

УДК 666:691.32

Мишутин А.В., д-р техн. наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-9512-6084>

Солоненко И.П., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-3466-5903>

Леонова А.В., <https://orcid.org/0000-0003-4643-0893>

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина

ЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация

Введение. В статье излагается метод подбора быстротвердеющих цементобетонных композиций, предназначенных для обустройства и ремонта дорожного покрытия.

Проблематика. Работа посвящена проблеме увеличения скорости набора прочности материала дорожного покрытия путем применения химических ускорителей.

Цель. Разработка метода подбора рационального состава бетонной смеси для быстротвердеющего жесткого дорожного покрытия с учетом качества материала за счет введения в её состав добавок и фибры.

Материалы и методы. Исследования проводились с цементобетонном, состоящий из: портландцемента, щебня, песка, пластифицирующей добавки, ускорителя и фибры. Исследования проводились методом факторного анализа с предварительным планированием опытов. В качестве факторов влияния принимались: пластификатор, ускоритель и фибра. Полученные образцы испытывались на: прочность при сжатии, и при изгибе, на водонепроницаемость, ударостойкость.

Результаты. Исследования показали, что введение в состав бетонной смеси ускорителя уменьшает начало схватывания более чем в 30 раз, а конец схватывания – более чем в 15 раз. При этом снижение прочности при сжатии не превышает 3 %. Введение в состав бетона пластифицирующей добавки совместно с фиброй повышает прочность при сжатии на 10 %, прочность при изгибе более чем на 55 %, водонепроницаемость на 33 % и ударостойкость на 17 %.

Выводы. Снижение времени твердения материала для жестких дорожных покрытий без ухудшения их физико-механических и эксплуатационных характеристик, может быть достигнуто за счет введения в его состав рационального количества добавки, совместно с фиброй и ускорителем твердения.

Ключевые слова: жесткие покрытия, автомобильные дороги, химические добавки, прочность, ударостойкость, водонепроницаемость, физико-механические характеристики

Введение

Анализ научных публикаций [1, 2, 3, 4], показывает, что цементобетонные покрытия для автомобильных дорог широко распространены в наиболее развитых странах мира. Это покрытие имеет высокие физико-механические и эксплуатационные показатели, обеспечивает высокую контрастность транспортных потоков и т.д. Основным недостатком цементобетонных покрытий является значительное время их твердения. Это приводит к временному выведению из эксплуатации участка дороги, а также к увеличению материальных и финансовых затрат.

Проблема

Снижение времени, когда дорога не может выполнять свою функцию, может быть достигнуто за счет применения быстротвердеющих материалов дорожного покрытия. В настоящее время основными методами ускорения твердения бетона является: влаготепловая

обработка (пропарка), вакуумирование, применение химических ускорителей твердения и др. Наиболее распространенным способом ускорения твердения является тепловлажностная обработка, но при этом требуется необходимое оборудование и значительные затраты энергии. Такой метод ускорения, как правило, используется в заводских условиях. Вакуумная обработка бетона не получила широкого распространения в связи с его сложностью. Наиболее простой способ ускорения твердения является применение химических ускорителей. Этот метод позволяет сократить время набора прочности бетона без использования дорогостоящего оборудования и источников энергии.

Использование агрессивных ускорителей (техническая соляная кислота, поташ и др.) могут привести к химическим травмам и ожогам работников, особенно при работе в стесненных условиях с недостаточным освещением. Более приемлемо использовать ускорители типа MEYCO SA, Delvo Crete (BASF); Sigunit (Sika); Mapequick (Mapei); Centrament Rapid (MC-Bauchemie); Полипласт (Реламикс Торкрет); Эм-Си Баухеми (Центрамент Рэпид 640 R,650R) и др. В качестве ускорителя можно использовать кальцинированную соду (Na_2CO_3) [5]. Анализ работ Байкова А.А. [2] посвященных введению в состав БС - Na_2CO_3 , для ускорения схватывания показал (табл. 1), что введение в состав БС соды существенно снижает время схватывания раствора (до 17 мин. при введении 5 % Na_2CO_3 от веса цемента). Это значительно затрудняет использование этого ускорителя без надежного обеспечения задержки времени схватывания.

Таблица 1
Изменение сроков схватывания при добавках соды (по материалам Байкова А.А. [2])

Добавка соды в % от массы цемента	Начало схватывания (мин)	Конец схватывания (мин)
0	100	305
2	5	45
5	3	17

Для удобства анализа результаты (табл. 1) представлены в графическом виде на рисунке 1.

