

doi: 10.5862/MCE.51.6

## Опыт внедрения мелкозернистых бетонов при производстве дорожных плит

*К.т.н., доцент Н.М. Красникова;  
к.т.н., доцент Н.М. Морозов;  
к.т.н., доцент И.В. Боровских;  
д.т.н., профессор В.Г. Хозин,*

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

**Аннотация.** В этой статье рассмотрен пример внедрения мелкозернистого бетона при производстве железобетонных изделий. Актуальность разработки заключается в получении высококачественного материала с использованием местного сырья.

Преимуществом использования высокопрочных мелкозернистых (песчаных) бетонов является снижение массы конструкций в несущих железобетонных элементах зданий за счет уменьшения объема бетона (до 50 %). Снижение массы в свою очередь приводит к экономии всех материалов, входящих в состав бетона (до 50 %), а при равных размерах сечений можно сократить и расходы арматурной стали – на 30 %. При этом также снижаются трудоемкость изготовления, транспортные расходы и приведенные затраты.

Проведена замена производственного состава бетона дорожных плит для постоянных дорог (крупнозернистый бетон класса В25) на разработанный мелкозернистый бетон В60. Показано, что использование песчаного бетона класса В60 для изготовления дорожных плит по ГОСТ 21924.2-84 приводит к увеличению их несущей способности. Запас по деформационным показателям составляет 80 %, по прочностным показателям более 100 % относительно контрольных нагрузок, указанных в ГОСТ 21924.2-84.

**Ключевые слова:** мелкозернистый бетон; суперпластификаторы; зерновой состав; наполнители; прочность; дорожная плита

Основным строительным материалом, обеспечивающим высокую несущую способность и длительный срок службы, является бетон [1, 2]. Развитие современного бетоноведения направлено, с одной стороны, на повышение физико-механических характеристик бетона [3], а с другой стороны, на снижение затрат при производстве и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций. Для реализации данных задач необходимо применение инновационных технологий при производстве бетона [4].

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития промышленности строительных материалов является производство песчаных бетонов и изделий из них (исследование данного направления «Высокопрочные песчаные бетоны повышенной долговечности» было профинансировано в рамках гранта президента РФ МК3863.2009.8). Актуальность разработки заключается в получении высококачественного материала с использованием местного сырья. Практически вся европейская территория России (кроме Северо-Западного федерального округа) либо вообще не имеет месторождений крупного заполнителя, либо это месторождения слабых осадочных пород, поэтому внедрение песчаных бетонов при строительстве в этих регионах имеет большое значение [5, 6].

Преимуществами использования высокопрочных мелкозернистых (песчаных) бетонов являются:

а) снижение массы конструкций в несущих железобетонных элементах зданий за счет уменьшения объема бетона (до 50 %), приводящее к экономии всех материалов, входящих в состав бетона (до 50 %), а при равных размерах и к сокращению расходов арматурной стали (на 30 %); при этом также снижаются трудоемкость изготовления, транспортные расходы и приведенные затраты [7];

б) получение высокопрочных изделий с повышенными эксплуатационными характеристиками [8].

Следует отметить и недостатки цементно-песчаного бетона, сдерживающие темпы его производства и применения в строительстве. Прежде всего, недостатки обусловлены структурой цементно-песчаного бетона, для которой характерны: большая однородность и мелкозернистость, Красникова Н.М., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Опыт внедрения мелкозернистых бетонов при производстве дорожных плит

высокое содержание цементного камня, отсутствие жесткого каменного скелета, повышенные пористость и удельная поверхность твердой фазы [9]. Так, например, в мелкозернистых бетонах деформации усадки могут быть в 1,5–2 раза выше, чем у равнопрочных тяжелых бетонов с крупным заполнителем. Следует также отметить, что в нормативных документах (СНиП 2.03.01-84, табл. 2.1) модуль упругости для тяжелого и мелкозернистого бетонов ограничивается бетоном классов В80 и В40 соответственно.

Целью работы явилось получение высокопрочного мелкозернистого бетона, не уступающего по эксплуатационным свойствам бетонам на тяжелом крупном заполнителе.

Авторы считают, что недостатки мелкозернистого бетона можно устранить за счет повышения его прочности, и решают эту проблему оптимизацией гранулометрического состава песка и использованием эффективных химических добавок.

Повышенную пористость песчаного бетона предложено снизить следующими способами:

- применением эффективных супер- и гиперпластификаторов нового поколения, в том числе на основе поликарбоксилатов, повышающих предел прочности за счет снижения водосодержания бетонной смеси, равной подвижности, до 40 % [10–15];
- получением оптимального гранулометрического состава заполнителей;
- применением наполнителей.

Для выбора пластификатора была оценена не только водоредуцирующая способность, но и восприимчивость мелкозернистых смесей к добавлению воды. В работе использовали методику Окамуры [16] для определения степени восприимчивости бетонной смеси к добавлению воды. В методике используется стандартный конус, расположенный на встряхивающем столе, в который заливается бетонная смесь. Затем конус поднимают, бетонная смесь под действием встряхиваний расплывается, после чего фиксируется значение расплыва конуса по его диаметру. Начальная подвижность бетонной смеси соответствовала расплыву стандартного конуса диаметром 110 мм. Далее в смесь добавляется 20 мл воды, после чего его повторно подвергают встряхиванию. После этого строится зависимость расплыва конуса от расхода воды. По характеру угла наклона результирующей прямой определяется чувствительность бетонной смеси к добавлению воды. Для приготовления смесей использовали состав Ц:П = 1:3.

