

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf>

Статья опубликована 09.12.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Баженов Ю.М., Воронин В.В., Алимов Л.А., Соловьев В.Н., Ларсен О.А. Эффективные малоцебеночные бетоны // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 691.32**

**Баженов Юрий Михайлович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва<sup>1</sup>  
Зав. кафедрой  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: zavkaf@list.ru

**Воронин Виктор Валерианович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: s-voronina191@yandex.ru

**Алимов Лев Алексеевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: AlimovLA@mgsu.ru

**Соловьев Виталий Николаевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: sol-v-n-@mail.ru

**Ларсен Оксана Александровна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: larsen.oksana@mail.ru

## **Эффективные малоцебеночные бетоны**

**Аннотация.** В статье показано, что для регионов, испытывающих нехватку крупных заполнителей возможно применение малоцебеночных бетонов, отличающихся повышенным содержанием песка. Были выделены составы с долей песка, характерные для малоцебеночных бетонов, имеющих наименьшую структурную вязкость. К этим составам при одинаковом времени уплотнения с помощью вибрации требования к удобоукладываемости малоцебеночных бетонов могут быть снижены в несколько раз. Это связано с тем, что

---

<sup>1</sup> 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

способность мащелочной бетонной смеси разжижаться при виброуплотнении более высокая. Следовательно, бетонные смеси лучше заполняют формы за более короткое время, то есть имеют повышенную формуемость, что позволяет применять более жесткие бетонные смеси с пониженным расходом цемента и воды. Исследование процесса истечения малощелочных бетонных смесей через калиброванное отверстие при вибрировании показало, что время истечения равноподвижных (с одинаковой осадкой стандартного конуса) сокращается в несколько раз. Применение более жестких малощелочных бетонных смесей приводит не только к снижению воды и цемента, но и повышению трещиностойкости, морозостойкости, прочности и водонепроницаемости. Таким образом, установлено, что применение малощелочных смесей вместо обычных бетонных смесей способствует повышению эффективности, так как приводит к снижению материальных и энергетических ресурсов.

**Ключевые слова:** малощелочные бетоны; структура; формуемость; вязкость; доля песка в смеси заполнителей; мелкий заполнитель. крупный заполнитель; текучесть

Установлено, что применение малощелочных бетонов (МЩБ) целесообразно во многих регионах, испытывающих дефицит крупного заполнителя [1]. Однако широкое применение малощелочных бетонов сдерживается, главным образом из-за повышенного расхода цемента [2, 3].

К малощелочным бетонам относят бетоны с расходом щебня менее  $1200 \text{ кг/м}^3$  с повышенным расходом мелкого заполнителя [4, 5]. Однако это ведет к повышению расхода воды затворения и цемента.

Эти составы более подвижные и, как следствие, в случае применения равноподвижных бетонных смесей, которые должны уплотняться одинаковое время, имеют пониженное В/Ц со сниженным расходом цемента.

Для проверки этого утверждения были использованы портландцемент ЦЕМ I 32,5Н Воскресенского завода с содержанием  $S_3A$  менее 5 %, суперпластификатор С-3, кварцевый песок с водопотребностью 7 %, плотностью  $2.65 \text{ г/см}^3$  и модулем крупности  $M_{кр} = 2.52$ . В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень фракции 5...20 мм.

Структурную вязкость определяли при вибрации на приборе емкостью 6 л с калиброванным отверстием (шибером). Когда структура бетонной смеси полностью разрушалась, открывался шибер и смесь вытекала через отверстие, время истечения которой измерялось в секундах [6, 7]. Структурную вязкость вычисляли по формуле:

$$\eta = 0.0121 \cdot \rho \cdot T, \text{ Па} \cdot \text{с}$$

где:  $\rho$  – плотность бетонной смеси в  $\text{г/см}^3$ ;

$T$  – время истечения, сек.

Прочность определялась на образцах-кубах после 28 суток твердения.

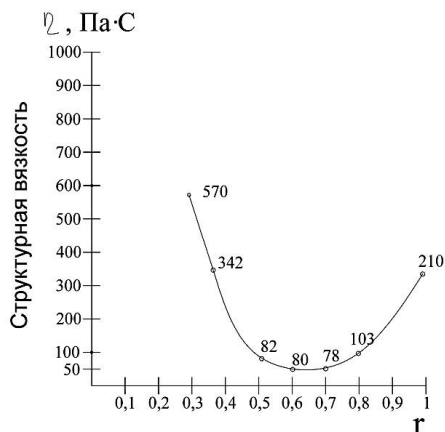
Ниже приведена таблица, характеризующая состав и свойства бетонных смесей и бетонов.

