

COMPOSITIONS FOR REPAIR ON THE BASIS OF CEMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Solonenko I.P., PhD

Bratchenko P.G.

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

odarina08@rambler.ru

Abstract. The results of a study on the impact on the quality indicators of cement concrete used to repair transportation infrastructure when administered in its composition the hardening accelerator Na_2CO_3 are presented. The mixtures of cement with plasticizer HTS-6, silica fume and Na_2CO_3 are studied. They were the influence factors. The experiments were conducted at the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture at the Department of design, construction and operation of highways. Pre-experimental design was carried out. The results yielded mathematical models: durability at compression ($f_{\text{ck.cube}}$) and at a bend (f_{ctk}), water tightness (W), crash-worthiness (T), and the compressive strength after frost test ($f_{\text{ck.cube}}$).

Keywords: road, cement, hardening accelerator, the additive, compressive strength, physical and mechanical characteristics, frost resistance.

СКЛАДИ ДЛЯ РЕМОНТУ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Солоненко І.П., к.т.н.

Братченко П.Г.

Одеська державна академія будівництва і архітектури

odarina08@rambler.ru

Анотація. У статті розглядаються напрями покращення експлуатаційно-технічних характеристик цементобетону, який застосовується для ремонту об'єктів транспортної інфраструктури, таких як: міцність при стиску ($f_{\text{ck.cube}}$) і при згині (f_{ctk}), водонепроникність (W), ударостійкість (T), міцність при стиску матеріалу після випробування його на морозостійкість ($f_{\text{ck.cube}}$), шляхом введення до його складу прискорювача твердіння Na_2CO_3 . Досліджувались суміші на основі цементу з пластифікуючою добавкою ХТС-6, мікрокремнезему і Na_2CO_3 . У якості чинників впливу при проведенні досліджень приймалися: кількість пластифікатора ХТС-6; кількість прискорювача Na_2CO_3 та кількість наповнювача мікрокремнезему. Інтервал зміни факторів впливу обирався на основі попередніх дослідів. Експерименти виконувались на основі складеного плану, а також здійснена рандомізація дослідів. Це дозволило, істотно скоротити кількість необхідних експериментів і зменшити вплив систематичної похибки. Досліди проводились на кафедрі проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг Одеської державної академії будівництва та архітектури. Дослідження показали, що введення до складу бетонної суміші Na_2CO_3 дозволяє значно скоротити терміни схоплювання бетонної суміші, однак при цьому дещо знижуються вказані вище експлуатаційно-технічні характеристики. Введення до складу бетону добавки ХТС-6 спільно з наповнювачем мікрокремнезему підвищує його міцність при стиску до і після випробування на морозостійкість, ударостійкість та водонепроникність.

Ключові слова: дорога, цемент, прискорювач твердіння, добавки, міцність при стиску, фізико-механічні характеристики, морозостійкість.

СОСТАВЫ ДЛЯ РЕМОНТА НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Солоненко И.П., к.т.н.

Братченко П.Г.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

odarina08@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются направления улучшения эксплуатационно-технических характеристик цементобетона, применяемого для ремонта объектов транспортной инфраструктуры, таких как: прочность при сжатии ($f_{ck.cube}$) и при изгибе (f_{ctk}), водонепроницаемость (W), ударостойкость (T), прочность при сжатии после испытания их на морозостойкость ($f_{ck.cube}$) при введении в его состав ускорителя твердения Na_2CO_3 . Исследовались смеси на основе цемента с пластифицирующей добавкой ХТС-6, микрокремнезема и Na_2CO_3 . В качестве факторов влияния при проведении исследований принимались: количество пластификатора ХТС-6; количество ускорителя (кальцинированная сода, Na_2CO_3) и количество наполнителя микрокремнезема. Интервал изменения факторов влияния выбирался на основе предварительных опытов. Эксперименты проводились на основе составленного плана, а также осуществлена рандомизация опытов. Это позволило, существенно сократить количество необходимых экспериментов и уменьшить влияние систематической погрешности. Опыты проводились на кафедре проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Исследования показали, что введение в состав бетонной смеси ускорителя Na_2CO_3 позволяет значительно сократить сроки схватывания бетонной смеси, однако при этом несколько уменьшаются указанные выше эксплуатационно-технические характеристики. Введение в состав бетона добавки ХТС-6 совместно с наполнителем и микрокремнеземом повышают его прочность при сжатии до и после испытания на морозостойкость, ударостойкость и водонепроницаемость.