Как видно из рисунка 1, при использовании песка с модулем крупности  $M_k = 1,5$  наибольший водоредуцирующий эффект наблюдается при введении добавки Melflux, при этом чем выше подвижность смеси, тем выше водоредуцирующий эффект. Чувствительность смесей с добавкой Melflux также выше по сравнению с другими добавками. Эффективность добавок С-3 и Glenium (линии 2 и 5) в этих мелкозернистых смесях идентична.

При использовании песка с модулем крупности  $M_k = 2$  (рис. 2) увеличивается эффективность у добавки Glenium и падает у добавки С-3. Наибольший водоредуцирующий эффект также наблюдается при использовании добавки Melflux и составляет 26 %. Чувствительность к добавлению воды максимальная в смесях с добавкой Glenium. Чем выше этот показатель, тем меньше воды нужно добавить, чтобы увеличить подвижность бетонной смеси до требуемых значений.

В мелкозернистых смесях на песке с модулем крупности  $M_k = 2,5$  водоредуцирующий эффект при использовании добавки лигносульфонатов (ЛСТ) резко снижается, а при использовании добавки Melflux заметно возрастает до 32 % (рис. 3), максимальная чувствительность смесей к добавлению воды наблюдается при использовании добавок Melflux и Glenium.

При использовании песка с наибольшим модулем крупности  $M_k = 3$  чувствительность мелкозернистых смесей к добавлению воды резко возрастает. При использовании поликарбоксилатных пластифицирующих добавок, а также при увеличении расхода воды всего на 10 % расплыв конуса увеличивается в 2 раза. Наибольший водоредуцирующий эффект наблюдается при использовании добавки Melflux и составляет 35 %.

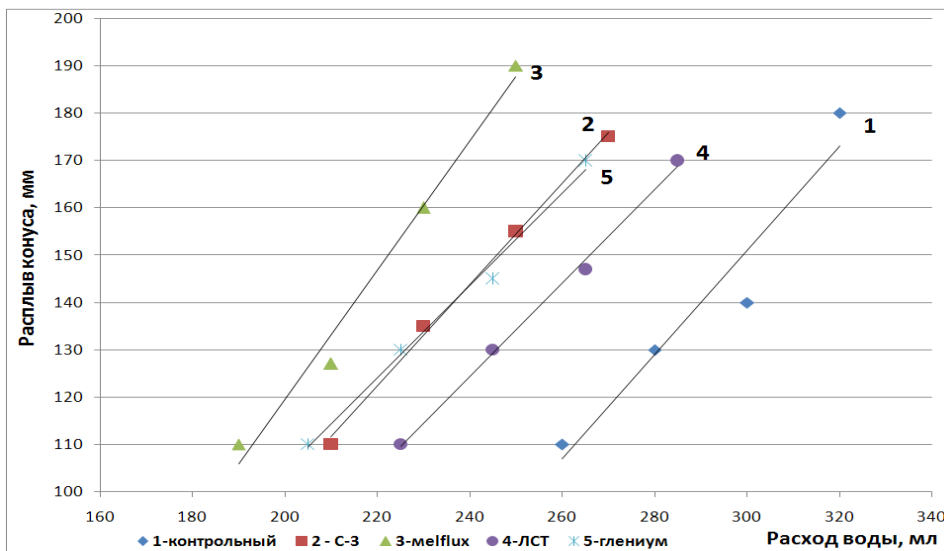


Рисунок 1. Влияние добавок на восприимчивость смесей к добавлению воды при Мк = 1,5

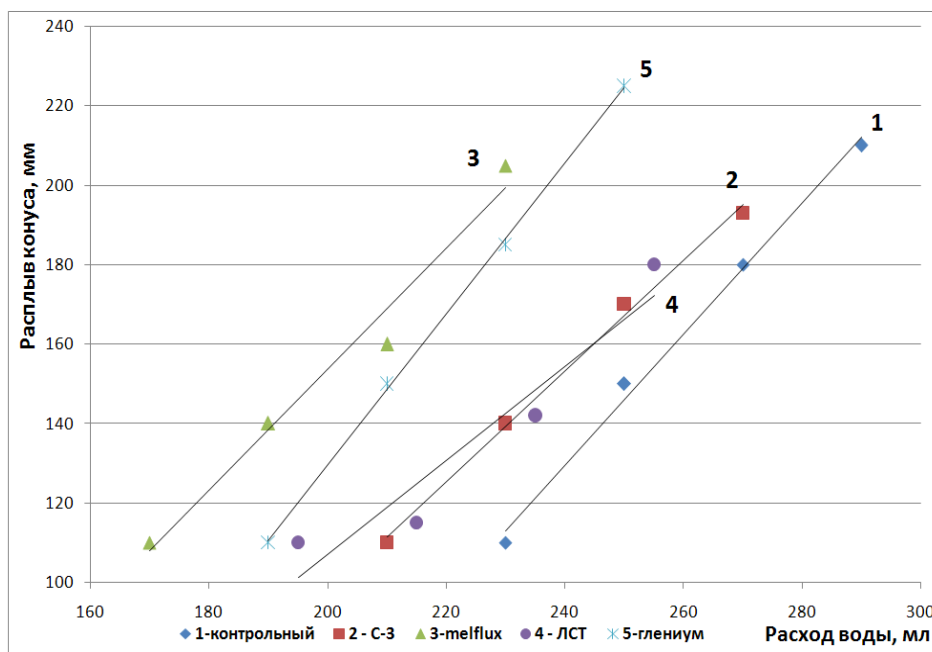


Рисунок 2. Влияние добавок на восприимчивость смесей к добавлению воды при Мк = 2