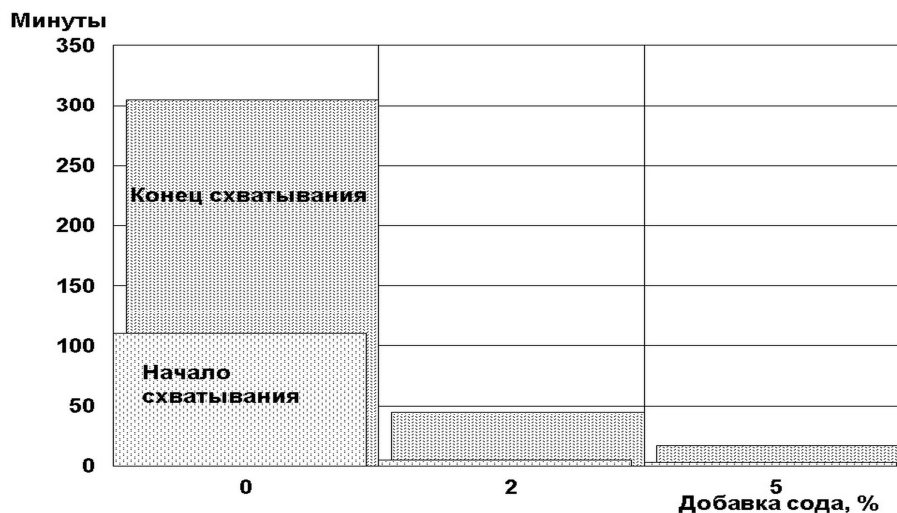


Рисунок 1 – Сроки схватывания при введении в состав цемента ускорителя твердения (Na_2CO_3)

Как видно из рис. 1, при увеличении количества введенного в состав БС ускорителя Na_2CO_3 наблюдается резкое снижение времени схватывания смеси. Так для контрольного состава ($\text{Na}_2\text{CO}_3 - 0\%$) начало схватывания происходит через 100 минут после его затворения, а конец – через 305 минут. При введении в БС – 2% ускорителя время начала схватывания уменьшается в 20 раз, а конец схватывания – в 6 раз. Аналогично при введении 5% соответственно 33 раза и 18 раз.

Данные о наборе прочности бетона при введении в его состав от 0 до 10 % ускорителя твердения (Na_2CO_3) от массы цемента приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Зависимости набора прочности во времени при введении в его состав ускорителя твердения
(по материалам Байкова А.А. [2])**

Сутки	Na_2CO_3 от массы цемента			
	0%	2%	6%	10%
3	10,6	13,5	29,1	26,9
5	24,2	25,6	33,4	25,2
28	64,2	64,2	62,8	60,8

Для удобства анализа результатов данные (табл. 2.) представлены в графическом виде на рисунке 2.

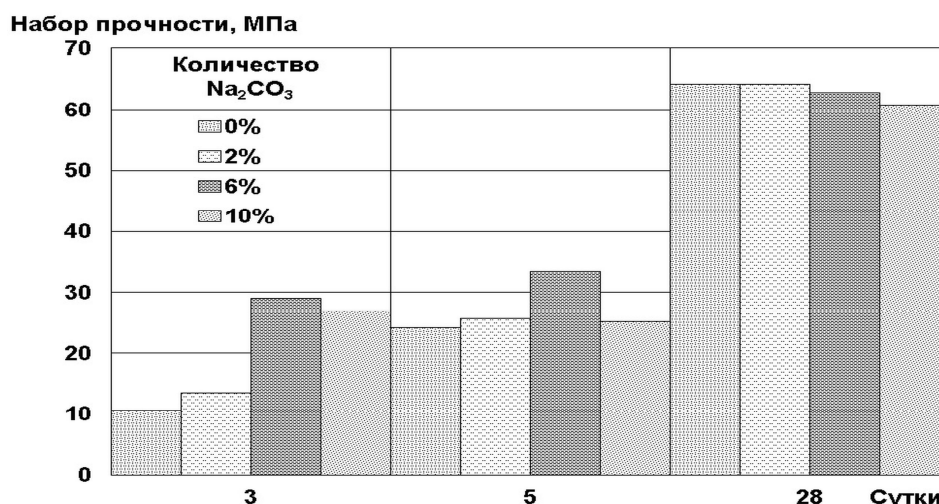


Рисунок 2 – Зависимости набора прочности бетона при введении в его состав ускорителя твердения Na_2CO_3 от 0 до 10 % от массы цемента

