смеси характеризуются достаточно высокими показателями прочности, соответствующими прочностным показателям бетона по прототипу. При этом предлагаемая сырьевая смесь более технологична, чем известные аналоги, так как при использовании в качестве вяжущего золы сжигания осадка сточных вод не требуется дополнительной обработки компонента и внесения добавок.

Состав поясняется следующими примерами (таблица 4):

Пример №1.

Для производства стеновых блоков из золобетона требуется 1000 кг сырьевой смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод, при этом соотношение цементного и песчаного компонентов установлено как 1:3, водоцементное соотношение В/Ц 0,5, а зола заменяет собой 10 мас.% цемента. Плотность строительного материала составит 1,31 г/см<sup>3</sup>, показатель прочности на сжатие 15,69 МПа.

Пример №2.

Для производства стеновых блоков из золобетона требуется 450 кг сырьевой смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод, при этом соотношение цементного и песчаного компонентов установлено как 1:3, водоцементное соотношение В/Ц 0,5, а зола заменяет собой 6 мас.% цемента. Плотность строительного материала составит 1,33 г/см<sup>3</sup>, показатель прочности на сжатие 16,5 МПа.

Пример №3.

Для производства стеновых блоков из золобетона требуется 212 кг сырьевой смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод, при этом соотношение цементного и песчаного компонентов установлено как 1:3, водоцементное соотношение В/Ц 0,5, а зола заменяет собой 7,5 мас.% цемента. Плотность строительного материала составит 1,32 г/см<sup>3</sup>, показатель прочности на сжатие 16,1 МПа.

Пример №4.

Для выполнения работ по стяжке пола на площади 100 м<sup>2</sup> требуется 2200 кг сырьевой смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод, при этом соотношение цементного и песчаного компонентов установлено как 1:3, водоцементное соотношение В/Ц 0,5, а зола заменяет собой 9,5 мас.% цемента. Плотность строительного материала составит 1,31 г/см<sup>3</sup>, показатель прочности на сжатие 16 МПа.

Пример №5. Для выполнения работ по стяжке пола на площади 315,25 м<sup>2</sup> требуется 6935,5 кг сырьевой смеси на основе золы сжигания осадка сточных вод, при этом

соотношение цементного и песчаного компонентов установлено как 1:3, водоцементное соотношение В/Ц 0,5, а зола заменяет собой 8,3 мас.% цемента. Плотность строительного материала составит 1,31 г/см<sup>3</sup>, показатель прочности на сжатие 16 МПа.

Таблица 4 - Результаты расчетов состава сырьевой смеси.

№ п/п	Портландцемент		Зола сжигания осадка сточных вод		Песок речной		Суммарное содержание цементного и песчаного компонентов		В/Ц
	Масса, кг	Мас.%	Масса, кг	Мас.%(от массы цемента)	Масса, кг	Мас.%	Масса, кг	Мас.%	
1	237,50	23,75	23,75	10	762,50	76,25	1000	100	0,5
2	105,75	23,5	6,35	6	344,25	76,5	450	100	0,5
3	48,76	23	3,66	7,5	163,24	77	212	100	0,5
4	500,50	22,75	47,55	9,5	1699,50	77,25	2200	100	0,5
5	70,93	22,5	5,89	8,3	244,32	77,5	315,25	100	0,5

Предлагаемая сырьевая смесь для производства легкого золобетона обладает значительным ресурсосберегающим эффектом за счет снижения потребности в цементе для производства бетона. Также преимуществом при внедрении строительного материала является полезная утилизация отходов путем вовлечения их в хозяйственный оборот с перспективой применения в целях ремонта автомобильных дорог, производства стеновых блоков, благоустройства городских территорий.

#### (57) Формула изобретения

Сырьевая смесь для производства легкого золобетона, включающая золу, портландцемент, песок речной и воду, отличающаяся тем, что используют портландцемент М500 Д0, в качестве золы используют золу сжигания осадка сточных вод при следующем соотношении компонентов, мас. %:

портландцемент М500 Д0	22,50-23,75
песок речной	76,25-77,50
зола сжигания осадка сточных вод (от массы указанного цемента)	5,0-10,0
вода затворения	до В/Ц 0,5