**Таблица 1**

**Характеристики бетонных смесей и бетонов (составлено авторами)**

	г=П/(П+Щ)	Цемент, $\text{кг/м}^3$	Песок, $\text{кг/м}^3$	Щебень, $\text{кг/м}^3$	Вода, $\text{кг/м}^3$	Время $T_{\text{ист.}}$ , сек	$\rho$ $\text{кг/м}^3$	R, МПа
1	0,32	270	579	1230	184	20	2355	23
2	0,39	284	714	1124	199	12	2345	22
3	0,5	319	876	876	223	3	2270	21
4	0,6	335	1029	686	235	3	2208	20,5
5	0,7	364	1153	494	254	3	2155	20,5
6	0,8	390	1262	316	273	4	2145	19
7	1,0	440	1446	-	308	9	2042	18,7

*Примечание: в составах 1-7 осадка конуса (ОК) была около 7 см*

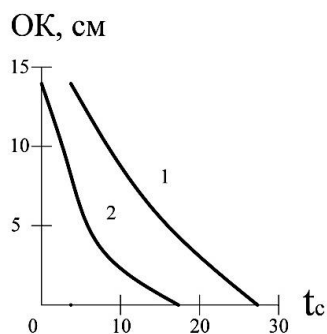


**Рисунок 1.** Зависимость структурной вязкости бетонной смеси от доли песка в смеси заполнителей (разработано авторами)

На рисунке 1 представлена зависимость структурной вязкости от доли песка в бетонной смеси. График имеет две ветви: левая ветвь соответствует составам с долей песка в смеси заполнителей от 0,32 до 0,5. Это зона характерна для бетонов с высоким расходом щебня. Правая ветвь соответствует доли песка 0,8-1, характерной для растворных смесей. Зона 0,6-0,8 соответствует малощебеночным бетонным смесям.

На поведение бетонных смесей при вибрационном воздействии и полностью разрушенной структуре влияют следующие факторы: наличие не только крупного заполнителя, но, главным образом, раздвижка зерен растворной составляющей [8], что отражается на времени истечения через калиброванное отверстие. В третьей зоне превалирует снижение толщины обмазки зерен песка цементным тестом, что также вызывает увеличение времени истечения.

Таким образом, были выделены составы с долей песка, характерной для малощебеночных бетонов, имеющих наименьшую структурную вязкость с долей песка в смеси заполнителей, равной 0,6-0,8.



**Рисунок 2.** Связь между формуемостью ( $t$ ) и подвижностью обычной (1) и малощебеночной бетонной смесью (2) (разработано авторами)

Для МЩБ характерна повышенная формуемость [9, 10]. Это свидетельствует о том, что для установленного времени уплотнения, например, в производственных условиях, МЩБ будут более жесткими, а, следовательно, с пониженным содержанием и воды, и цемента. На рисунке 2 показана разность удобоукладываемости бетонных смесей, имеющих разную формуемость.

Например, для обычной бетонной смеси с осадкой конуса 7 см и вязкостью 570 Па·с (состав 1, табл. 1) соответствует малощебеночной бетонной смеси с осадкой конуса 1-2 см. Из этого следует, что при одинаковом времени уплотнения смесей требования к удобоукладываемости малощебеночных бетонных смесей могут быть снижены в 4-5 раз.

Применение более жестких МЩБ смесей приводит к снижению воды и цемента, повышению трещиностойкости, морозостойкости и прочности бетонов [11].

Наиболее рациональной сферой внедрения результатов исследования в промышленном и гражданском строительстве в районах с отсутствием крупных заполнителей. Проведенная работа расширила существующие представления о рациональном использовании малоцементных бетонов с пониженным расходом цемента, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики [12].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bazhenov Y., Bulgakov B., Alexandrova O. Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures В сборнике: MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016.
2. Булдызов А. А., Романов И. В., Воронин В. В., Алимов Л. А. Исследование формирования структуры и свойств многокомпонентных бетонов // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 177-181.
3. Long W.-J., Khayat K. H., Yahia A., Xing F. Rheological approach in proportioning and evaluating prestressed self-consolidating concrete // Cement and Concrete Composites. 2017. Vol. 82, pp. 105-116.
4. Балакшин А. С. Повышение эффективности малоцементных бетонов путем комплексного использования бетонного лома. Диссертация на соискание степени канд. техн. наук. М: МГСУ. 2010. 123 с.
5. L. Zarauskas, G. Skripkiūnas, G. Girška. Influence of Aggregate Granulometry on Air Content in Concrete Mixture and Freezing – Thawing Resistance of Concrete // Procedia Engineering. 2017. Vol. 172, pp. 1278-1285.
6. Алимов Л. А., Воронин В. В. Структура и свойства малоцементных бетонов на щебне из бетона // Технологии бетонов. 2010. №3-4. С. 28-30.
7. Танг В. Л., Булгаков Б. И., Александрова О. В. Определение прочности сцепления слоев роликоуплотненного бетона методом осевого растяжения // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 6 (105). С. 647-653.
8. Танг В. Л., Булгаков Б. И., Александрова О. В. Математическое моделирование влияния сырьевых компонентов на прочность высококачественного мелкозернистого бетона при сжатии // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 9 (108). С. 999-1009.
9. A. Lotfy, M. Al-Fayez. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and Concrete Composites. 2015. Vol. 61, pp. 36-43.
10. Алимов Л. А., Булдызов А. А. Самоуплотняющиеся бетоны с наномодификаторами на основе техногенных отходов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 86-88.
11. Ерофеев В. Т., Баженов Ю. М., Балатханова Э. М., Митина Е. А., Емельянов Д. В., Родин А. И., Карпушин С. Н. Получение и физико-механические свойства цементных композитов с применением наполнителей и воды затворения месторождений чеченской республики // Вестник МГСУ. 2014. № 12. С. 141-151.
12. Abbas S., Nehdi M. L., Saleem M. A. Ultra-High Performance Concrete: Mechanical Performance, Durability, Sustainability and Implementation Challenges // International Journal of Concrete Structures and Materials. 2016. Vol. 10. Issue 3, pp. 271-295.

