

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ – УНОСА ПРИ МОДИФИКАЦИИ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Солоненко И.П.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

### **Постановка проблемы.**

Снижение расходов на дорожное строительство за счет повышения эффективного использования строительных материалов были и остаются важнейшей научно-технической проблемой. Научные исследования и практика дорожного строительства [1-6] показывают, что одним из путей снижения стоимости автомобильных дорог является применение вторичных ресурсов: отходов энергетики, промышленности и сельского хозяйства в качестве дорожно-строительного материала.

Согласно рекомендациям [1, 2] в качестве наполнителей можно применять молотый кварцевый песок, микрокремнезем, золу-уноса (З-У) и т.д. Исследования [3-4] показали, что применение З-У в роли микро-наполнителя для бетонных конструкций улучшает их водонепроницаемость, ударостойкость и снижает истираемость ЦБ. Исследования состава З-У [4] позволили выделить в её составе крупную (размер частиц 120-60 мкм), мелкую (размер частиц 60- 25 мкм) и сверхтонкую (размер частиц 5-25 мкм) фракции (рис. 1).

Исходя из проведенных ранее исследований автором [6-8] была предложена рабочая гипотеза: «Повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик модифицированных мелкозернистых бетонов для дорожного покрытия возможно за счет использования модифицированных добавок, содержащих в своем составе: пластифицирующую добавку Dунатон Easy 11 (СП), воздухововлекающую добавку (ВВД) - РТ-1, полипропиленовую фибру (Фп) и наполнитель – зола-уноса».

Исследования [3, 5] физико-механических характеристик мелкозернистых бетонов с введением в их состав нескольких видов наполнителей показало, что применение З-У Ладыжинской и Бурштынской ГРЭС наиболее предпочтительно (табл. 1). При этом обеспечивается снижение расхода строительных материалов (цемента 50-70 кг/м<sup>3</sup>, мелкого заполнителя 25-30 кг/м<sup>3</sup>) и незначительное снижение прочности на сжатие, и изгиб. Наблюдается уменьшение расхода воды (на 10-15

л/м<sup>3</sup>), при заданном (согласно технологическим требованиям к бетону [9-11]) распыле конуса, что объясняется относительно высокой удельной поверхностью З-У (от 3000 до 4000 см<sup>2</sup>/г) и высоким содержанием оксида алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), более 20% от массы З-У.

Таблица 1

Химический состав и физические свойства наполнителей  
по данным работы [6]

Наполнитель		Шлак марте-новский	Зола Бурштынской ГРЭС	Зола Ладыжинской ГРЭС	Отход производства ферросилиция (ОПФ)
Содержание оксидов, %					
SiO <sub>2</sub>		18	54	55,3	83,5
AlO <sub>2</sub>		5,07	23,75	22,34	1,2
Fe+Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		14,8	13,8	5,4	0,8
MnO		5,4	-	2,46	-
MgO		6,96	1,91	0,12	0,5
CaO		43,6	4,98	5,96	1,4
SO <sub>2</sub>		0,08	0,53	0,38	-
P <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		0,45	-	0,33	-
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O		-	0,13-0,12	2,46	-
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Истинная	3,33	2,21	2,32	2,22
	Средняя	1,20	0,87	0,91	0,30
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г		2000	4191	3300	31000

В работе Дворкина Л.И., Соломатова В.И., Вырового В.Н., и др. [5] приведены данные о том, что применение в составе цементобетона (ЦБ) З-У (Ладыжинской ГРЭС) в количестве 15% приводит к снижению истираемости бетона в 1,5-3 раза и повышению ударной прочности ЦБ на 7%. Введение в мелкозернистые бетоны З-У совместно с комбинированной добавкой ПФМ в количестве 1% от массы цемента увеличивает ударную прочность материала на 18%.

Проведенный анализ технической литературы [1-8] показывает, что З-У можно считать перспективным наполнителем при изготовлении дорожных покрытий из ЦБ. Это и определило цель предлагаемой работы.