Из зависимостей, представленных на рис. 2, видно, что введение в состав смеси ускорителя твердения (Na_2CO_3), незначительно влияет на прочность при сжатии для материала. Так, для контрольного состава на 3, 5 и 28 суток набор прочности достигает соответственно 10, 24,2 и 64,2 МПа. При введении 2% ускорителя (Na_2CO_3) прочность соответственно 13,5; 25,6; 64,2 МПа. Введение 6% Na_2CO_3 позволило получить следующие соответствующие показатели: 29,1; 33,4 и 62,8 МПа. Использование для ускорения 10% Na_2CO_3 позволяет получить следующие показатели: 26,9; 25,2; 60,8 МПа соответственно.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что введение в состав БС ускорителя Na_2CO_3 для изготовления жестких дорожных покрытий до 6 % от массы цемента приводит незначительному снижению прочности получаемого материала (ок. 2 %), при этом наблюдается значительное сокращение времени твердения и повышение набора прочности материала в начальный период. Дальнейшее увеличение концентрации ускорителя нецелесообразно в виду его неэффективности.

Целью проведенных исследований было: разработка метода подбора рационального состава бетонной смеси для быстротвердеющего жесткого дорожного покрытия с учетом качества материала за счет введения в её состав добавок и полипропиленовой фибры.

Исследования проводились методом физического эксперимента с использованием предварительного планирования опытов [7]. Факторы влияния и диапазон их изменения выбирались по результатам ранее проведенных исследований [5].

Материалы и методы

В качестве факторов влияния на физико-механические и эксплуатационные характеристики материала для жесткого дорожного покрытия принимались: x_1 – количество пластификатора СЗ от 0 % до 1 % от массы цемента; x_2 – количество полипропиленовой фибры (Ф) – МАРЕFIBRE NS 12/ NS 18, от 0 до 0,6 кг/м³ (диаметр – 0,34 мкм, длина волокна 12-18 мм, плотность – 0,91 г/м³, прочность на разрыв – 700 МПа, производства фирмы Marfel, Италия); x_3 – количество ускорителя (кальцинированная сода Na_2CO_3 , марка Б, сорт высший), от 0 до 5 % от массы цемента (производства ООО Компания Плазма, Харьков, Украина).

Состав материал включает в себя: портландцемента ПЦ – I – Н500 (ПАТ«Волинь-Цемент», Украина) – 470 кг/м³; щебень – 1055 кг/м³; песок ($M_{кр}$ 2,5, Вознесенский карьер, Украина) – 578 кг/м³.

Результаты

Опыты проводились в лабораториях Одесской государственной академии строительства и архитектуры. План эксперимента и составы для жестких дорожных покрытий приведены в таблице 3.

Таблица 3

План эксперимента, количество добавок входящих в состав материала для жестких дорожных покрытий, и показатели его качества

План эксперимента				Количество добавок			Показатели качества материала			
№	x_1	x_2	x_3	СЗ, %	Ф, кг/м ³	Сода, %	$f_{ck,cube}$ (МПа)	f_{ctk} (МПа)	W (атм)	T (Дж/см ²)
1	- 1	- 1	- 1	0	0	0	50,80	6,05	9	6
2	- 1	0	- 1	0	0,30	0	51,25	6,67	8	6
3	- 1	1	- 1	0	0,60	0	51,56	8,34	8	7
4	0	- 1	- 1	0,5	0	0	52,80	6,58	7	7
5	0	0	- 1	0,5	0,30	0	52,52	6,23	6	7
6	0	1	- 1	0,5	0,60	0	53,20	8,43	6	7
7	1	- 1	- 1	1	0	0	55,53	6,00	6	7
8	1	0	- 1	1	0,30	0	54,67	6,65	7	7
9	1	1	- 1	1	0,60	0	55,37	8,30	8	7
10	- 1	- 1	0	0	0	2,50	48,50	5,84	6	6
11	- 1	0	0	0	0,30	2,50	48,18	6,75	7	6