**Bazhenov Yuri Michailovich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Russia, Moscow  
E-mail: zavkaf@list.ru

**Voronin Viktor Valerianovich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Russia, Moscow  
E-mail: s-voronina191@yandex.ru

**Alimov Lev Alekseevich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Russia, Moscow  
E-mail: AlimovLA@mgsu.ru

**Solov'ev Vitaliy Nikolaevich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Russia, Moscow  
E-mail: sol-v-n@mail.ru

**Larsen Oksana Aleksandrovna**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Russia, Moscow  
E-mail: larsen.oksana@mail.ru

## **The effective concrete with low content of coarse aggregate**

**Abstract.** The paper shows that in regions with a lack of coarse aggregates, use of concretes with low content of coarse aggregate and high content of fine aggregate is effective. Concretes with low content of coarse aggregate include less than 1200 kg of crushed stone per 1 m<sup>3</sup>. Concrete mixtures with the content of sand of 0,6-0,8 by the mass of the aggregate mix and minimum viscosity were investigated. This type of concrete has higher formability. It provides higher economical efficiency and allows applying mixtures with low workability and reduced cement consumption.

**Keywords:** concrete with low content of coarse aggregate; structure; formability; viscosity; fine aggregate; coarse aggregate; flowability

## REFERENCES

1. Bazhenov Y., Bulgakov B., Alexandrova O. Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures in: MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference" Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education, "IPICSE 2016" 2016.
2. Buldyzhov A. A., Romanov I. V., Voronin V. V., Alimov L. A. Study of structure formation and properties of multicomponent concretes. Nauchnoe obozrenie. 2013. No. 9, pp. 177-181. (In Russian).
3. Long W.-J., Khayat K. H., Yahia A., Xing F. Rheological approach in proportioning and evaluating prestressed self-consolidating concrete. Cement and Concrete Composites. 2017. Vol. 82, pp. 105-116.
4. Balakshin A. S. The efficiency improving of concrete with low content of crashed coarse aggregate. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 2010. 123 p. (In Russian).
5. L. Zarauskas, G. Skripiūnas, G. Girska. Influence of Aggregate Granulometry on Air Content in Concrete Mixture and Freezing – Thawing Resistance of Concrete. Procedia Engineering. 2017. Vol. 172, pp. 1278-1285.
6. Alimov L. A., Voronin V. V. Structure and properties of concrete with crashed coarse aggregate. Tekhnologii betonov. 2010. No 3-4, pp. 28-30. (In Russian).
7. Tang V. L., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V. Determination of adhesive strength layer's roller compacted concrete the method axial extension. Vestnik MGSU. 2017. No 6 (105), pp. 647-653.
8. Tang V. L., Bulgakov B. I., Aleksandrova O. V. Mathematical Modeling of the Impact of Raw Material Composition on Compressive Strength of High Performance Fine-Grained Concrete. Vestnik MGSU. 2017. No 9 (108), pp. 999-1009.
9. A. Lotfy, M. Al-Fayez. Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate // Cement and Concrete Composites. 2015. Vol. 61, pp. 36-43.
10. Alimov L. A., Buldyzhov A. A. Self-compacting concrete with nanomodified industrial wastes. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2014. No 8, pp. 86-88.
11. Erofeev V. T., Bazhenov Yu. M., Balatkhanova E. M., Mitina E. A., Emel'yanov D. V., Rodin A. I., Karpushin S. N. The receipt and physico-mechanical properties of cement composites with the use of fillers and mixing water from the Chechen Republic fields. Vestnik MGSU. 2014. No 12, pp. 141-151.
12. Abbas S., Nehdi M. L., Saleem M. A. Ultra-High Performance Concrete: Mechanical Performance, Durability, Sustainability and Implementation Challenges // International Journal of Concrete Structures and Materials. 2016. Vol. 10. Issue 3, pp. 271-295.