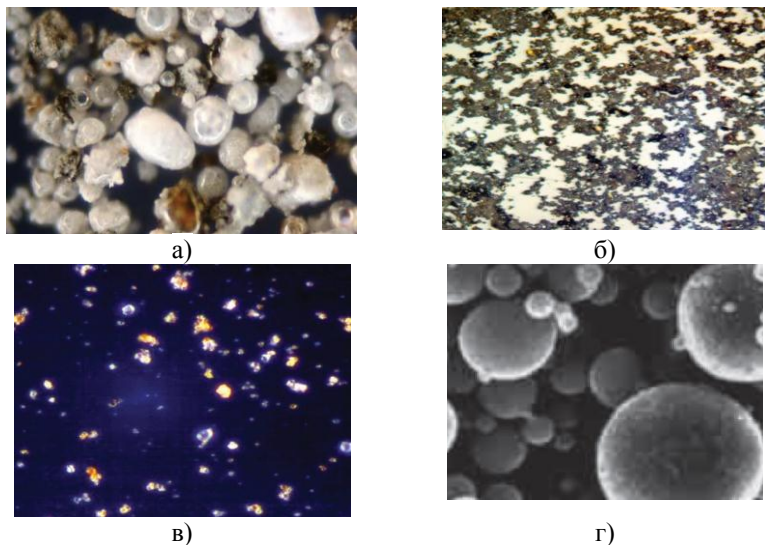


Рис. 1. Состав золы-уноса исследовался на микроскопе ЭМВ-100Б (увеличение  $15-20 \times 10^3$ ) по данным работы [4], а) крупная фракция частиц золы уноса, б) тонкая фракция частиц золы уноса, в) сверхтонкая фракция, г) электронная микрофотография частиц золы-уноса.

### **Цель и задачи исследования.**

Цель исследования: изучить влияние на физико-механические показатели ЦБ дорожного покрытия при использовании в его составе золы-уноса Ладыжинской ТЭС.

### **Основная часть.**

Исследования проводились в лаборатории кафедры ПСЭАД ОГАСА. Опытные образцы изготовлялись по методике, изложенной в работе [8], где использовались следующие материалы:

- цемент ПЦ – I – Н 500 (бездобавочный), производства ОАО «Югцемент»;
- кварцевый песок, Вознесенского карьера, мытый (Мкр = 2,5);
- отсев гранитного щебня (фр. от 0,14 до 10 мм);
- пластифицирующая добавка Dynamon Easy 11, («Mapei»);
- воздухововлекающая добавка РТ-1, («Mapei»);
- наполнитель 3-У Ладыжинской ТЭС: удельная поверхность  $S_{уд} = 330 \text{ м}^2/\text{кг}$ , размеры частиц от 1 мкм до 150 мкм (средний размер частицы ок. 20 мкм), средняя плотность  $0,91 \text{ г}/\text{см}^3$ , истинная плотность  $2,32 \text{ г}/\text{м}^3$ , форма частиц золы-унос в основном сферическая (химический

состав: SiO<sub>2</sub> - 48-56; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 22-26; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 9-14; CaO – 1,3-3,2; MgO – 1,5; K<sub>2</sub>O – 0,5-5,5; Na<sub>2</sub>O – 0,5-5,5; SO<sub>3</sub> - 1-6);

- полипропиленовая фибра - MAPEFIBRE NS 12/ NS 18 (диаметр – 0,34 мкм, длина волокна 12-18 мм, плотность – 0,91 г/м<sup>3</sup>, прочность на разрыв – 700 МПа), (по данным «Marel» [12]).

Предварительные испытания, проведенные под руководством и непосредственным участием автора, их порядок выполнения и результаты приведены в работе [10]. Это позволило подобрать необходимое количество добавки Дупатон Easy 11. Для рассматриваемой бетонной смеси она составила 1,5% от массы цемента. Количество добавки З-У варьировалось в пределах от 5 до 40% от массы цемента (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2

Экспериментальные составы бетонной смеси

Компоненты	Составы					
	1	2	3	4	5	6
Цемент, кг/м <sup>3</sup>	521	495	469	443	417	391
Песок, кг/м <sup>3</sup>	473	473	473	473	473	473
Отсев щебня, кг/м <sup>3</sup>	1050	1050	1050	1050	1050	1050
З-У, кг/м <sup>3</sup>	0	26	52	78	104	130
Вода, л/м <sup>3</sup>	260	250	236	248	230	215
В/Ц	0,49	0,50	0,50	0,56	0,55	0,55
ρ, г/см <sup>3</sup>	2,299	2,312	2,324	2,326	2,319	2,320
ОК, см	16	16	16	17	16,5	16
<b>Условия</b>	t (20 ± 3) <sup>0</sup> С, Влажность 70...80%					

Результаты, приведенные на рисунке 1, показывают, что введение в состав З-У до 5% ведет к снижению прочности на сжатие ЦБ с 51,5 до 47,8 МПа, что составляет 10,7%. Увеличение до 10% З-У снижает с 51,5 до 42 МПа, что составляет 18,4%. 15% З-У снижает на 13,1%. 20% З-У снижает 14,5%. Дальнейшее увеличение количества З-У в составе ЦБ приводит к существенному снижению его прочности так, при 25% -16%. Таким образом, ЦБП с введенным в его состав до 10% З-У не значительно снижает прочностные характеристики [9] бетона (18,4%). Такой бетон может применяться в дорожном строительстве.