Продолжение таблицы 3

План эксперимента				Количество добавок			Показатели качества материала			
№	x ₁	x ₂	x ₃	СЗ, %	Ф, кг/м ³	Сода, %	f _{ck.cube} (МПа)	f _{ctk} (МПа)	W (атм)	T (Дж/см ²)
12	- 1	1	0	0	0,60	2,50	49,75	7,05	6	6
13	0	- 1	0	0,5	0	2,50	49,73	4,80	6	5
14	0	0	0	0,5	0,30	2,50	49,23	6,75	6	6
15	0	1	0	0,5	0,60	2,50	50,00	8,13	6	6
16	1	- 1	0	1	0	2,50	52,35	5,42	6	6
17	1	0	0	1	0,30	2,50	52,05	5,85	6	6
18	1	1	0	1	0,60	2,50	52,14	8,34	6	6
19	- 1	- 1	1	0	0	5	44,72	4,50	6	5
20	- 1	0	1	0	0,30	5	44,42	5,97	5	5
21	- 1	1	1	0	0,60	5	45,25	7,18	5	6
22	0	- 1	1	0,5	0	5	48,57	4,28	6	5
23	0	0	1	0,5	0,30	5	48,40	5,85	6	6
24	0	1	1	0,5	0,60	5	48,63	7,98	6	6
25	1	- 1	1	1	0	5	50,88	4,20	6	5
26	1	0	1	1	0,30	5	50,03	5,22	6	6
27	1	1	1	1	0,60	5	51,83	7,57	6	6

– образцы выдерживались в условиях нормального твердения в течение 28 суток (t=20⁰С, W=80 %);

– на 28 сутки часть образцов 10х10х10 см³ подверглась испытанию на прочность при сжатии на 100–тонном прессе фирмы TESTING PL 100 в лаборатории фирмы Хайдельберг Цемент Украина [7];

– образцы 4х4х16 см подвергались испытанию на прочность при их изгибе согласно [8];

– образцы 7х7х7 см³ испытывались на ударную прочность согласно [8] при помощи лабораторного копра;

– водонепроницаемость определялась по методу мокрого пятна [8] на образцах диаметром 150 мм, толщиной 50 мм.

Проведенные эксперименты позволили рассчитать коэффициенты регрессионных математических моделей, которые описывают следующие показатели материала для жестких дорожных покрытий: прочность при сжатии (f_{ck.cube}) (1), прочность при изгибе (f_{ctk}) (2), водонепроницаемость (W) (3) и ударостойкость (T) (4) в зависимости от количества введенных в базовый состав компонентов (добавок и фибры). Рассчитанные математические модели имеют вид:

$$f_{ck.cube}(\text{МПа})=50,21 - 2,24 x_1 + 0,21 x_2 - 0,53 x_1x_3 - 2,66 x_3 + 0,53 x_3^2 \quad (1)$$

$$f_{ctk}(\text{МПа})=6,22 + 0,20 x_1x_2 + 0,28 x_2x_3 + 1,31 x_2 + 0,39 x_2^2 - 0,58 x_3 \quad (2)$$

$$W(\text{атм})=5,85 - 0,17 x_1 + 0,39 x_1^2 + 0,33 x_1x_2 + 0,50 x_1x_3 - 0,72 x_3 + 0,39 x_3^2 \quad (3)$$

$$(T) (\text{Дж/см}^2)=6,02 + 0,17 x_1 + 0,17 x_2x_3 + 0,28 x_2 - 0,61 x_3 + 0,28 x_3^2 \quad (4)$$

Для удобства анализа регрессионные модели (1-5) представлены в графическом виде на рисунках 3, 4, 5, 6.

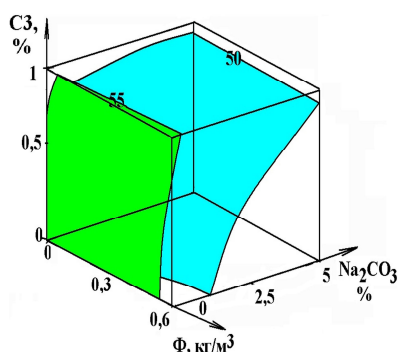


Рисунок 3 – Влияние количества $C3$ (x_1), Φ (x_2) и Na_2CO_3 (x_3) на прочность при сжатии (МПа)

