

УДК 624.138.24:666.942.5  
DOI 10.22213/2410-9304-2018-1-83-91

*Н. И. Стрелков*, магистрант  
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## РОЛЬ СУПЕР- И ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОВ

*В настоящей статье рассматривается эффективность действия супер- и гиперпластификаторов в составах мелкозернистых песчаных бетонов. Оценивалась роль действия отечественных и зарубежных марок супер- и гиперпластификаторов в формировании прочности бетона на основе комплексного сравнительного анализа. В комплексе рассматривались показатели свойств, достигаемые мелкозернистыми песчаными бетонными смесями, которые содержали минимальное количество пластификатора и одновременно имели максимальную подвижность (которая оценивалась по диаметру расплыва стандартного конуса Абрамса). Во внимание принималась достигаемая прочность бетонов при твердении смесей в воздушно-влажных условиях.*

*Ввиду того, что прочность бетона существенно зависит от вида, генезиса и физико-механических свойств заполнителя, целесообразно было исследовать влияние модуля крупности песка на подвижность, прочность и однородность мелкозернистого песчаного бетона, содержащих супер- и гиперпластификаторы.*

*На основе экспериментальных исследований установлено, что наилучшей способностью сохранять требуемую подвижность (ПЗ – 10–15 см) и максимально снижать количество воды затворения обладает порошковый суперпластификатор Melflux 1641F на поликарбоксилатной основе. Кроме того, мелкозернистые песчаные бетоны обладали лучшей однородностью по сравнению с бетонами, содержащими пластифицирующие добавки Реламикс и МС-PowerFlow 2290.*

*Повышение прочности при сравнении показателей мелкозернистых песчаных бетонов достигается при использовании модуля крупности песка  $M_k = 1,25$ . Бетонные смеси с его использованием обладали однородностью и не расслаивались.*

**Ключевые слова:** суперпластификатор, гиперпластификатор, реология, высокопрочные бетоны, технологические свойства, мелкозернистые бетоны.

### Введение

Широкое применение бетона в качестве основного конструкционного материала с середины XX и в XXI веке обусловлено ростом наукоемкости бетоноведения, использованием современных, опережающих время разработок в технологии, науке о цементе и технике [1–6]. Особый интерес вызывают мелкозернистые песчаные бетоны [7–9] и щебеночные бетоны с мелкой фракцией [10–12], обладающие по сравнению с традиционными крупнощебеночными высокими механическими показателями однородностью, морозостойкостью и долговечностью. Достижение вышеуказанных свойств возможно в случае использования химических добавок, в частности, пластифицирующих, воздухововлекающих и комплексов на их основе из-за необходимости увеличения доли вяжущего [13–17]. Именно таким приемом возможно снизить количество воды затворения и добиться требуемых

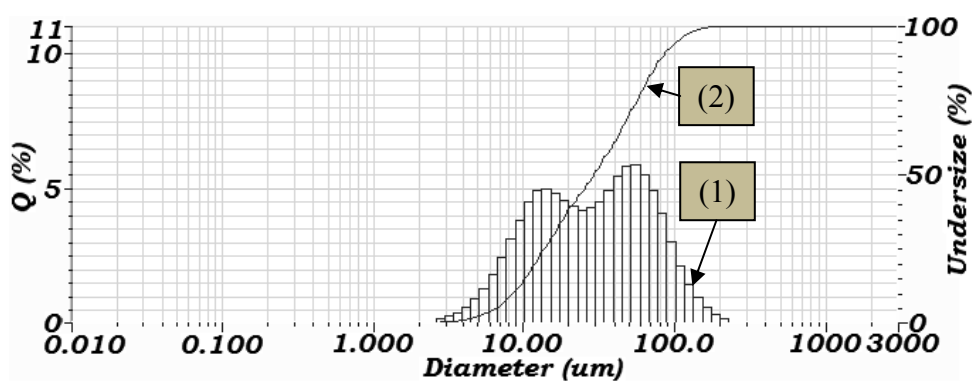
технологических свойств мелкозернистых бетонных смесей и высоких механических свойств бетонов. Одновременно, высокий расход вяжущего приводит к необходимости поиска путей его экономии, что актуально с экологической точки зрения и экономической – снижения стоимости изделий и конструкций [18, 19]. Целесообразно применение минеральных активных и добавок-наполнителей в бетонах для экономии цемента [20, 21]. Перспективными минеральными добавками являются тонкомолотые карбонатные породы, которые родственны по генезису цементу [22–24], влияние которых на структуру и свойства мелкозернистых песчаных бетонов до конца не изучено.