Ключевые слова: дорога, цемент, ускоритель твердения, добавки, прочность при сжатии, физико-механические характеристики, морозостойкость.

Relevance of work. Analysis of the Ukrainian state of the roads has shown that a large number of roads and road infrastructure elements need repair. In total in Ukraine 170 thousand kilometers of roads of the state value, which for more than 10 years have not been subjected to systematic repair. The average service life of roads in Ukraine is 10-15 years [1]. Proceeding from the number of roads and term of their operation between capital repairs, every year it is necessary to repair 10% (17 thousand kilometers of roads). Time between average repairs of roads makes - 5 years, therefore, annually this type of repair has to be carried out for 34 thousand kilometers of coverage. In 2015, it was repaired 300 kilometers of roads. In 2016 the budget allocated - 19.4 billion hrn. for this purpose. It is planned to conduct medium and overhaul of 1.7 thousand kilometers of roads, which is 3% of the required amount. This amount funds is less than necessary. An analysis conducted by the Ministry of Infrastructure of Ukraine [1] showed that for carrying out effective restoration of roads it is necessary to allocate about 1 trillion hrn. that makes about 50% of gross domestic product of the country. Every year is required to allocate approximately 50 - 100 billion hrn.. In addition, in the subsequent, for maintenance of roads it is necessary to allocate annually to 50 billion a year [1].

A large number of constructions which are on roads, and also part of the highways made of cement concrete and reinforced concrete. This shows the relevance of the research aimed at the development and introduction of the mixtures based on cement intended for the repair of road infrastructure. Thus, the development of selection method of the rational material composition for the repair work is an important scientific task. The paper deals with the impact on the setting time of and quality properties of cement compositions for the repair of transport infrastructure facilities

by inclusion in their composition plasticizers and accelerators together with fillers.

Analysis of the impact on the physical, mechanical and performance characteristics of concrete by introducing into its composition plasticizers in conjunction with fillers are given in [2-6]. One measure of a material for the repair of cement, it is the rate of hardening. To accelerate the hardening process of the concrete curing accelerators often administered. Currently, these additives produce almost all specialized firms: MEYCO SA, Delvo Crete (BASF); Sigunit (Sika); Mapequick (Mapei); Centrament Rapid (MC-Bauchemie); Polyplast (Relamiks Gunite); MC Bauchemi (Tsentrament Rapid 640 R, 650R), and others [7].

As a rule, they contain acid, alkali and salt. To protect against corrosion of reinforcement in repair compositions better to use alkaline compounds. In order to study the effect of the alkaline material on the basis of soda ash (Na_2CO_3) in the curing speed and physical and mechanical properties of concrete, the author of studies have been conducted.

The purpose of work was: development of a method of selection of rational composition of concrete mix for the repair of transport infrastructure facilities, by introducing into its composition of additives and fillers.

The analysis of work [7, 8] shows that introduction to composition of the concrete mix – more 5% of Na_2CO_3 by weight of cement (Figure 1) substantially reduces the setting time of the solution (17 minutes). It considerably complicates use of Na_2CO_3 . Therefore it is necessary to provide reduction of setting time a solution of concrete.