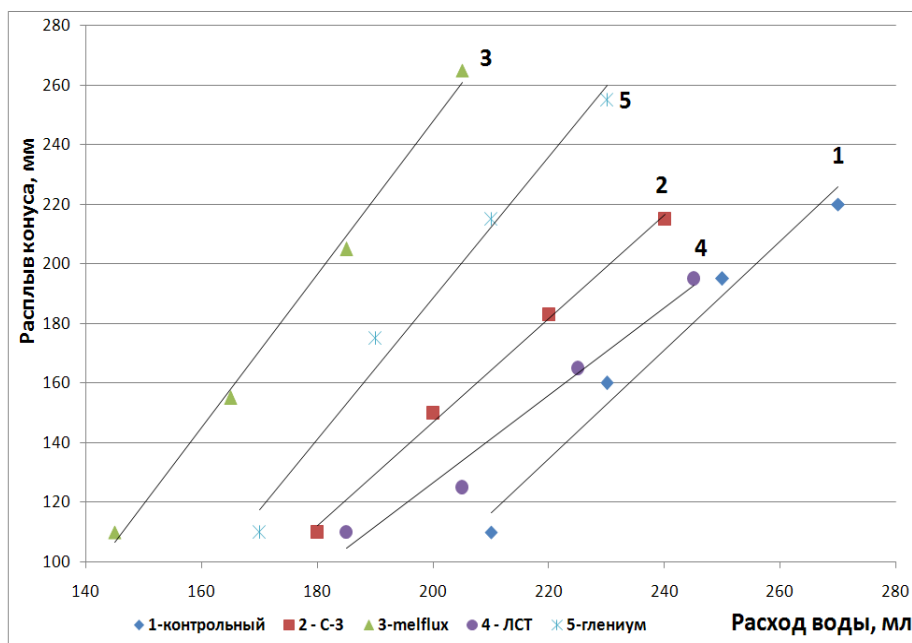


Рисунок 3. Влияние добавок на восприимчивость смесей к добавлению воды при  $M_k = 2,5$

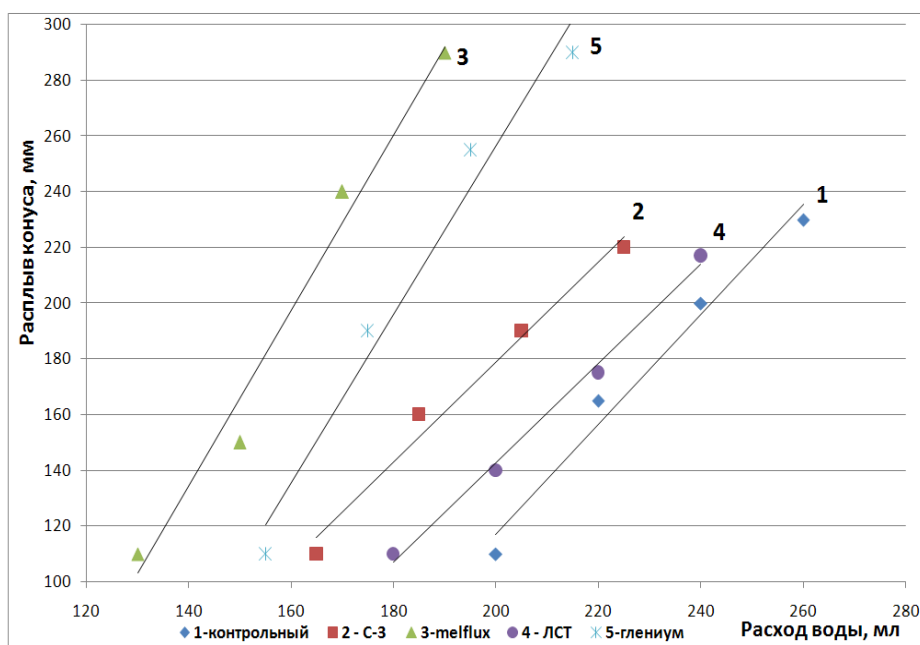


Рисунок 4. Влияние добавок на восприимчивость смесей к добавлению воды при  $M_k = 3$

Как видно из рисунков 1–4, при увеличении модуля крупности песка заметно снижается не только водоредуцирующая способность добавки ЛСТ, но и чувствительность смесей при ее использовании к добавлению воды. При использовании пластифицирующих добавок поликарбоксилатного типа водоредуцирующий эффект также увеличивается при росте модуля крупности.

Полученные результаты также согласуются с исследованиями [7], где показано оптимальное содержание фракций в песке: 5–1,25 мм – 60 %, 1,25–0,315 мм – 20 % и 0,315–0,14 мм – 20 %. Данное соотношение фракций позволяет получить минимальную пустотность песка при невысокой удельной поверхности, что соответствует песку с модулем крупности 3,16–3,2. Показано, что мелкозернистый бетон, приготовленный на песке с  $M_k = 3,1–3,2$ , позволяет получить максимальные прочностные характеристики.