В настоящей статье исследовано влияние различных модулей крупности песка, современных пластифицирующих добавок и молотого доломитизированного известняка на прочностные свойства цементного бетона.

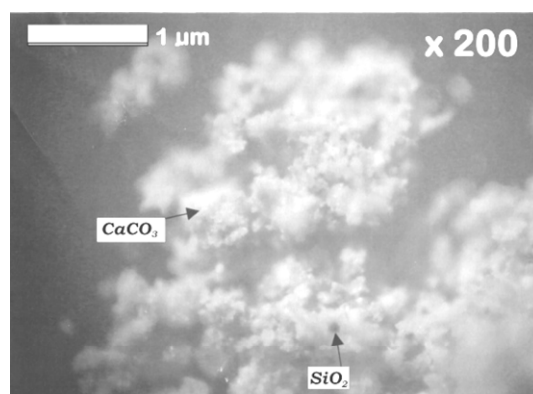
### Материалы и методы исследования

В настоящей работе в качестве вяжущего был использован цемент марки М500 Д0 Топкинского цементного завода с удельной поверхностью частиц ( $A_s = 320 \text{ м}^2/\text{кг}$ ). Молотый доломитизированный известняк получали тонким помолом отсева дробления щебня фракции  $\delta \leq 5 \text{ мм}$  с Гремячинского месторождения Пермского края. Интегральная и дифференциальная кривые гранулометрического анализа частиц добавки представлены на рис. 1, а, средний размер частиц – рис. 1, б. В качестве мелкого заполнителя использовали мелкий карьерный песок Сельчинского песчаного карьера с

модулями крупности ( $M_k$ ): 1,25; 1,35; 1,50. Для удаления органических примесей, его промывали и высушивали. Песок соответствовал ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия». В качестве пластифицирующих добавок использовали супер- и гиперпластификаторы, приведенные в табл. 2 и удовлетворяющие условиям ГОСТ 24211–2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия». Для приготовления бетонных смесей использовалась вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732–2011 «Вода для растворов и бетонов. Технические условия».



а



б

Рис. 1. Свойства тонкомолотой добавки доломитизированного известняка: а – дифференциальная (1) и интегральная (2) кривые распределения частиц добавки; б – микроструктура добавки при увеличении  $\times 200$  крат

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

| Материалы           | Содержание оксидов, % |                  |                   |                  |                                |                                |     |                 |     |                 |                  |
|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----------------|-----|-----------------|------------------|
|                     | CaO                   | SiO <sub>2</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | SO <sub>3</sub> | Cl  | CO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> |
| Цемент              | 63–67                 | 21–24            | <0,4              | <0,5             | 4–7                            | 3–5                            | 0,7 | 2,2             | 0,1 | –               | –                |
| Песок               | 0,4                   | 96,2             | 0,2               | –                | 1,1                            | 0,9                            | –   | 1,2             | –   | –               | –                |
| Добавка минеральная | 39,5                  | 4,5              | 0,1               | 0,2              | 3,4                            | 2,2                            | 8,1 | –               | –   | 42              | –                |

Таблица 2. Свойства пластифицирующих добавок и их оптимальные концентрации

| Название          | Содержание, % | Плотность, г/л | Ph        | Производитель       |
|-------------------|---------------|----------------|-----------|---------------------|
| Melflux 1641F     | 0,05–0,50     | 400–600        | 6,5 – 8,5 | Германия, Trostberg |
| Реламикс          | 0,55–0,65     | 1180–1200      | 7,9–8,1   | Россия, Кингисепп   |
| MC-PowerFlow 2290 | 0,20–0,50     | 1030–1090      | 5,5–8,0   | Германия, Bottrop   |

Анализ дифференциальной (1) и интегральной (2) кривых распределения частиц тонкомолотой добавки доломитизированного известняка показал преобладание частиц с размерами в интервале от 10 до 100 мкм.

Однако анализ микроструктуры при незначительном увеличении ( $\times 200$  крат) показал наличие мелких частиц (менее 1 мкм), что связано с их агрегацией после измельчения (рис. 1, б).

Микроструктура частиц тонкомолотой добавки доломитизированного известняка была изучена с помощью оптического микроскопа Olympus SZ 61 при увеличении в  $\times 200$  крат. Анализ распределения частиц добавки по размерам был получен на лазерном анализаторе HORIBA LA-950. По результатам анализа средний размер частиц составил 12,9 мкм, а удельная поверхность добавки, определенная с помощью прибора ПСХ-9, составила 410–450 м<sup>2</sup>/кг.