Зависимость объема вовлеченного воздуха в состав бетонной смеси от количества введенной воздухововлекающей добавки определялась расчетным методом согласно ДСТУ Б В.2.7-114-2002 [10].

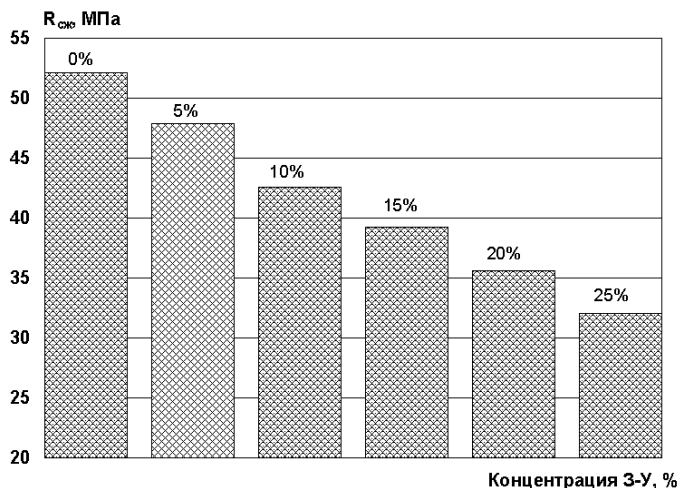


Рис. 2. Прочность на сжатие после введение в состав образцов золы-уноса в количестве от 0 до 25 % от массы цемента

### ***Выводы***

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы: включение 3-У (10%) в состав цементобетона ведет к снижению прочности на сжатие на 42 МПа (18,4%); увеличивает истираемость бетона с 0,56 г/см<sup>2</sup> на 0,61 г/см<sup>2</sup> (8,2%). Однако это удовлетворяет требованиям по истираемости для дорожного покрытия [9] (до 0,7 г/см<sup>2</sup>).

Таким образом, введение в состав цементобетона в качестве микронаполнителя золы-уноса может быть рекомендовано для жестких покрытий автомобильных дорог.

### **Summary**

**The article examines the impact on the physical and mechanical properties of the modified cement concrete (additives Dynamon Easy 11 air-entraining admixture RT-1 and polypropylene fibers), the introduction of its constituent mineral filler - ash – ash**

### ***Литература***

1. Путилин Е.И., Цветков В.С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. М.: Государ-

ственный дорожный научно-исследовательский институт. ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», 2003. – 45 с.

2. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций / НИИЖБ - М Стройиздат, 1986 - 80 с.

3. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. – К.: КНУБіА. 2007.- 256с.

4. Касимов А.М., Ковалев А.А., Калиновский А.Я . Основные физико-химические свойства частиц золошлаковых отвалов угольных ТЭС Украины // Экология и промышленность. — 4/6 ( 52 ) 2011. — С. 53—58.

5. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями // Будив., К. 1991.- 136 с.

6. Солоненко И.П. Модифицированные цементобетонные композиции для дорожного покрытия // Вісник ОДАБА. Вып.№48. Частина 2 – Одеса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2012. – С. 98-103.

7. Солоненко И.П. Цементобетонные композиции на основе добавки ХТС-6 для дорожного строительства // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених та студентів «Інноваційні процеси в галузі дорожнього будівництва». Містобудування та територіальне планування. – К., КНУБА, 2012. – Вип. 45. Частина 3. – С. 118-122.

8. Солоненко И.П. Сучасні пластифікуючі добавки для цементобетонів у дорожньому будівництві // Вестник ОГАСА. Вып.№45 – Одеса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2012. – С. 254-258.

9. ДБН В.2.3-4:2007 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ 2007. 92 с.

10. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань».

11. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Бетони важкі. ТУ.

12. ТУ У В.2.7-24.6-02498197-385-2004 воздухововлекающая добавка РТ-1, полипропиленовая фибра MAPEFIBRE NS 12/ NS 18, пластификатор Dynamon Easy 11. Фирма Mapei, Италия.