В ряде работ [17–21] отмечается, что добавка наполнителя в составе вяжущего позволяет релаксировать напряжения при структурообразовании цемента, повышая однородность по прочности и деформативности, а также поглощать энергию роста трещин, останавливая их рост Красникова Н.М., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Опыт внедрения мелкозернистых бетонов при производстве дорожных плит

за счет ветвления и, как следствие, улучшать его физико-механические показатели. Однако основными проблемами при использовании минеральных добавок к вяжущим веществам для бетона являются дисперсность и количество этих добавок, которое допускается вводить в цементы без снижения их прочности, а также способ их введения в бетон (в составе многокомпонентных цементов или отдельно с цементом). По мнению авторов работ [22, 23], оптимальное содержание наполнителя в цементных бетонах не должно превышать 10–20 %. По оптимальной дисперсности наполнителя существуют две точки зрения. Так, по мнению авторов [24, 25, 26], оптимальная дисперсность минеральной добавки должна превышать на 120–200 м<sup>2</sup>/кг дисперсность цемента. При таком использовании минеральных добавок реализуется более плотная упаковка исходной матрицы многокомпонентного цемента за счет распределения тонкодисперсных частиц в межзерновых пустотах более грубодисперсных зерен цемента. При твердении цемента происходит более активное взаимодействие частиц добавок с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации минералов клинкера с появлением высокопрочных низкоосновных и мелкозернистых гидросиликатов кальция. С этой точки зрения микрокремнезем является эффективным наполнителем в цементных бетонах, так как отличается малым размером зерен и высокой активностью по отношению к оксиду кальция.

На основании проведенных исследований был получен состав мелкозернистого бетона класса В80 (табл. 1).

**Таблица 1. Состав и свойства бетонной смеси и бетона класса В80**

№ состава	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>							Подвижность бетонной смеси (ОК), см	Плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Средняя прочность бетона на сжатие в возрасте, МПа	
	Цемент <sup>1</sup>	Песок	Щебень	Melflux 2651	добавка МБ10-30С	МК-85	вода			после ТВО	28 суток
1	520	1700	-	2,08		26	140	16	2370	70,3	94,1
2	550	1680	-	2,2		27,5	140	16	2370	70,8	105,3
3	580	1660	-	2,32		29	141	17	2375	72,5	106,2
4 <sup>2</sup>	480	750	990		100	-	141	17	2450	71,2	106,0

Примечания

1 – в качестве вяжущего использовали цемент ПЦ500 Д0 Вольского цементного завода;

2 – данные С.С. Каприелова [27].

Из таблицы 1 видно, что для получения бетона класса В80 необходимо 550 кг цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона, так как дальнейшее увеличение расхода не ведет к повышению прочности.

Для эффективного применения разработанного состава высокопрочного мелкозернистого бетона были исследованы его эксплуатационные свойства. Авторами установлено, что снижение усадки возможно за счет оптимизации гранулометрического состава песка, вследствие уменьшения его пустотности и совместного действия пластифицирующих добавок и наполнителя. Так, у разработанного песчаного бетона класса по прочности на сжатие В80 (табл. 1) усадка снизилась на 61 %, что практически приблизилось к показателям крупнозернистого тяжелого бетона. Сравнительные эксплуатационные свойства высокопрочного мелкозернистого и крупнозернистого бетонов представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Свойства высокопрочного мелкозернистого и крупнозернистого бетонов**

№	Состав бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>					Прочность бетона на сжатие, МПа через 28 сут	Прочность бетона при изгибе, МПа через 28 сут	Призменная прочность, МПа	Модуль упругости, МПа
	цемент	щебень	песок	добавка	Наполнитель				
1*	480	990	750	100 МБ10-30С	-	98,1	7,12	71,3	44200
2	550	-	1680	2,2 Melflux	27,5 МК	106,2	9,82	82,3	43200

Примечание: \* данные С.С. Каприелова [27].

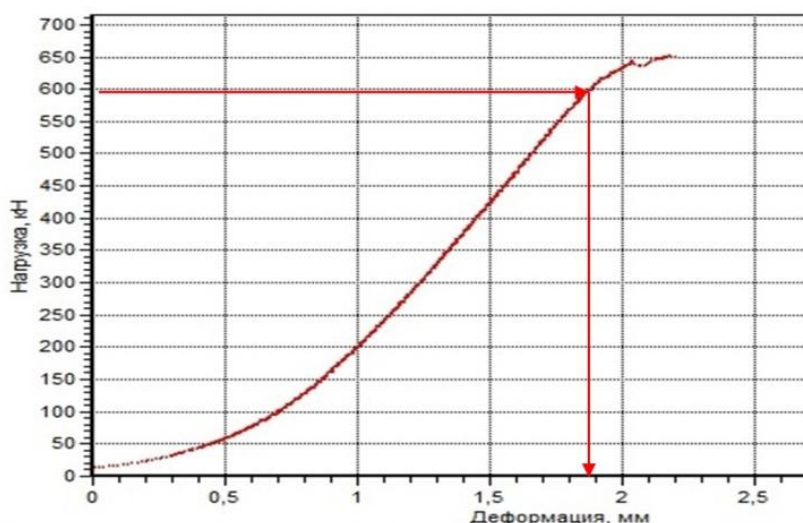
Как видно из таблицы 2, песчаный бетон в сравнении с крупнозернистым имеет более высокую призменную прочность, а модуль упругости незначительно уступает значениям Красникова Н.М., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Опыт внедрения мелкозернистых бетонов при производстве дорожных плит

крупнозернистого бетона. Увеличение призмочной прочности в мелкозернистом бетоне связано с увеличением количества контактов цементного камня с заполнителем. Кроме того, совместное использование микрокремнезема и суперпластификаторов снижает пористость в контактной зоне цементного камня с заполнителем, что также способствует увеличению прочности на растяжение при изгибе и, соответственно, призмочной прочности. Снижение модуля упругости (на 2,3 %) связано с увеличением объема цементного камня в бетоне.