Подбор состава бетона с регулированием подвижности смеси по конусу Абрамса был выполнен согласно [25] с учетом ГОСТ 26633–2012 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия», рекомендации к ГОСТ 27006–86 по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов. Составы бетонов приведены в табл. 3.

Исследование модуля крупности песка ( $M_k$ ) на прочность выполняли на образцах-кубиках с ребром 20×20×20 мм, сформованных из цементно-песчаного бетона состава Ц:П = 1:2,5. Прочность образцов определяли в возрасте 28 суток после хранения в воздушно-влажных условиях.

Свойства и эффективность пластифицирующих добавок в бетонных смесях были исследованы по стандартной методике согласно рекомендациям к ГОСТ 27006–86 по подбору составов тяжелых и мелкозерни-

стых бетонов. Во внимание принималось два основных параметра: достижение максимальной подвижности смеси с одновременно максимальным снижением количества воды затворения в смеси и минимальным расходом пластифицирующей добавки в связи с ее высокой стоимостью. Оптимальную дозировку пластификатора определяли на образцах-кубах с ребром 20×20×20 мм, которые испытывали на прочность в возрасте 28 суток после их хранения в водной среде. После определения оптимальной дозировки пластификатора были изготовлены опытные образцы-балочки размерами 40×40×160 мм с содержанием различной доли тонкомолотой добавки доломитизированного известняка взамен цемента (по данным табл. 3): 5 %, 10 % и 15 %. Образцы хранились в воздушно-влажных условиях и испытывались на 7-е, 14-е и 28-е сутки.

Однородность определяли на опытных образцах-кубах с размерами 150×150×150 мм количественным методом, разработанным институтом ВНИИЖелезобетон. Отформованный образец с известной плотностью распалубливали, разрезали на две равные части по высоте и далее измеряли плотности верхней и нижней частей образца. По результатам замеров находили однородность ( $O$ ):

$$O = \frac{2 \cdot (\gamma_n - \gamma_v)}{\gamma_n + \gamma_v} \cdot 100\%,$$

где  $\gamma_n$  – плотность нижней части в кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_v$  – плотность верхней части, в кг/м<sup>3</sup>. Данные об однородности исследуемых мелкозернистых песчаных бетонов сведены в табл. 3.

Основным свойством мелкозернистых песчаных бетонов являлась прочность на сжатие, а главными показателями технологических свойств смесей – подвижность и однородность.

### Результаты эксперимента и их обсуждение

На данном этапе исследования предстояло выяснить, как модуль крупности песка влияет на прочность мелкозернистых пес-

чаных бетонов без содержания молотого доломитизированного известняка. Приготовленные мелкозернистые бетонные смеси имели подвижность  $15 \text{ см} = \text{const}$ .