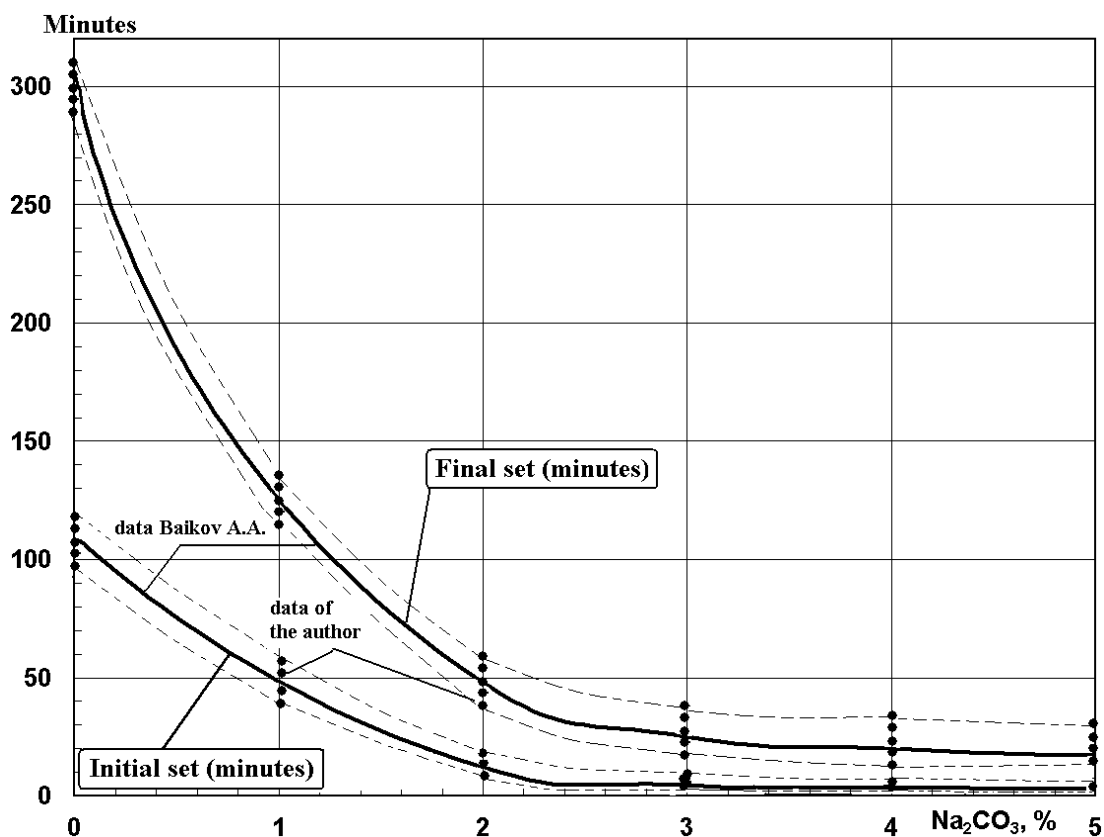


Figure 1. Timing set the mixture when incorporated into its composition the hardening accelerator (Na_2CO_3), according data Baikov A.A. [8] and data of the author

As seen in Figure 1, with an increase in the amount entered in the concrete mix Na_2CO_3 accelerator, a sharp reduction in the setting time of the mixture. As for the reference composition (Na_2CO_3 – 0%) started setting occurs through the 100-120 minutes after mixing, and end in 295-310 minutes. When introduced into the concrete mix – 2% accelerator, initial setting time is reduced by about 20 times, and the end approximately in 6 times. Similarly, with the introduction of 5% Na_2CO_3 , respectively, 33 times and 18 times.

Studying the properties of the cement coating carried out with the use of experimental design methods [9]. Three factorial experiment is considered (Table 1). Factors and their variation range were chosen based on the results presented in [2-6].

The quantities of Portland cement PC II/A-SH-500N (PAT "Volyn-Cement"), was are constantly up to 470 kg/m^3 , crushed granite fr. 5-20 to 1055 kg/m^3 and sand (Ascension career, mach 2,5) to 578 kg/m^3 , while the V/C to 0,45.

As factors of influence were accepted: x_1 – quantity a plasticizer HTS-6, from 0 % to 1 % from mass of cement (density $1,21 \text{ g/cm}^3$, manufacture of firm of Batichem, Ukraine); x_2 – quantity of the accelerator (soda ash Na_2CO_3 , mark, a grade the higher), from 0 to 5 % from mass of cement (manufacture of Open Company the Company Plasma, Kharkov, Ukraine); x_3 – quantity of material of microsilica (MC) of the Nikopol mill of ferroalloys (a particle size <1 microns).

Main part. The experiments were conducted in Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, in the following order:

– Carried out the composition of the selection and preparation of samples, concrete compositions are given in Table 1.

Table 1 – The plan of experiment and structures of formulations concrete

№	Quantity of additives			Plan of experiment			Results of experiments				
	X_1 HTS-6, %	X_2 MC, kg/m^3	X_3 Na_2CO_3 , %	x_1	x_2	x_3	$f_{\text{ck.cube}}$ (MPa)	f_{ctk} (MPa)	T (J/cm^2)	W (atm)	$f_{\text{ck.cubef}}$ (MPa)
1	0	0	0	-1	-1	-1	51,50	4,50	4	4	46,50
2	0	15	0	-1	1	-1	53,20	6,70	6	8	48,50
3	0,5	7,5	0	0	0	-1	52,50	5,20	5	6	47,30
4	1	0	0	1	-1	-1	51,00	4,20	4	4	46,70
5	1	15	0	1	1	-1	53,80	5,44	7	8	48,30
6	0	7,5	2,5	-1	0	0	49,30	4,10	4	4	45,80
7	0,5	0	2,5	0	-1	0	48,73	4,32	4	4	47,35
8	0,5	7,5	2,5	0	0	0	48,84	4,30	4	4	45,25
9	0,5	15	2,5	0	1	0	48,60	5,38	6	6	45,70
10	1	7,5	2,5	1	0	0	48,30	4,14	4	4	44,85
11	0	0	5	-1	-1	1	46,30	4,15	4	4	38,70
12	0	15	5	-1	1	1	47,50	5,26	6	6	42,30
13	0,5	7,5	5	0	0	1	46,74	5,17	5	4	40,20
14	1	0	5	1	-1	1	45,80	4,30	4	4	38,20
15	1	15	5	1	1	1	47,80	5,28	5	6	39,24

