

УДК 502/504 : 691.3

**В. Б. СЕМЕНОВ, А. Н. КЛЮЕВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

**ЩЕЛОЧНО-СИЛИКАТНЫЙ БЕТОН  
С ДОБАВКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

*Представлены результаты исследования гидроабразивной стойкости бетона на основе жидкого стекла с добавкой целлюлозы для изготовления износостойких конструкций и изделий, работающих в прямом контакте с водой и абразивом.*

*Щелочно-силикатный бетон, износостойкость, коррозионная стойкость, каолинит, водо- и гидроабразивная стойкость матрицы, целлюлоза, бетонные изделия, жидкое стекло, сборные строительные конструкции.*

*There are given research results of the concrete hydro-abrasive resistance on the basis of the liquid glass with addition of cellulose for manufacturing wear-resistant structures and products which directly contact water and abrasive.*

*Alkali-lime concrete, wear resistance, corrosion resistance, kaolin, water and hydro-abrasive resistance of the matrix, cellulose, concrete products, liquid glass, prefabricated building structures.*

Вопросы разработки и совершенствования специальных бетонов, обладающих высокими физико-механическими свойствами, износостойкостью, коррозионной стойкостью, стойкостью к климатическим и кавитационным воздействиям, для гидротехнических сооружений, предприятий горно-обогатительных комбинатов, перерабатывающей промышленности агропромышленного комплекса и других отраслей народного хозяйства являются весьма актуальными. К таким бетонам относится щелочно-силикатный бетон (ЩСБ) автоклавного производства на основе жидкого стекла и перлита [1]. Щелочно-силикатный бетон прочностью 100 МПа и твердостью матричного камня 6...7 по шкале Мооса может быть конкурентоспособен износостойкому каменному литью. Однако прочность этого бетона снижается в водной среде (водостойкость 60...65 %). В связи с этим разработан модифицированный щелочно-силикатный бетон ЩСБ-1 на основе композиций жидкого стекла (12...13 %), тонкомолотого перлита (33...34 %), добавки каолинита (2...4 %) и заполнителя (53...49 %) (состав 6) с повышенной водо- и износостойкостью для водохо-

зяйственного строительства (водостойкость 85...88 %) [2, 3].

Наличие в составе смеси каолинита обуславливает связывание части свободной щелочи жидкого стекла в водонерастворимый алюмосиликат и, следовательно, повышает водостойкость. Однако оставшаяся часть щелочи, не связываемая даже при избытке каолинита, образует с кремнеземом водорастворимый силикат, который продолжает негативно влиять на водо- и гидроабразивную стойкость матрицы.

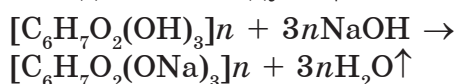
С целью повышения гидроабразивной стойкости бетонных изделий в ЩСБ-1 дополнительно вводили щелочесвязывающее вещество – целлюлозу (общая формула целлюлозы  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ , где  $n = 125:300$ ) при следующем соотношении компонентов в массовых долях, %: жидкое стекло – 12...13; тонкомолотый перлит – 33...34; каолинит тонкодисперсный – 2...4; целлюлоза – 1,5...2,5; заполнитель – остальное.

Жидкое стекло – это раствор щелочного силиката переменного состава:  $R_2O \cdot mSiO_2 + nH_2O$ . Тонкомолотый перлит – измельченная водосодержащая порода вулканического происхождения. Жидкое стекло и тонкомолотый

перлит применяются в композициях в качестве вяжущего.

Целлюлоза – продукт деревоперерабатывающей промышленности – представляет собой полимерный многоатомный спирт с тремя гидроксильными группами в каждом элементарном звене.

Введение в смесь целлюлозы обеспечивает связывание щелочи в труднорастворимое соединение, которое происходит по следующей схеме:



Благодаря связыванию щелочи в труднорастворимое соединение образуется меньше водорастворимого силиката натрия – тем самым повышается стойкость бетона к воде и гидроабразивному износу.

Предложенное техническое решение характеризуется новой совокупностью

признаков, которые приводят к получению положительного эффекта, выражающегося в повышении гидроабразивной стойкости изделий, изготовленных из этой смеси (повышение гидроабразивной стойкости изделий составляет 56...61 %).

Эффект повышения стойкости бетона к гидроабразивному износу определен пределами массы предлагаемой добавки. При содержании в смеси добавки целлюлозы менее 1,5 % щелочь связывается менее полно. При содержании добавки целлюлозы выше 2,5 % в системе в свободном состоянии остается целлюлоза, которая разрыхляет структуру бетона, повышая тем самым гидроабразивный износ.