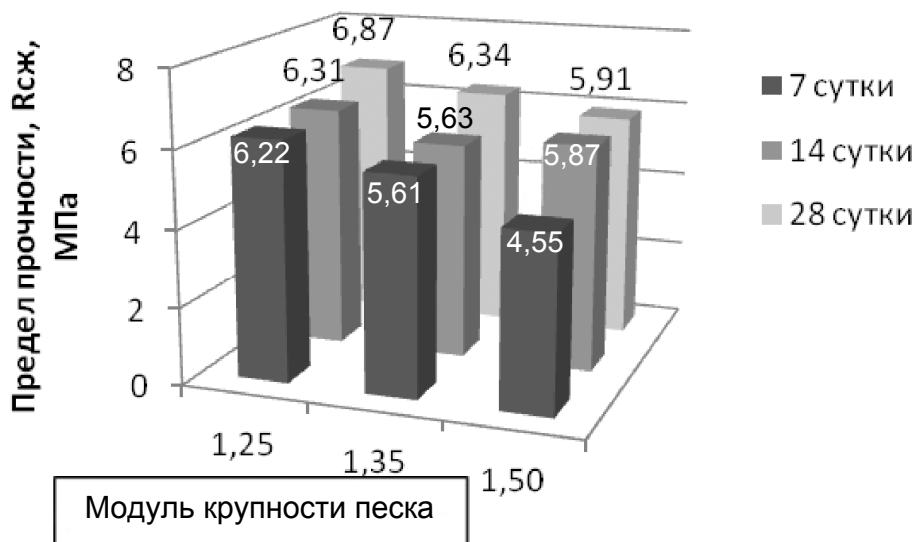


Рис. 2. Влияние  $M_k$  песка на прочность цементно-песчаного бетона

Анализ диаграммы прочности показал, что при  $M_k=1,25$  достигаются наивысшие прочностные свойства цементно-песчаного бетона, что обусловлено однородностью его структуры, достигаемой в результате твердения. Анализ сколов опытных образцов кубов показал плотную структуру цементного камня мелкозернистого песчаного бетона. Подобная структура наблюдается и у образцов-кубов, соответственно, с модулями крупности песков  $M_k=1,35$ ;  $1,50$ , однако

пористость в цементном камне на песках с указанными модулями крупности выше, чем у того же камня, в котором был использован песок с модулем крупности  $M_k = 1,25$ . Наличие большего числа пор и меньшая площадь контакта с цементными частицами из-за увеличения крупности заполнителя снижают прочность опытных образцов (рис. 3, а–в). В дальнейших исследованиях будет использоваться песок с  $M_k = 1,25$ .

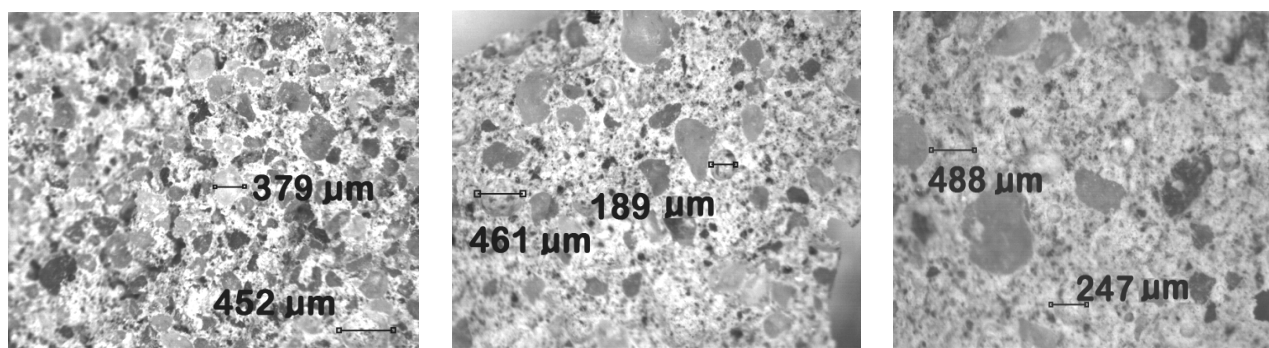


Рис. 3. Микроструктура сколов опытных образцов из мелкозернистых песчаных бетонов состава Ц : П = 1 : 2,5: а – песок с  $M_k = 1,25$ ; б – песок с  $M_k = 1,35$ ; в – песок с  $M_k = 1,50$

Для определения оптимальной дозировки и вида пластифицирующей добавки в составах мелкозернистых песчаных бетонов были исследованы: «Реламикс», «Power-Flow-2290» и «Melflux 1641F» в интервалах концентраций, приведенных в табл. 2.

Анализ влияния пластификаторов на нормальную плотность цементного теста показал (рис. 4), что «Реламикс» меньше всего снижает количество воды затворения с сохранением подвижности ПЗ – 30 % в исследуемом интервале концентраций от 0,55 до 0,65 %. Жидкий гиперпластификатор «МС-Power Flow-2290», применяемый в интерва-

ле концентраций от 0,20 до 0,50, показал неудовлетворительный результат, ибо величина снижения В/Ц в бетонной смеси по сравнению с суперпластификатором «Melflux 1641 F» при концентрациях 0,05–0,50 % ниже на 11 %. Дальнейшее увеличение концентраций пластифицирующих добавок сверх оптимальных приводит к снижению прочности опытных образцов. Снижение количества воды с сохранением нормальной плотности в первом случае составило 33 %, а во втором – 37 % при расходе гиперпластификатора «Melflux 1641 F» 0,08 % от массы вяжущего.