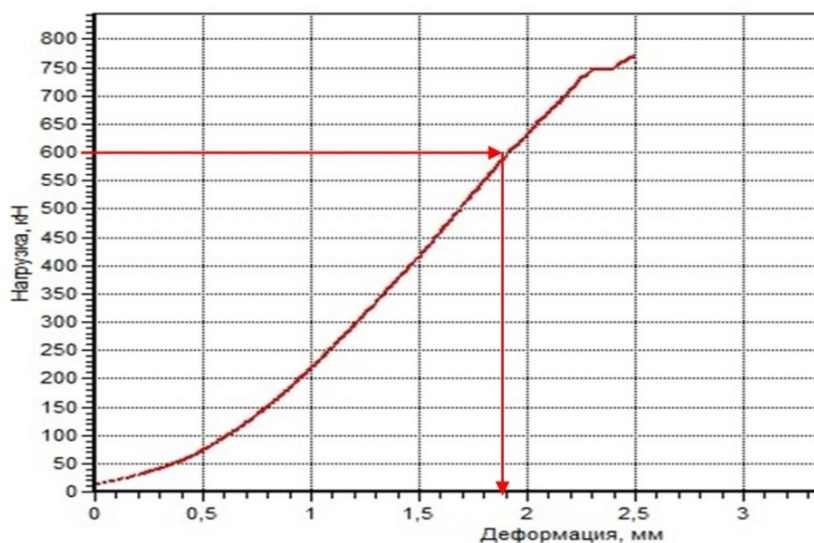
В таблице 3 представлены составы с пониженным расходом цемента. Характер разрушения крупнозернистого и мелкозернистого бетонов (табл. 3) представлен на рисунках 5–6.

**Таблица 3. Составы и свойства бетонов с суперпластификаторами и наполнителями**

№	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	МК-85, кг	Пластификатор, кг	В/Ц	Прочность на сжатие, МПа	
							7 суток	28 суток
1	450	700 (обычный)	1150	45	С-3 (0,8 %) 3,6	0,44	51,9	83
2	500	1650 (фракц.)	-	50	Melflux (0,5 %) 2,5	0,29	69,1	98,6



**Рисунок 5. График разрушения крупнозернистого бетона класса В60 (состав 1, табл. 3)**



**Рисунок 6. График разрушения мелкозернистого бетона класса В70 (состав 2, табл. 3)**

Как видно из рисунков 5 и 6, угол наклона прямого участка кривой разрушения одинаковый и деформации при равной нагрузке тоже идентичны.

Таким образом, показано, что в мелкозернистом бетоне оптимизацией гранулометрического состава песка с использованием эффективных химических добавок и наполнителя можно устранить его недостатки.

Для оценки эффективности применения высокопрочного мелкозернистого бетона была проведена опытно-промышленная проверка песчаного бетона на производстве железобетонных изделий на заводе «ЖБИ-210», г. Набережные Челны. Выбор номенклатуры изделий для замены производили из расчета более жестких эксплуатационных свойств работы изделия. Произведена замена производственного состава бетона дорожных плит для постоянных дорог (крупнозернистый бетон класса В25) на разработанный мелкозернистый бетон В60, к которому предъявляются высокие требования по трещиностойкости, прочности на изгиб и морозостойкости. Следует отметить, что при производстве ЖБИ (на рядовых заводах) класс бетона обычно не превышает В30, а мы ориентированы на изготовление высокопрочных бетонов. Увеличив класс бетона с В25 до В60, мы получим более высокие характеристики бетона изделия, и это даст нам в будущем возможность уменьшить толщину изделия или снизить расход стали (за счет уменьшения диаметра рабочей арматуры или ее количества).

Полученная в производственных условиях бетонная смесь имела ОК = 6 см (табл. 4). Формование изделия производили на виброплощадке.

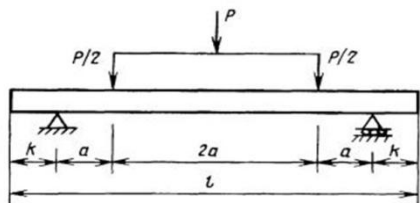
**Таблица 4. Характеристика разработанного бетона для дорожных плит**

Состав бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>				Прочность бетона, МПа через 28 сут на сжатие	Прочность бетона, МПа через 28 сут при изгибе	Морозостойкость бетона изделий, цикл	Водонепроницаемость бетона изделий, цикл
Цемент ПЦ500 Д0	Песок фракционированный	Добавка Melflux 2651F	Микрокремнезем МК-85				
550	1600	2,75	27,5	85,2	10,5	F300	W16

Примечание: \* изделия проходили тепловую обработку в ямной камере по режиму 3-9-2 ч, при температуре 60 °С.

При использовании дорожных плит обязательным условием является испытание их на трещиностойкость. Типоразмер и схема испытания изготовленных при апробации плит приведены в таблице 5.

**Таблица 5. Типоразмер дорожной плиты**

Типоразмер и схема испытания плиты	$l$ , мм	$a$	$k$
<p>2ПК30.18-30</p> 	3000	700	100

Результаты испытания изготовленных плит на трещиностойкость представлены в таблице 6.

Из таблицы 6 видно, что плиты из песчаного бетона удовлетворяют требованиям ГОСТ 21924.2-84: так, фактический прогиб при нагрузке  $N = 4$  т составил  $f_0 = 1,88$  мм, что меньше значения предельно допустимого прогиба  $f_0 = L/300 = 9,3$  мм, и разрушения при контрольной нагрузке  $N = 7$  т не произошло.

