

## ИСТИРАЕМОСТЬ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ДЛЯ АВТОДОРОГ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Мишутин А.В., *д.т.н., проф.*, Солоненко И.П., *ассистент*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

### Постановка проблемы

При эксплуатации автомобильных дорог с бетонным покрытием (БП), происходит изнашивание его верхнего слоя, что обусловлено движением транспорта, а также циклическим замораживанием-оттаиванием бетона, которое происходит в зимнее время [1].

**Цель исследования** - изучить величину истираемости дорожного покрытия из цементобетона (ЦБ) в зависимости от его состава и с учетом морозостойкости.

Изучение свойств ЦБ покрытий, проводилось с применением методов планирования эксперимента [2]. Эксперимент проводится по 27-ти точечному плану (табл. 1). Факторы и их диапазон изменения выбирался по результатам приведенных в работах [3, 4]. В качестве факторов влияния принималось:

$x_1$  - количество портландцемента марки 500, от 370 до 570 кг/м<sup>3</sup>.

$x_2$  – количество суперпластификатора DYNAMON EASY 11 на основе акрилового полимера, от 0% до 1% от массы цемента.

$x_3$  – количество воздухововлекающей добавки РТ-1, от 0 до 0,05% от массы цемента.

$x_4$  – количество полипропиленовой фибры MAPEFIBRE NS 12/ NS 18, от 0 до 0,6 кг/м<sup>3</sup>.

$x_5$  – количество наполнителя микрокремнезем, от 0 до 15 кг/м<sup>3</sup> от массы цемента.

### Основная часть

Опыты проводились в ОГАСА, в лаборатории кафедры ПСЭАД, в следующей последовательности:

- подбор состава бетона, применяемый для изготовления образцов приведен в таблице 1;

- полученные образцы выдерживались в условиях нормального твердения в течение 28 суток ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ,  $W=80\%$ ) [5];

- на 28 сутки образцы  $7\times 7\times 7$  см<sup>3</sup> испытывались на истирание (прибор ЛКИ-3), согласно методике [6];

Таблица 1

## План эксперимента и составы исследуемых бетонов

План						Состав бетона						
№	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	Ц, кг/м <sup>3</sup>	Щ, кг/м <sup>3</sup>	П, кг/м <sup>3</sup>	DE л/м <sup>3</sup>	PT-1, л/м <sup>3</sup>	Ф, кг/м <sup>3</sup>	МК, кг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	-1	570	1036	490	5,90	0,285	0,60	0
2	1	1	1	-1	1	570	1036	490	5,90	0,285	0	15
3	1	1	-1	1	1	570	1036	490	5,90	0	0,60	15
4	1	1	-1	-1	-1	570	1036	490	5,90	0	0	0
5	1	-1	1	1	1	570	1036	490	0	0,285	0,60	15
6	1	-1	1	-1	-1	570	1036	490	0	0,285	0	0
7	1	-1	-1	1	-1	570	1036	490	0	0	0,60	0
8	1	-1	-1	-1	1	570	1036	490	0	0	0	15
9	-1	1	1	1	1	370	1080	559	5,90	0,185	0,60	15
10	-1	1	1	-1	-1	370	1080	559	5,90	0,185	0	0
11	-1	1	-1	1	-1	370	1080	559	5,90	0	0,60	0
12	-1	1	-1	-1	1	370	1080	559	5,90	0	0	15
13	-1	-1	1	1	-1	370	1080	559	0	0,185	0,60	0
14	-1	-1	1	-1	1	370	1080	559	0	0,185	0	15
15	-1	-1	-1	1	1	370	1080	559	0	0	0,60	15
16	-1	-1	-1	-1	-1	370	1080	559	0	0	0	0
17	1	0	0	0	0	570	1036	490	2,95	0,142	0,30	7,50
18	-1	0	0	0	0	370	1080	559	3,85	0,092	0,30	7,50
19	0	1	0	0	0	470	1055	578	4,89	0,117	0,30	7,50
20	0	-1	0	0	0	470	1055	578	0	0,117	0,30	7,50
21	0	0	1	0	0	470	1055	578	2,44	0,235	0,30	7,50
22	0	0	-1	0	0	470	1055	578	2,44	0	0,30	7,50
23	0	0	0	1	0	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	7,50
24	0	0	0	-1	0	470	1055	578	2,44	0,117	0	7,50
25	0	0	0	0	1	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	15
26	0	0	0	0	-1	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	0
27	0	0	0	0	0	470	1055	578	2,44	0,117	0,60	7,50

- образцы подвергались испытанию на морозостойкость (до -50 °С) по 3 методике [7], в морозильной камере УТИ 120-Х-1/-50;

- после исследований на морозостойкость (F 200) образцы, которые положительно прошли испытание, исследовались на истирание согласно [6].

Результаты опытов по истираемость модифицированных цементобетонных покрытий (ЦБП) до и после испытания на морозостойкость (F 200), представлены на рисунке 1.