Приведенные доказательства достижения положительного эффекта подтверждаются данными, взятыми из актов лабораторных испытаний (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Состав щелочно-силикатного бетона

Компонент	Состав массы, %					
	1	2	3	4	5	6
Жидкое стекло нагривое (ρ = 1,32, М = 2,8)	12,0	12,0	12,5	13,0	13,0	12,5
Перлит фракции 0,01...0,1 мм	33,5	34	33,5	33	33,5	33,5
Каолинит тонкодисперсный	4,5	4,0	3,0	2,0	1,5	3,0
Целлюлоза	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	–
Песок кварцевый фракции 0,14...5 мм	19,0	18,5	19,0	19,5	19,0	20,5
Щебень кварцитовый фракции 5...15 мм	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,5

Испытывали 6 составов: 6-й состав известен как смесь ЩСБ-1; 2...4 составы предлагаемой смеси находились в оптимальных пределах; 1-й и 5-й составы были выше и ниже граничных пределов соответственно.

Изделия из предлагаемой смеси готовят следующим образом: вначале проводят дозировку по массе составляющих компонентов, затем в течение 1,5...2 мин перемешивают сухие компоненты, после чего в течение 4...5 мин смешивают сухие компоненты с жидким стеклом, содержащим предлагаемую добавку, и готовую смесь распределяют по формам. Смесь в формах уплотняют на стандартной виброплощадке и подвергают термической обработке в герметически закрытых фор-

мах: подъем температуры – до 170...180 °С в течение 6 ч, прогрев при 170...180 °С в течение 3 ч и охлаждение до 20 °С в течение 6 ч.

Бетонные изделия, полученные указанным способом из предлагаемой смеси (табл. 1, составы 1...5) и известной смеси (состав 6), характеризуются физико-механическими свойствами, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Гидроабразивный износ бетона

Номер состава	Истирание бетона в условиях действия воды, г/см <sup>2</sup> ·ч
1	0,037
2	0,033
3	0,033
4	0,034
5	0,036
6	0,053

Как видно из табл. 2, образцы бетона, изготовленные из предлагаемой смеси (составы 2...4), по сравнению с образцами, полученными из известной смеси (состав 6), обладают гораздо меньшим износом в условиях действия воды. Стойкость бетона из предлагаемой смеси к гидроабразивному износу увеличилась на 56...61 %.

Испытания показали, что оптимальное содержание добавки в предлагаемой смеси должно составлять 1,5...2,5 %. Меньший или больший процент ее содержания в смеси ведет к снижению стойкости изделий по отношению к гидроабразивному износу.

### Выводы

Предлагаемая смесь на основе жидкого стекла представляет собой новое качественное и количественное соотношение компонентов известных строительных материалов. Удачный подбор соотношения компонентов, рассчитанный в соответствии со стехиометрическим соотношением оксидов натрия и алюминия в смеси и подтвержденный экспериментально, позволил получить новую смесь, из которой можно изготавливать изделия, обладающие более высокой гидроабразивной стойкостью по сравнению с изделиями, получаемыми из известной смеси.

Предлагаемая бетонная смесь предназначена для изготовления сборных строительных конструкций и изделий (бетонных облицовок оросительных каналов, проточных трактов водопропускных сооружений, водозаборов, отстойников, песколовок и гравиеловок, селепроводов, плит пола, конструкций рудоспусков, гидроциклонов, сливных каналов, лотков и желобов систем гидро-

золоудаления, бункеров, балок железнодорожного полотна эстакад для разгрузки сыпучих материалов), подвергающихся гидроабразивному истиранию.

Большие запасы исходного сырья для бетонной смеси, технологическая и конструктивная совместимость износостойкого бетона из этой смеси со многими строительными специальными износостойкими каменными материалами, а также высокие эксплуатационные характеристики сборных железобетонных конструкций служат основными предпосылками для дальнейшего расширенного использования предлагаемой смеси в строительстве.

### Список литературы

1. **Е. А. Гузев.** Конструкции и изделия из кислотостойкого бетона [Текст] / Е. А. Гузев, В. М. Борисенко, В. А. Отрепьев // Бетон и железобетон. – 1985. – № 7. – С. 44–45.

2. **А. Н. Ключев.** Износостойкие щелочесиликатные бетоны [Текст] / А. Н. Ключев, А. Н. Пименов, Е. А. Гузев // Коррозионная стойкость бетона, арматуры и железобетона в агрессивных средах. – М. : НИИЖБ, 1988. – С. 58–62.

3. **Семенов, В. Б.** Коррозионная стойкость щелочесиликатного бетона [Текст] / В. Б. Семенов, А. Н. Ключев // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сб. статей IV Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2005. – С. 316–319.

Материал поступил в редакцию 24.04.09.

**Ключев Александр Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерные конструкции», декан факультета довузовского образования

Тел. 8 (495) 976-14-36

**Семенов Валерий Борисович**, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инженерные конструкции»

Тел. 8 (495) 976-26-43