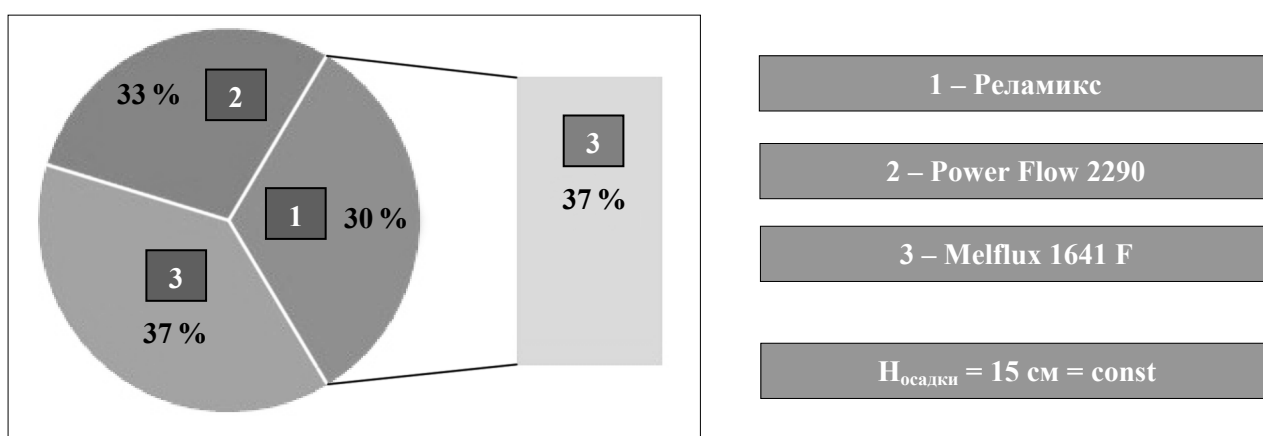


Рис. 4. Влияние супер- и гиперпластификаторов на нормальную плотность цементного теста: а – снижение количества воды в цементном тесте, %; б – виды используемых супер- и гиперпластификаторов

Таким образом, лучшим пластификатором является «Melflux 1641 F».

Были приготовлены мелкозернистые песчаные бетоны с различным содержанием доломитизированного известняка, песка с  $M_k = 1,25$  и пластификатора в соответствии

с рецептурами, приведенными в табл. 3. Количество добавки варьировалось от 5–15 % (составы, соответственно, 1 – 5 %; 2 – 10 %, 3 – 15 %). Пластифицирующая добавка подбиралась по достижению бетонными смесями подвижности 15 см = const.

Таблица 3. Рецептуры мелкозернистых бетонов контрольного и модифицированных составов и их свойства

| № п/п | Состав бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup> |                              |               |             |                      |       | Осадка конуса Абрамса, см | Свойства бетонных образцов |  |          |          |
|-------|--|------------------------------|---------------|-------------|----------------------|-------|---------------------------|----------------------------|--|----------|----------|
|       | Цемент (Ц), кг                           | Минеральная добавка (МД), кг | Песок (П), кг | Вода (В), л | Melflux 1641 F, кг/% | В/Ц   |                           | О, %                       | Прочность на сжатие (хранение в воде), МПа |          |          |
|       |  |                              |               |             |                      |       |                           |                            | 7 сутки                                    | 14 сутки | 28 сутки |
| 1.    | 341,4                                    | 18,0                         | 898,0         | 144,6       | 0,27/0,08            | 0,423 | 15                        | 97,2                       | 39,75                                      | 50,63    | 54,27    |
| 2.    | 323,4                                    | 36,0                         | 898,0         | 147,1       | 0,36/0,11            | 0,455 |                           | 92,1                       | 32,62                                      | 34,06    | 34,67    |
| 3.    | 305,4                                    | 54,0                         | 898,0         | 155,3       | 0,49/0,23            | 0,508 |                           | 86,0                       | 29,17                                      | 26,65    | 29,66    |
| К     | 359,4                                    | –                            | 898,0         | 150,2       | –                    | 0,492 |                           | 94,3                       | 32,58                                      | 51,08    | 48,02    |

Анализ табл. 3 показал достижение наивысших прочностных показателей у первого состава с содержанием тонкомолотого доломитизированного известняка в количестве 5 % от массы вяжущего. Прочность на сжатие у образцов-балочек увеличилась по сравнению с контрольным составом на 28-е сутки на 11,5 %. Подобная тенденция нарастания прочности наблюдается у состава 2, содержащего тонкомолотую добавку в количестве 10 %, однако по сравнению с контрольным – прочность, наоборот, ниже – на 28 %. Снижение прочности в период с 7-х по 28-е сутки, а также по сравнению с контрольным составом на 28-е сутки отмечено у состава, содержащего добавку в количестве 15 %.