Таким образом, использование песчаного бетона класса В60 для изготовления дорожных плит по ГОСТ 21924.2-84 приводит к увеличению несущей способности плит. Запас по деформационным показателям составляет 80 %, по прочностным показателям более 100 % относительно контрольных нагрузок, что дает основания для снижения толщины изделия (экономии бетона в изделии) или количества арматурной стали.

Таблица 6. Результаты испытания дорожных плит

№	Прочность, МПа		Трещиностойкость		Макс. нагрузка при испытании, кг / состояние плиты
	После ТВО	28 сут.	Контрольная нагрузка по трещи-ти, кг / прогиб, мм	Контрольная нагрузка по прочности, кг /факт. прогиб, мм (допустимый прогиб)	
1	58,0	81,4	4000 / 1,88	7000 / 5,86 (9,3)	14000 / не разрушена
2	57,1	79,6	4000 / 1,91	7000 / 5,69 (9,3)	14000 / не разрушена

Примечания:

1. Фактическую прочность бетона определяли механическим методом неразрушающего контроля при использовании прибора «Schmidt-hammer» модель №34.
2. Значение контрольной нагрузки без учета собственного веса плиты при испытании плит по прочности равно 7.0 т (68.6 кН).
3. Значение контрольной нагрузки без учета собственного веса плиты при испытании плит по трещиностойкости принято 3.8 т (37.2 кН), приняли 4,0 т.
4. Контрольная ширина раскрытия трещин при испытании плит по 1-й группе предельных состояний не превысила 0,5 мм. Ширину раскрытия трещин измеряли в местах ее наибольшего раскрытия при помощи отсчетного микроскопа типа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм и набора щупов по НТД.
5. Контроль прогибов выполнялся с использованием прогибомеров 6-ПАО по ТУ 4273-095-02221190-2006.
6. Контроль расстояний между опорами и центровка образцов выполнялись с использованием рулетки 2-го класса точности со шкалой номинальной длины 7,5 м по ГОСТ 7502-89.

### Выводы

1. Показана возможность устранения недостатков песчаных бетонов. Получен высококачественный песчаный бетон классов В60÷В80 на основе местного сырья.

2. Показано, что добавки на основе лигносульфонатов (ЛСТ) проявляют себя лучше на мелких песках, тогда как добавки на основе сульфированных нафталинформальдегидных поликонденсатов (С-3) и поликарбоксилатов (Melflux и Glenium) эффективны при использовании песка с большим модулем крупности.

3. Использование песчаного бетона класса В60 для изготовления дорожных плит по ГОСТ21924.2-84 приводит к увеличению несущей способности плит. Запас по деформационным показателям составляет 80 %, по прочностным показателям – более 100 % относительно контрольных нагрузок, что дает основания для экономии бетона в изделии или количества арматурной стали.

*В заключение хотели бы поблагодарить руководство и работников завода «ЖБИ-210» г. Набережные Челны за оказанную помощь и участие.*

*Данное исследование проведено по заданию №7.1955.2014/К на выполнение научно-исследовательской работы в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации.*

### Литература

1. Соловьева В.Я., Степанова И.В., Ершиков Н.В., Коробов Н.В., Старчуков Д.С. Проектирование высокопрочного бетона с улучшенными физико-механическими характеристиками // Бетон и железобетон. 2007. №3. С. 16–18.
2. Ферронская А.В., Кожиев С.Б. Высококачественный мелкозернистый бетон для дорожных покрытий // Строительные материалы. 2005. №4. С. 58–59.
3. Chong Wang, Changhui Yang, Fang Liu, Chaojun Wan, Xincheng Pu. Preparation of Ultra-High Performance Concrete with common technology and materials // Cement and Concrete Research. 2012. No.34. Pp. 538–544.
4. Красникова Н.М., Морозов Н.М., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Оптимизация состава цементного бетона для аэродромных покрытий // Известия КазГАСУ. 2014. №2. С. 41–47.
5. Кузнецов Е.Н. Ползучесть и другие физико-механические свойства высокопрочных мелкозернистых бетонов нового поколения на основе органоминеральных модификаторов. Автореф. дисс.... к.т.н. М.: Издательство НИИЖБ, 2004. 33 с.
6. Патент №2229452 С04 В28/04 Бетонная смесь.

Красникова Н.М., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Опыт внедрения мелкозернистых бетонов при производстве дорожных плит