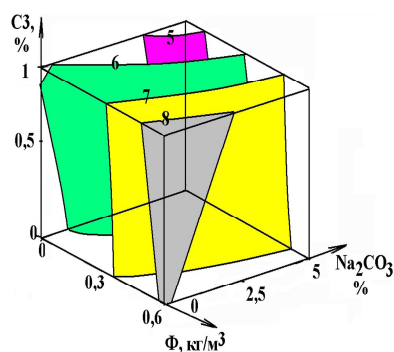


Рисунок 4 – Влияние количества $C3$ (x_1), Φ (x_2) и Na_2CO_3 (x_3) на прочность при изгибе (МПа)

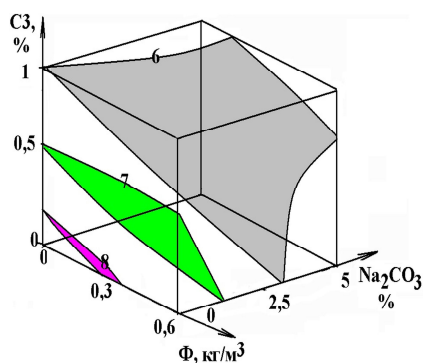


Рисунок 5 – Влияние количества $C3$ (x_1), Φ (x_2) и Na_2CO_3 (x_3) на водонепроницаемость (атм)

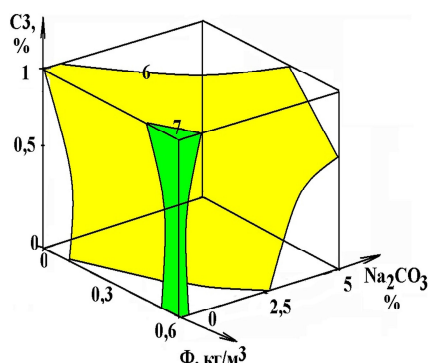


Рисунок 6 – Влияние количества $C3$ (x_1), Φ (x_2) и Na_2CO_3 (x_3) на ударостойкость (Дж/см²)

Как видно из рисунков 3-5 введение в состав БС пластификатора $C3$ (1 % от массы Ц) совместно с полипропиленовой фиброй ($0,6 \text{ кг/м}^3$) повышает прочность при сжатии на 55 МПа (увеличивается на 10 %). Введение в состав материала пластифицирующей добавки $C3$ (1 %) совместно с Φ ($0,6 \text{ кг/м}^3$) и ускорителем Na_2CO_3 (1%) повышает прочность при изгибе на 8 МПа (60 %). При введении в состав материала добавки $C3$ (1 %) совместно с Φ ($0,3 \text{ кг/м}^3$) повышает водонепроницаемость получаемого материала для ремонта на 8 атм (33 %). Совместное введение в состав БС добавки $C3$ (1 %) с Φ ($0,6 \text{ кг/м}^3$) повышает ударостойкость получаемого материала на 7 Дж/см² (17 %).

Исследования показали, что введение в состав бетонной смеси ускорителя Na_2CO_3 (5 % от массы Ц) уменьшает сроки схватывания более чем в 30 раз, а конец схватывания более чем в 15 раз. При этом снижение прочности при сжатии не превышает 3 % (на 28 суток). Введение в состав бетона пластифицирующей добавки $C3$ (1 % от массы Ц) совместно с полипропиленовой фиброй ($0,6 \text{ кг/м}^3$): повышает прочность при сжатии ок. 10 %, прочность при изгибе более чем на 55 %, водонепроницаемость на 33 % и ударостойкость на 17 %.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что снижение времени твердения материала для жестких дорожных покрытий без ухудшения их физико-механических и эксплуатационных характеристик может быть достигнуто за счет введения в его состав рационального количества пластифицирующей добавки СЗ совместно с полипропиленовой фиброй МАРЕFIBRE NS 12/ NS 18 и ускорителем твердения Na_2CO_3 .

Рациональный подобранный состав позволяет значительно сократить время твердения бетона в начальные сроки твердения, следовательно, уменьшить время простоя дороги при строительстве и ремонте. Исходя из экологичности и высокой скорости набора прочности, предложенный метод по подбору материала для дорожного покрытия может быть рекомендован для велосипедных дорожек.