Таким образом, состав 1 является оптимальным составом мелкозернистого песчаного бетона, содержащего тонкомолотую добавку доломитизированного известняка с удельной поверхностью 410–450 м<sup>2</sup>/кг, и песок с модулем крупности  $M_k = 1,25$ .

Положительное влияние добавки на кинетику набора прочности у первого состава мелкозернистого песчаного бетона, содержащего молотый доломитизированный известняк в количестве 5 %, обусловлено увеличением площади контактной зоны между структурированными оболочками в процессе гидратационного твердения. Это приводит к сокращению объема пор в бетоне и созданию слитной структуры мелкозернистого бетона благодаря действию гиперпластификатора «Melflux 1641 F».

Увеличение концентрации добавки до 10 % приводит к ожидаемому увеличению В/Ц и дозировки гиперпластификатора из-за бóльшей удельной поверхности минеральной добавки по сравнению с цементом на 26 %, одновременно уменьшается доля вяжущего, приходящегося на создание структурированной оболочки, поэтому прочность мелкозернистого песчаного бетона снижается. Аналогичная ситуация наблюдается при содержании молотого доломитизированного известняка в количестве 15 % в составе бетона.

Данные прочности на сжатие мелкозернистых песчаных бетонов в возрасте 28 суток подтверждают полученные показатели

однородности опытных образцов-кубов. Максимальное значение – 97,2 % – наблюдается у модифицированного 5 % добавки образца мелкозернистого бетона. По сравнению с контрольным составом это значение ниже на 3 %. По мере увеличения концентрации добавки, а вместе с тем и доли гиперпластификатора и воды однородность снижается.

Таким образом, оптимальная концентрация тонкомолотого доломитизированного известняка в составе мелкозернистого песчаного бетона – 5 %.

### Выводы

В ходе проведенных исследований о влиянии вида и концентрации пластифицирующей добавки на прочностные показатели мелкозернистых песчаных бетонов было установлено, что лучшей пластифицирующей добавкой, позволяющей при ее минимальном количестве в составе бетонной смеси максимально снижать водопотребность с сохранением требуемой подвижности, является гиперпластификатор «Melflux 1641 F».

Анализ прочности и микроструктуры сколов опытных образцов мелкозернистых песчаных бетонов с использованием песков различных модулей крупности показал, что оптимальным модулем является  $M_k = 1,25$ .

Хорошие результаты показал состав с 5%-м содержанием добавки доломитизированного известняка. При большем содержании добавки происходит спад прочности из-за недостатка вяжущей части в бетоне.

Анализ влияния пластификатора «Melflux 1641F» на свойства бетона с добавкой доломитизированного известняка с тонкостью помола 410–450 м<sup>2</sup>/кг показал его эффективность по двум критериям:

1) снижением водоцементного отношения без потери подвижности мелкозернистой бетонной смесью – 4 %;

2) возможностью экономии цемента без снижения прочности – 5 %.

Оптимальная концентрация гиперпластификатора составляет 0,08 % от массы вяжущего.

**Библиографические ссылки**

1. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Специальные бетоны. М. : Инфра-Инженерия, 2012. 368 с.
2. Ушеров-Маршак А. В. Повышение роли добавок в бетон как результат технологического мышления. Химические и минеральные добавки в бетон / под общ. ред. А. В. Ушерова-Маршака. Харьков : Колорит, 2005. 280 с. : ил.
3. Калашиников В. И. Супер- и гиперпластификаторы. Микрокремнеземы. Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2011. № 4 (21). С. 60–69.
4. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. М. : Стройиздат, 1998. 768 с.
5. Батраков В. Г. Теория и перспективные направления развития работ в области модифицирования цементных систем // Цемент и его применение. 1999. № 11-12. С. 14–19.
6. Каприэлов С. С., Шейнфельд А. В., Кардунян Г. С. Новые модифицированные бетоны. М. : Типография «Парадиз», 2010. 258 с.
7. Львович К. И. Песчаный бетон и его применение в строительстве. СПб. : Строй-Бетон, 2007. 320 с.
8. Zaitri R., Bederina M., Bouziani T., Makhloufi Z., Hadjoudja M., 2014. Development of high performances concrete based on the addition of grinded dune sand and limestone rock using the mixture design modeling approach, Construction and Building Materials 60, pp. 8-16.
9. Atcin P.-C. High Performans Concrete. E&FN Spon, 2000. 140 p.
10. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашиников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны. М. : Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
11. Дворкин Л. И., Гоц В. И., Дворкин О. Л. Испытание бетонов и растворов. Проектирование их составов. 2-е изд. М. : Инфра-Инженерия, 2015. 432 с.
12. Волков Ю. С. Применение сверхпрочных бетонов в строительстве // Бетон и железобетон. 1994. № 7. С. 27–31.
13. Бабаев Ш. Т. Особенности технологии получения и исследования свойств высокопрочного бетона с добавками суперпластификатора : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1980. 21 с.
14. Ушеров-Маршак А. В. Добавки нового поколения. Химические и минеральные добавки в бетон / под общ. ред. А. В. Ушерова-Маршака. Харьков : Колорит, 2005. 280 с. : ил.
15. Ramachandran V. et al. Superplasticizers: Properties and Applications in Concrete. Canmet, 1998. 404 p.