7. Морозов Н.М., Мугинов Х.Г., Хозин В.Г., Антаков А.Б. Высокопрочные песчаные бетоны для монолитного строительства // Известия КазГАСУ. 2012. №2. С.183–188
8. Якупов М.И., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Модифицированный мелкозернистый бетон для возведения монолитных покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов // Известия КазГАСУ, 2013. №4. С. 257–261.
9. Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А., Воронин В.В., Гольденберг Л.Б. Мелкозернистые бетоны: Учебное пособие. М.: МГСУ, 1998. 148 с.
10. Spiratos N., Page M., Mailvaganam N.P., Malhotra V.M., Jolicoeur C. Superplasticizers for Concrete. Fundamentals, Technology and Practice. Ottawa(Canada), 2003.-322 p.
11. Neville A.M., Brooks I.I. Time dependet behavior of concrete containing a plasticizer // Concrete. 1975. No. 10. Pp. 33–37.
12. Kwan A.K.H., Fung W.W.S. Roles of water film thickness and SP dosage in rheology and cohesiveness of mortar // Cement and Concrete Research. 2012. No. 34. Pp. 121–130.
13. Aggarwal P., Siddique R., Aggarwal Y., Gupta S. M. Self-Compacting Concrete - Procedure for Mix Design // Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies. 2008. Issue 12. Pp. 15–24.
14. Plank J., Hirsch C. Impact of zeta potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption // Cement and Concrete Research. 2007. Vol. 37. Pp. 537–542.
15. Koizumi K., Umemura Y., Tsuyuki N. Effects of Chemical Admixtures on the Silicate Structure of Hydrated Portland Cement. Differences on Adsorption Mechanisms // Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement. Montreal, 2007. Pp. 64–71.
16. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. Vol. 1. No.1. Pp. 5–15.
17. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. 1988. №3. С. 14–16.
18. Sarah C. Taylor-Lange, Kyle A. Riding, Maria C.G. Juenger Increasing the reactivity of metakaolin-cement blends using zinc oxide // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 34. Pp. 835–847.
19. Комохов П.Г. Механико-энергетические аспекты процессов гидратации, твердения и долговечности цементного камня // Цемент. 1987. № 2. С. 20–22.
20. Imene Joudi-Bahri, Andre Lecomte, Mongi Ben Ouezdou, Taoufik Achour. Use of limestone sands and fillers in concrete without superplasticizer // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 34. Pp. 801–807.
21. Mateusz Radlinski, Jan Olek. Investigation into the synergistic effects in ternary cementitious systems containing portland cement, fly ash and silica fume // Cement and Concrete Research. 2012. Vol. 34. Pp. 451–459.
22. Краснов А.М. Высоконаполненный мелкозернистый бетон повышенной прочности // Строительные материалы. 2003. №1. С. 8–10.
23. Perraki T., Kontori E., Tsvivilis S., Kakali G. The effect of zeolite on the properties and hydration of blended cements // Cement and Concrete Research. - #32, 2010. – P. 128–133.
24. Pistilli M.F. The Variability of Condensed Silica Fume from a Canadian Sourse and its Influence on the Properties of Portland Cement Concrete // Cement, Concrete and Aggregate. 1984. Vol. 6. No. 1. Pp. 33–37.
25. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
26. Морозов Н.М., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Сравнительная оценка мельниц по размолоспособности кварцевого песка и его эффективности в цементных бетонах // Известия КазГАСУ. 2011. №1. С. 177–181.
27. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: ООО «Типография «Парадиз», 2010. 258 с.

*Наталья Михайловна Красникова, г. Казань, Россия  
Тел. моб.: +7(927)4298559; эл. почта: knm0104@mail.ru*

*Николай Михайлович Морозов, г. Казань, Россия  
Тел. моб.: +7(903)3144226; эл. почта: nikola\_535@mail.ru*

*Игорь Викторович Боровских, г. Казань, Россия  
Тел. раб.: +7(843)5104734; эл. почта: borigor83@gmail.com*

*Вадим Григорьевич Хозин, г. Казань, Россия  
Тел. раб.: +7(843)5104734; эл. почта: borigor83@list.ru*

doi: 10.5862/MCE.51.6

## Experience of introduction of fine-grained concrete when producing road plates

**N.M. Krasnikova***Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia  
+79274298559; e-mail: knm0104@mail.ru***N.M. Morozov***Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia  
+79033144226; e-mail: nikola\_535@mail.ru***I.V. Borovskikh***Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia  
+78435104734; e-mail: borigor83@gmail.com***V.G. Khozin***Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia  
+78435104734; e-mail: borigor83@list.ru*

### Key words

fine-grained concrete; supersofteners; grain structure; fillers, durability; road plate

### Abstract

In this paper an example of introduction of fine-grained concrete in production of ferroconcrete products is reviewed. The study is important because a high-quality material can be obtained with the use of local raw materials.

Advantages of high-strength fine-grained (sandy) concrete are decrease in the mass of structures in bearing elements of buildings due to the reduced volume of concrete (to 50%). This decrease minimizes use of all materials being part of concrete (down to 50%), and when sizes of sections are equal, it is also possible to cut down the expenses on reinforcing steel (by 30%). Moreover, labor input on production, transportation costs and the given expenses decrease too.

The traditional concrete mix for road plates of permanent roads (coarse-grained concrete of the class B25) has been replaced by the developed fine-grained B60 concrete. It was shown that the use of sandy concrete of the class B60 for production of road plates leads to increased bearing capacity. Tolerance by deformation indicators is 80%, by strength indicators more than 100% with respect to the control loadings specified in Russian standards.

### References

1. Solovyova V.J., Stepanova I.V., Ershikov N.V., Korobov N.V., Starchukov D.S. *Proyektirovaniye vysokoprochnogo betona s uluchshennymi fiziko-mekhanicheskimi kharakteristikami* [Design of high-strength concrete with improved physical and mechanical characteristics]. *Beton i zhelezobeton*. 2007. No.3. Pp.16–18. (rus)
2. Ferronskaya A.V., Kozhiev S.B. *Vysokokachestvennyy melkozernistyyy beton dlya dorozhnykh pokrytiy* [High quality fine concrete paving]. *Building Materials*. 2005. No.4. Pp.58–59. (rus)
3. Chong Wang, Changhui Yang, Fang Liu, Chaojun Wan, Xincheng Pu. *Preparation of Ultra-High Performance Concrete with common technology and materials*. *Cement and Concrete Research*. 2012. No.34. Pp. 538–544.
4. Krasnikova N.M., Morozov N.M., Khokhryakov O.V., Khozin V.G. *Optimizatsiya sostava tsementnogo betona dlya aerodromnykh pokrytiy* [Optimization of cement concrete for airfield pavements]. *KSUAE News*. 2014. No.2. Pp. 41–47. (rus)
5. Kuznetsov E.N. *Polzuchest i drugiye fiziko-mekhanicheskiye svoystva vysokoprochnykh melkozernistykh betonov novogo pokoleniya na osnove organomineralnykh modifikatorov* [Creep and other physical and mechanical properties of high-strength fine-grained concrete on the basis of a new generation of organic modifiers]. Abstract of PhD thesis. Moscow: Izd-vo NIIZhB, 2004. 33 p. (rus)
6. Patent №2229452 B28 C04 / 04 *Betonnaya smes* [Concrete mixture]. (rus)
7. Morozov N.M., Mugina H.G., Khozin V.G., Antakov A.B. *Vysokoprochnyye peschanyye betony dlya monolitnogo stroitelstva* [High sand concrete for monolithic construction]. *KSUAE News*. 2012. No.2. Pp. 183–188. (rus)