Список литература

1. Солоненко И.П. Жесткие дорожные покрытия для автомобильных дорог. Одесса, 2014. 54. С. 350–357.
2. Базовая химия и нефтехимия. Ускорители схватывания и твердения бетонов (Часть 1). URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=2242&cat_id=5&page_id=3 (Дата обращения: 25.03.2018 г.)
3. Мишутин А.В., Солоненко И.П. Истираемость и морозостойкость для автодорог из цементобетонна. Одеса, 2015. 58. – С. 236–245.
4. Солоненко И.П. Структура и свойства модифицированных цементобетонных покрытий для автомобильных дорог: дис. ... канд. тех. наук. Одесса, 2015. 155 с.
5. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Дорофєєв В.С., Мішутін А.В. Гідротехнічні та дорожні бетони: навч. посіб. Одеса, 2012. 214 с.
6. Васильев А.С., Барабанщиков Ю.Г. Эффективность добавок – ускорителей схватывания и твердения для торкрет-бетона. Санкт-Петербург, 2012. 8: С. 72–78.
7. Солоненко И.П. Покращення експлуатаційно-технічних характеристик цементобетонних покриттів для автомобільних доріг. Одеса, 2016. 62. – С. 160–164.
8. Solonenko I., Bratchenko I. Compositions for repair on the basis of cement in transport infrastructure. Odessa, 2016. 63. – С. 184–190.

REFERENCES

1. Solonenko I. Rigid road surfaces for highways. Odesa, 2014. 54. P. 350–357 [in Ukrainian].
2. Basic chemistry and petrochemicals. Concrete Accelerators and Solids (Part 1). URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=2242&cat_id=5&page_id=3 (Lastaccessed: 19.03.2018)
3. Myshutyn A.V., Solonenko Y.P. Ystyraemost y morozostoikost dlia avtodoroh yz tsementobetonna (Wearability and frost resistance for cement-concrete roads). Odesa, 2015. 58. – P. 236–245 [in Ukrainian].
4. Solonenko I.P. (2015) The structure and properties of modified cement-concrete coatings for highways. Phd (Ing). Odesa. [in Ukrainian].
5. Dvorkin L.Y., Dvorkin O.L., Dorofiev V.S., Mishutin A.V. Hidrotekhnichni ta dorozhni betony (Hydrotechnical and road concrete). Odesa, 2012. 214 p. [in Ukrainian].
6. Vasiliev A.S., Barabanshchikov Yu.H. Effektivnost dobavok – uskoritelei skhvatyvaniia y tverdeniia dlia torkriet-bietona (The effectiveness of additives - accelerators of gutting and hardening for gun concrete). St. Petersburg, 2012. 8. P. 72–78.

7. Solonenko I.P. Pokrashchennia ekspluatatsiino-tekhnichnykh kharakterystyk tsementobetonnykh pokryttiv dlia avtomobilnykh dorih (Improvement of performance and technical characteristics of cement-concrete coatings for highways). Odesa, 2016. 62. P. 160–164 [in Ukrainian].

8. Solonenko I., Bratchenko I. Compositions for repair on the basis of cement in transport infrastructure. Odesa, 2016. 63. P. 184–190 [in Ukrainian].

Andrii Mishutin, D.Sc., Profesor, <https://orcid.org/0000-0001-9512-6084>

Irina Solonenko, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-3466-5903>

Anna Leonova, <https://orcid.org/0000-0003-4643-0893>

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, Ukraine

RIGID ROAD PAVEMENTS OF CEMENT CONCRETE FOR HIGHWAYS

Abstract

Introduction. Analysis of scientific publications shows that cement concrete pavements for highways are widespread in the most developed countries of the world. This pavement has high physico-mechanical and operational characteristics, provides a high contrast of traffic flows, etc. The main disadvantage of cement concrete pavements is a significant time of their hardening. This leads to a temporary withdrawal from the operation of the highway's section, as well as an increase in material and financial costs.

Problem statement. Reducing the time when the road is in a non-operating state can be achieved through the use of quick-hardening materials of pavement. Currently, the main methods for accelerating the hardening of concrete are: moisture-heat treatment (steaming), vacuuming, the use of chemical cement hardeners, etc. The most common way to accelerate hardening is a heat and humidity treatment but it requires the appropriate equipment and significant power consumption. This method of acceleration is usually used in the factory. Vacuum processing of concrete is not widespread due to its complexity. The easiest way to accelerate hardening is the use of chemical hardeners. This method allows reducing the time of concrete setting without the use of expensive equipment and energy sources.

Purpose. Development of a method for selecting a rational composition of a concrete mix for fast-hardening of rigid pavement taking into account the quality of the material and due to the introduction of additives and fiber into its composition.