16. Dodson V. Concrete Admixture. Van Nostrand Reinhold, 1990. 211 p.
17. Dhir R. K. Advances in Ready Mixed Concrete Technology. Pergamon Press. Oxford. 1981. 156 p.
18. Калашиников В. И. Через рациональную реологию – в будущее бетонов // Технологии бетонов. 2007. № 6. С. 8–11.
19. Баженов Ю. М. Технология бетона. М. : Изд-во АСВ, 2011. 528 с.
20. Высокый С. А. Минеральные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. 1994. № 2. С. 7–10.
21. Concrete Admixture Handbook. V. S. Ramachandran ed. Noyes Rill. Second ed., 1995. 1153 p.
22. Elrahman M.-A., Hillemeier B. 2014. Combined effect of fine fly ash and packing density on the properties of high performance concrete: An experimental approach, Construction and Building Materials. 58, pp. 225-233.
23. Beixing L., Jiliang W. Mingkai Zh. 2009. Effect of Limestone fines content in manufactured sand on durability of low- and high- strength concretes: An experimental approach, Construction and Building Materials. 23, pp. 2846-2850.
24. Ghoddousi P., Shirzadi Jovid A.-A., Sobbani J. 2014. Effects of particle packing density on the stability and rheology of self-consolidating concrete, containing mineral admixtures: An experimental approach, Construction and Building Materials. 53, pp. 102-109.
25. Миронов В. А., Белов В. В., Голубев А. И., Смирнов М. А. Оптимизация композиций для изготовления строительных смесей. СПб. : Квинтет, 2008. 416 с.

**References**

1. Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. (2012). *Special`nie betony* [Special Concretes]. Moscow: Infra-Inzheneriya (in Russ.).
2. Usherov-Marshak A. V. (2005). *Povyshenie roli dobavok v beton kak rezul'tat tekhnologicheskogo myshleniya. Khimicheskie i mineral'nye dobavki v beton* [Increasing the role of additives in concrete as a result of technological thinking. Chemical and mineral additives in concrete]. Kharkiv: Kolorit. 280 p. (in Russ.).
3. Kalashnikov V. I. (2011). *ALITinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi* [ALITinform: Cement. Concrete. Dry mixes], no. 4 (21), pp. 60-72 (in Russ.).
4. Batrakov V. G. (1998). *Modificirovannie betony* [Modified Concretes]. Moscow: Stroiiizdat, 768 p. (in Russ.).