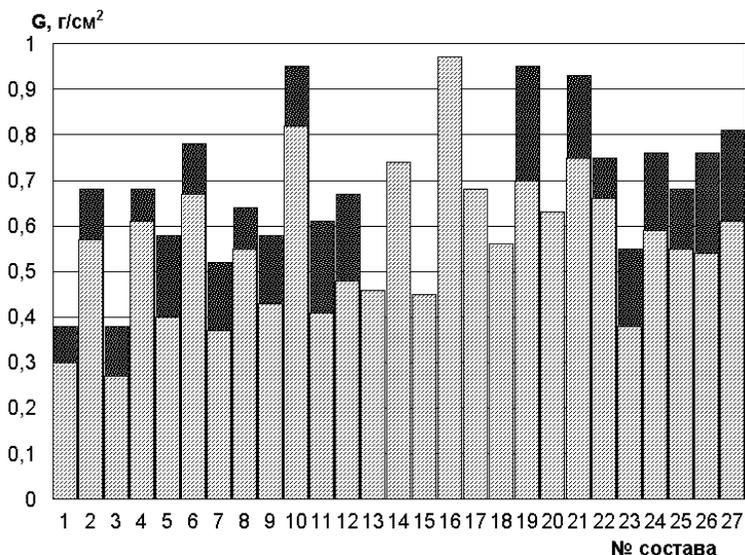


Рис. 1. Истираемость образцов ЦБП до и после испытания на морозостойкость (F 200), составы 13-18 и 20 не выдержали испытания на морозостойкость

Как видно из рисунка истираемость материала ЦБП для автомобильных дорог (АД) (рис. 1, ) наиболее эффективно снижается за счет применения полипропиленовой фибры. Составы с содержанием волокон в количестве  $0,3-0,6 \text{ кг/м}^3$  показывают уровень истираемости ниже до  $0,3 \text{ г/см}^2$  (более 50%) аналогичных бетонов без фибры. То есть дисперсное армирование, эффективно повышает износостойкость материала дорожного покрытия из ЦБ. При повышении количества портландцемента (с  $370$  до  $570 \text{ кг/м}^3$ ) истираемость бетона снижается за счет увеличения прочности материала. Введение в состав бетона наполнителя МК (до  $15 \text{ кг/м}^3$ ) приводит к снижению уровня  $G$  (на 15%).

Наибольшее влияние на истираемость образцов ЦБП после испытания на морозостойкость (рис. 1, ) оказывает введение наполнителя МК (до  $15 \text{ кг/м}^3$ ) совместно с фиброй MN (до  $0,6 \text{ кг/м}^3$ ) снижают  $G_f$  до  $0,5 \text{ г/см}^2$  (более 50%). Т.к. дисперсное армирование увеличивает поверхностную прочность материала покрытия, а применения наполнителя МК увеличивает прочность на сжатие образца, что ведет к увеличению стойкости к истираемости после испытания на морозостойкость.

Результаты испытания на истираемость ЦБП позволили рассчитать коэффициенты ЭС-моделей: для контрольных образцов (1) и для образцов после испытания на морозостойкость (2).

$$G \text{ (г/см}^2\text{)} = 0,63 - 0,04x_1 - 0,62x_1^2 + 0,02x_1x_2 + 0,01x_2x_3 + 0,04x_4x_5 - 0,04x_2 + 0,05x_2^2 + 0,02x_2x_4 + 0,03x_3x_5 - 0,13x_4 - 0,12x_4^2 + 0,02x_1x_5 - 0,03x_5 - 0,03x_5^2 \quad (1)$$

$$G_f \text{ (г/см}^2\text{)} = 0,85 - 0,08x_1 + 0,03x_2x_3 + 0,05x_4x_5 - 0,04x_2 + 0,02x_1x_3 + 0,05x_3x_5 + 0,07x_3^2 + 0,02x_1x_4 - 0,14x_4 - 0,13x_4^2 + 0,05x_1x_5 - 0,05x_5 - 0,12x_5^2 \quad (2)$$

Применение ЭС моделей (1, 2) может быть использовано в строительной практике для подбора состава ЦБ для покрытий автодорог.

### **Выводы**

Введение в состав цементобетонных покрытий для автомобильных дорог наполнителя микрокремнезема (до 15 кг/см<sup>3</sup>), снижает истираемость на 15..20% до и после испытания на морозостойкость. Введение в состав бетонной смеси пластификатора Dyanamon Easy 11 (1%) совместно с воздухововлекающей добавкой Mareplast PT-1 (0,05%) увеличивает подвижность бетонной смеси (18-20 см). Применение фибры (до 0,6 кг/м<sup>3</sup>) снижает истираемость бетона до 0,3 г/см<sup>2</sup> (60%) и после испытания на морозостойкость на 0,4 г/см<sup>2</sup> (50%).

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что введение в состав модифицированного цементобетонна рекомендуемый состав - воздухововлекающую добавку PT-1, пластификатора Dyanamon Easy 11, наполнителя микрокремнезема и полипропиленовую фибру ведет к уменьшению истираемости ( $G \leq 0,4 \text{ г/см}^2$  при требуемой до 0,7 г/см<sup>2</sup>) и при обеспечении необходимой морозостойкости (F 200).

## Summary

The article examines the change in the abrasion of the cement concrete pavement depending on its composition and subject frost. Studies suggest that the introduction of the modified cement - air-entraining additives PT-1, Dynamon Easy 11 plasticizer, filler silica fume and polypropylene fibers leads to a reduction of abrasion and ensure the necessary frost.

## *Литература*

1. Толмачев С.Н., Кондратьев И.Г., Чугуенко А.Н., Гринченко Р.О. Взаимосвязь истираемости и морозостойкости дорожных бетонов. ХНАДУ. Харьков, 2005, с. 52-55.
2. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л.Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.
3. Солоненко И.П. Модифицированные цементобетонные композиции для дорожного покрытия // Вісник ОДАБА. Вып.№48. Частина 2 – Одеса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2012. – С. 98-103.
4. Солоненко И.П. Жесткие дорожные покрытия для автомобильных дорог. Вісник ОДАБА. Вип.№54. – Одесса: ТОВ «Зовнішрекламсервіс» 2014– С. 350-357.
5. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 «Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань». Київ 2002. – 32с.
6. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стиранності. Київ. 2009. – 8с.
7. ДСТУ Б В.2.7-49-96 Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні. Київ. 1997. – 10с.