Materials and methods. The studies were carried out with cement concrete consisting of: Portland cement, crushed stone, sand, plasticizer, hardener and fiber. The studies were conducted by the method of factor analysis with a preliminary planning of experiments. The following factors were taken as impact factors: plasticizer, hardener and fiber. The obtained samples were tested for: compressive strength, flexural strength, water resistance, impact resistance.

Results. The studies have shown that the introduction of a hardener into the concrete mix reduces the setting time by more than in 30 times and the end of setting time - by more than in 15 times. The reduction in compressive strength does not exceed 3%. Introduction of concrete plasticizing additive together with the polypropylene fiber to the composition: increases the compressive strength by 10 %, flexural strength - more than by 55 %, water resistance - by 33 % and impact resistance - by 17 %.

Conclusions. Reducing the time of hardening of the material for rigid pavements without compromising the physico-mechanical and operational characteristics can be achieved by introducing into its composition a rational amount of plasticizer, together with polypropylene fiber and hardener.

Key words: rigid pavements, highways, chemical additives, strength, impact resistance, water resistance, physical and mechanical characteristics.

Мішутін А.В., *д-р техн. наук, професор*, <https://orcid.org/0000-0001-9512-6084>

Солоненко І.П., *канд. техн. наук*, <https://orcid.org/0000-0002-3466-5903>

Леонova А.В., <https://orcid.org/0000-0003-4643-0893>

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса, Україна

ЖОРСТКІ ДОРОЖНІ ПОКРИТТЯ З ЦЕМЕНТОБЕТОННУ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація

Вступ. Аналіз наукових публікацій, показує, що цементобетонні покриття для автомобільних доріг значно поширені в найбільш розвинених країнах світу. Це покриття має високі фізико-механічні та експлуатаційні показники, забезпечує високу контрастність транспортних потоків і таке інше. Основним недоліком цементобетонних покриттів є значний час їх твердіння. Це призводить до тимчасового виведення з експлуатації ділянки автомобільної дороги, а також до збільшення матеріальних і фінансових витрат.

Проблематика. Зниження часу, коли дорога не може виконувати свою функцію, може бути досягнуто за рахунок застосування швидкотвердіючих матеріалів дорожнього покриття. В даний час основними методами прискорення твердіння бетону є: тепловологісна обробка (пропарювання), вакуумування, застосування хімічних прискорювачів твердіння та ін. Найбільш поширеним способом прискорення твердіння є тепловологісна обробка, але при цьому потрібно необхідне обладнання і значні витрати енергії. Такий метод прискорення, як правило, використовується в заводських умовах. Вакуумна обробка бетону не отримала широкого поширення в зв'язку з його складністю. Найбільш простим методом прискорення твердіння є застосування хімічних прискорювачів. Цей метод дозволяє скоротити час набору міцності бетону, без використання дорогого устаткування і джерел енергії.

Мета. Розробка методу добору раціонального складу бетонної суміші для швидкотвердіючого жорсткого дорожнього покриття з урахуванням якості матеріалу за рахунок введення в його склад добавок і фібри.

Матеріали й методи. Дослідження проводилися з цементобетона, що складається з: портландцементу, щебеню, піску, пластифікатора, прискорювача твердіння і фібри. Дослідження проводились методом факторного аналізу з попереднім плануванням дослідів. В якості чинників впливу приймалися: пластифікатор, прискорювач і фібра. Отримані зразки випробовувалися на міцність при стисненні, міцність при згині, водонепроникність, ударостійкість.

Результати. Дослідження показали, що введення до складу бетонної суміші прискорювача зменшує початок схоплювання більш ніж в 30 разів, а кінець схоплювання – більш ніж в 15 разів. При цьому зниження міцності при стисненні не перевищує 3 %. Додавання до складу бетону пластифікатора спільно з поліпропіленової фіброю підвищує міцність при стисненні на 10 %, міцність при згині більш ніж на 55 %, водонепроникність на 33 % і ударостійкість на 17 %.

Висновки. Зниження часу твердіння матеріалу для жорстких дорожніх покриттів без погіршення їх фізико-механічних і експлуатаційних характеристик, може бути досягнуто за рахунок введення в його склад оптимальної кількості пластифікатора спільно з фіброю і прискорювачем твердіння.

Ключові слова: жорсткі покриття, автомобільні дороги, хімічні добавки, міцність, ударостійкість, водонепроникність, фізико-механічні характеристики.