5. Batrakov V. G. (1999). *Tsement i ego primeneniye* [Cement and its Application], no. 11-12, pp. 14-16 (in Russ.).
6. Kaprielov S. S., Sheinfel'd A. V., Kardumyan G. S. (2010). *Novie modifitsirovannye betony* [New Modified Concretes]. Moscow: Tipografiya «Paradiz», 258 p. (in Russ.).
7. L'vovich K. I. (2007). *Peschanii beton i ego primeneniye v stroitel'stve* [Sand Compression Concrete And Its Application In Building Industry], St. Petersburg: Stroi-Beton, 320 p. (in Russ.).
8. Zaitri R., Bederina M., Bouziani T., Makhloufi Z., Hadjoudja M. (2014). Development of high performances concrete based on the addition of grinded dune sand and limestone rock using the mixture design modeling approach, *Construction And Building Materials* 60, pp. 8-16.
9. Atcin P.-C. (2000) High Performans Concrete. E&FN Spon.
10. Bazhenov Yu. M., Dem'yanova V. S., Kalashnikov V. I. (2006). *Modifitsirovannye vysokokachestvennye betony* [Modified High-quality Concrete]. Moscow: Izd-vo ASV, 368 p. (in Russ.).
11. Dvorkin L. I., Gots V. I., Dvorkin O. L. (2015). *Ispitanie betonov i rastvorov* [Testing Of Concrete And Mortars]. Moscow: Infra-Inzheneriya, 432 p. (in Russ.).
12. Volkov Y. S. (1994). *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], no. 7, pp. 27-31 (in Russ.).
13. Babaev Sh. T. (1980). *Osobennosti tekhnologii polucheniya i issledovaniya svoystv vysokoprochnogo betona s dobavkami superplastifikatora* [Special aspects of technology production and research the properties of high-performance concrete with addition of superplasticizer admixtures]: abstract of PhD Thesis. Moscow, 21 p. (in Russ.).
14. Usherov-Marshak A. V. (2005). *Dobavki novogo pokoleniya. Khimicheskie i mineral'nye dobavki v beton* [Additives of new generation. Chemical and mineral additives in concrete]. Kharkov: Kolorit, 280 p. (in Russ.).
15. Ramachandran V. et al. (1998). *Superplasticizers: Properties and Applications in Concrete*. Canmet.
16. Dodson V. (1990). *Concrete Admixture*. Van Nostrand Reinhold.
17. Dhir R. K. (1981). *Advances in Ready Mixed Concrete Technology*. Pergamon Press. Oxford.
18. Kalashnikov V. I. (2007). *Tekhnologii betonov* [Concrete Technology], no. 6, pp. 8-11 (in Russ.).
19. Bazhenov Y. M. (2011). *Technologiya betona* [Concrete Technology]. Moscow: Izd-vo ASV, 528 p. (in Russ.).
20. Vysotsky S. A. (1994). *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], no. 2, pp. 7-10. (in Russ.).
21. *Concrete Admixture Handbook*. V.S. Ramachandran ed. Noyes Rill. Second ed., (1995).
22. Elrahan M.-A., Hillemeier B. (2014). Combined effect of fine fly ash and packing density on the properties of high performance concrete: An experimental approach, *Construction and Building Materials*. 58, pp. 225-233.
23. Beixing L., Jiliang W. Mingkai Zh. (2009). Effect of Limestone fines content in manufactured sand on durability of low- and high- strength concretes: An experimental approach, *Construction and Building Materials*. 23, pp. 2846-2850.
24. Ghoddousi P., Shirzadi Jovid A.-A., Sobhani J. (2014). Effects of particle packing density on the stability and rheology of self-consolidating concrete, containing mineral admixtures: An experimental approach, *Construction and Building Materials*. 53, pp. 102-109.
25. Mironov V. A., Belov V. V., Golubev A. I., Smirnov M. A. (2008). *Optimizatsiya kompozitsii dlya izgotovleniya stroitel'nikh smesey* [Optimization Of The Compositions For The Manufacturing Building Mixtures]. St. Petersburg: Kvintet, 416 p. (in Russ.).



\*\*\*

N. I. Strelkov, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU

### **The Role of Super- and Hyper Plasticizing Agents in Forming of High-Performance Concretes**

*In the present paper the efficiency of super- and hyperplasticizing agents in mixtures of sand compression concretes (sand concretes) was considered. The role of super- and hyper plasticizing agents due to organization of concrete durability was estimated on the base of complex comparison study. The demand of sand concrete consistency and list quantity of super- and hyper plasticizing agent were considered accumulatively as basic properties of sand compression concretes. Furthermore, the highest durability of concrete samples was taken into account, due to hardening of sand compression concretes in humid air conditions.*

*Since the durability of sand compression concretes essentially depends on the mode, genesis, physical and mechanical properties of aggregate for concrete, it was reasonable to investigate the influence of Abram's fineness modulus to sand concrete consistency, durability and homogeneity of sand compression concrete mixture, containing super- and hyper plasticizing agents.*

*On the base of experimental researches it was established, that polycarboxylate hyper plasticizing agent - Melflux 1641F extremely decreases the quantity of cement-water ratio and keeps the required sand concrete consistency (P3 – 10-15 cm). Moreover, the mixture of sand compression concrete possessed the best homogeneity in a comparison with mixtures, containing «Relamix» and « MC-PowerFlow 2290» plasticizing agents.*

*The durability increase of sand compression concrete was achieved when sand with Abram's fineness modulus  $M_f = 1,25$  was used. Concrete mixtures on its basis possessed homogeneity and did not segregate.*

**Keywords:** superplasticizer agent, hyperplasticizer agent, rheology, sand compression concrete, technological properties, fine-aggregate concretes.

Получено: 11.12.17