– Samples were kept for 28 days ($t = 200\text{C}$, $W = 80\%$).

– On Day 28 of the $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ m size samples were tested for strength in compression in a press TESTING PL 100 [10].

– The size of the samples $0,04 \times 0,04 \times 0,16$ m were tested for their bending strength according to the method [10].

– The size of the samples 0,07x0,07x0,07 m tested for abrasion resistance according to the method of [11] and on shock durability evaluated according to the State Standard ISO 2248: 2006 [12].

– Water resistance was determined by the method of wet spots [13] on the samples with a diameter of 0,15 m, thickness 0,05 m.

– Other samples exposed to a freezing and thawing test (-50 °C) according to [14], in the freezing chamber 120 UTI-X-1/-50.

The experiments allowed us to calculate the coefficients of the regression mathematical models which described the following indicators of a material: durability at compression ($f_{ck.cube}$) (1); durability at a bending (f_{ctk}) (2); watertightness (W) (3); crash-worthiness (T) (4); durability at compression after a freezing and thawing test ($f_{ck.cubef}$) (5).

The calculated mathematical models:

$$f_{ck.cube}(\text{MPa}) = 48,74 + 0,24 x_1 x_2 + 0,76 x_2 - 2,79 x_3 + 0,86 x_3^2 \quad (1)$$

$$f_{ctk}(\text{MPa}) = 4,50 - 0,13 x_1 - 0,44 x_1^2 - 0,14 x_1 x_2 - 0,17 x_2 x_3 + 0,66 x_2 + 0,29 x_2^2 + 0,22 x_1 x_3 - 0,19 x_3 + 0,63 x_3^2 \quad (2)$$

$$T(\text{J/cm}^2) = 4,36 - 0,44 x_1^2 - 0,25 x_2 x_3 + 1 x_2 + 0,56 x_2^2 - 0,25 x_1 x_3 - 0,20 x_3 + 0,56 x_3^2 \quad (3)$$

$$W(\text{atm}) = 4,18 - 0,22 x_1^2 - 0,50 x_2 x_3 + 1,40 x_2 + 0,78 x_2^2 - 0,60 x_3 + 0,78 x_3^2 \quad (4)$$

$$f_{ck.cubef}(\text{MPa}) = 45,79 - 0,45 x_1 - 0,37 x_1 x_2 + 0,66 x_2 - 0,44 x_1 x_3 - 3,87 x_3 - 2,20 x_3^2 \quad (5)$$

For convenience of the analysis of model (1-5) are presented in graphical form (Fig. 2, 3, 4, 5).