Krasnikova N.M., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Khozin V.G. Experience of introduction of fine-grained concrete when producing road plates

8. Yakupov M.I., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Khozin V.G. Modifitsirovanny melkozernisty beton dlya vozvedeniya monolitnykh pokrytiy vzletno-posadochnykh polos aerodromov [Modified fine concrete for the construction of monolithic coatings runways of airfields]. *KSUAE News*. 2013. No.4. Pp. 257–261. (rus)
9. Bazhenov Y.M., Magdeev U.H., Alimov L.A., Voronin V.V., Goldenberg L.B. *Melkozernistyye betony: Uchebnoye posobiye* [Fine-grained concretes. The tutorial]. Moscow: MGSU, 1998. 48 p. (rus)
10. Spiratos N., Page M., Mailvaganam N.P., Malhotra V.M., Jolicoeur C. Superplasticizers for Concrete. *Fundamentals, Technology and Practice*. Ottawa(Canada), 2003. 322 p.
11. Neville A.M., Brooks I.I. Time dependet behavior of concrete containing a plasticizer. *Concrete*. 1975. No. 10. Pp. 33–37.
12. Kwan A.K.H., Fung W.W.S. Roles of water film thickness and SP dosage in rheology and cohesiveness of mortar. *Cement and Concrete Research*. 2012. No. 34. Pp. 121–130.
13. Aggarwal P., Siddique R., Aggarwal Y., Gupta S. M. Self-Compacting Concrete - Procedure for Mix Design. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*. 2008. Issue 12. Pp. 15–24.
14. Plank J., Hirsch C. Impact of zeta potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption. *Cement and Concrete Research*. 2007. Vol. 37. Pp. 537–542.
15. Koizumi K., Umemura Y., Tsuyuki N. Effects of Chemical Admixtures on the Silicate Structure of Hydrated Portland Cement. Differences on Adsorption Mechanisms. *Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement*. Montreal, 2007. Pp. 64–71.
16. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2003. Vol. 1. No.1. Pp. 5–15.
17. Babkov V.V., Polak A.F., Komohov P.G. Aspekty dolgovechnosti tsementnogo kamnya [Aspects of durability of cement stone]. *Cement*. 1988. No. 3. Pp. 14–16. (rus)
18. Sarah C. Taylor-Lange, Kyle A. Riding, Maria C.G. Juenger Increasing the reactivity of metakaolin-cement blends using zinc oxide. *Cement and Concrete Research*. 2012. No. 34. Pp. 835–847.
19. Komohov P.G. Mekhaniko-energeticheskiye aspekty protsessov gidratatsii, tverdeniya i dolgovechnosti tsementnogo kamnya [Mechanics and energy aspects of the processes of hydration, hardening and durability of cement stone]. *Cement*. 1987. No. 2. Pp. 20–22. (rus)
20. Imene Joudi-Bahri, Andre Lecomte, Mongi Ben Ouezdou, Taoufik Achour. Use of limestone sands and fillers in concrete without superplasticizer. *Cement and Concrete Research*. 2012. No. 34. Pp. 801–807.
21. Mateusz Radlinski, Jan Olek. Investigation into the synergistic effects in ternary cementitious systems containing portland cement, fly ash and silica fume. *Cement and Concrete Research*. 2012. No. 34. Pp. 451–459.
22. Krasnov A.M. Vysokonaplnenny melkozernisty beton povyshennoy prochnosti [Highly filled ruggedized fine concrete]. *Building Materials*. 2003. No.1. Pp. 8–10. (rus)
23. Perraki T., Kontori E., Tsvivilis S., Kakali G. The effect of zeolite on the properties and hydration of blended cements. *Cement and Concrete Research*. 2010. No.32. Pp. 128–133.
24. Pistilli M.F. The Variability of Condensed Silica Fume from a Canadian Source and its Influence on the Properties of Portland Cement Concrete. *Cement, Concrete and Aggregate*. 1984. Vol. 6. No. 1. Pp. 33–37.
25. Butt Y.M., Sychev M.M., Timashev V.V. *Khimicheskaya tekhnologiya vyazhushchikh materialov* [Chemical technology of binders. Moscow: High School, 1980. 472 p. (rus)
26. Morozov N.M., Khokhryakov O.V., Khozin V.G. Comparative evaluation of the mills on the grindability of quartz sand and its efficiency in cement concrete]. *KSUAE News*. 2011. No. 1. Pp. 177–181. (rus)
27. Kaprielov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. *Novyye modifitsirovannyye betony* [New modified concrete]. Moscow: OOO «Tipografiya «Paradiz Paradise», 2010. 258 p. (rus)

**Full text of this article in Russian: pp. 46–54**