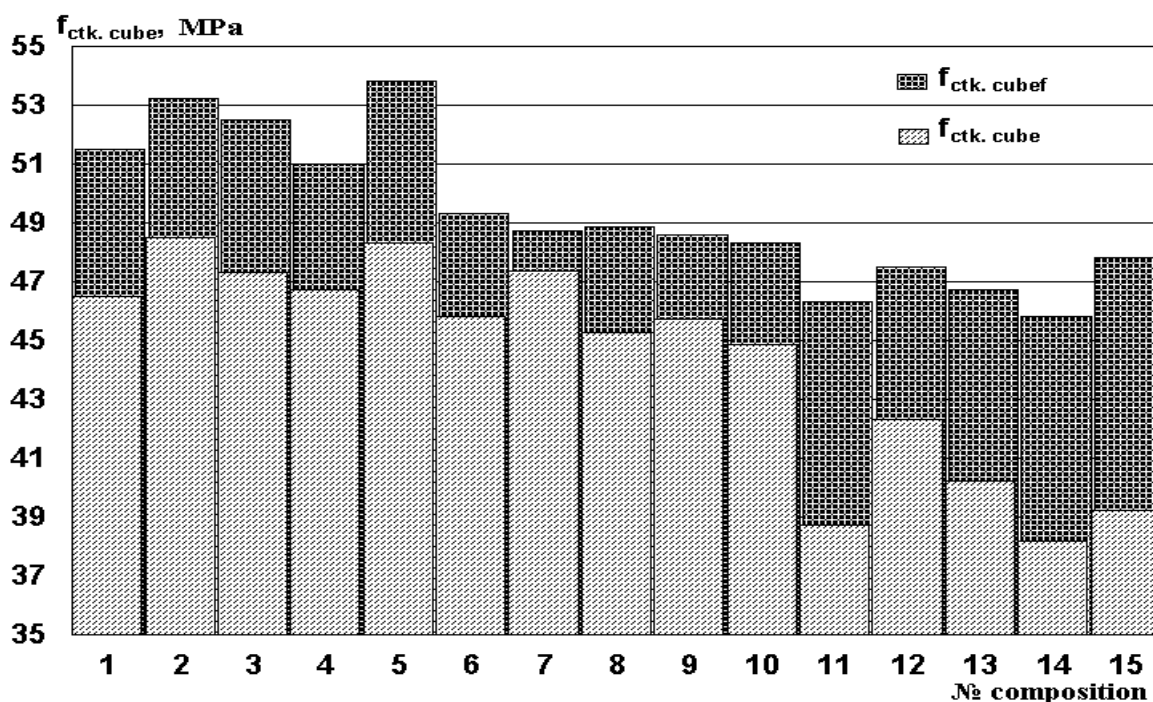


Figure 2. Durability at compression of cement specimens before ($f_{ck.cube}$) and after ($f_{ck.cubef}$) tests for frost resistance (F 200)

Apparently from drawings 2-5 introduction in a concrete composition of a plasticizer HTS-6 (1 % from mass of cement) together with silica fume filler (15 kg/m^3) increases durability at compression to 53 MPa. Introduction of the accelerator material Na_2CO_3 (5%) reduces the strength of the concrete after its frost resistance test to 40 MPa (24,5%), and together with the additive HTS-6 (1 %) and silica fume (15 kg/m^3) retains strength compression after frost to 45 MPa (loss of strength 14.5%). Introduction of the additive material XTC-6 (1%) together with silica fume (15 kg/m^3), raised durability at a bending down to 7 MPa, watertightness to 8 atmospheres and crash-worthiness of concrete to 7 J/sm^2 .

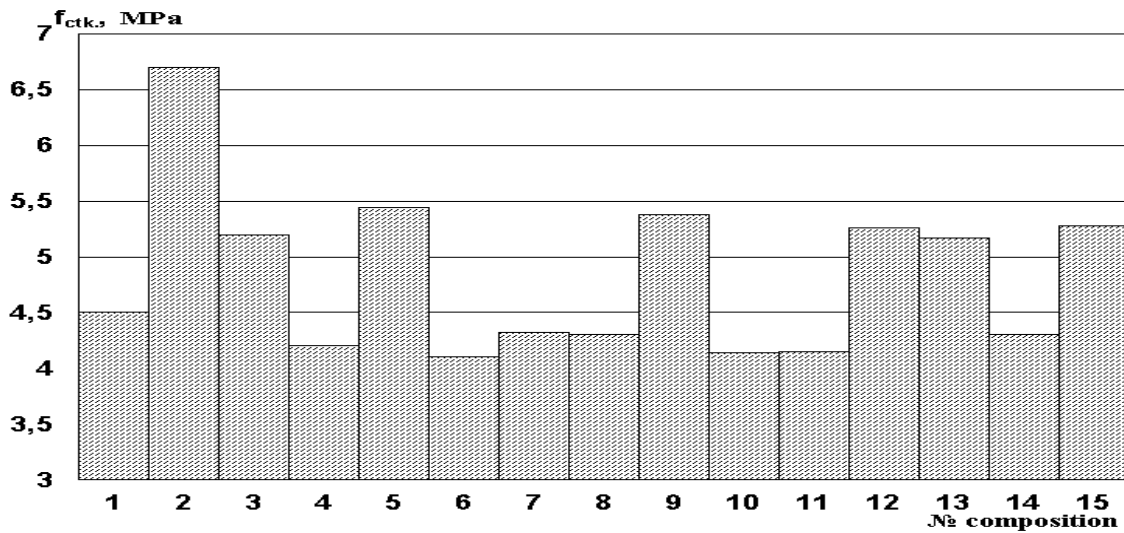


Figure 3. Influence of variable factors on the flexural strength (f_{ctk}) of cement specimens (MPa)

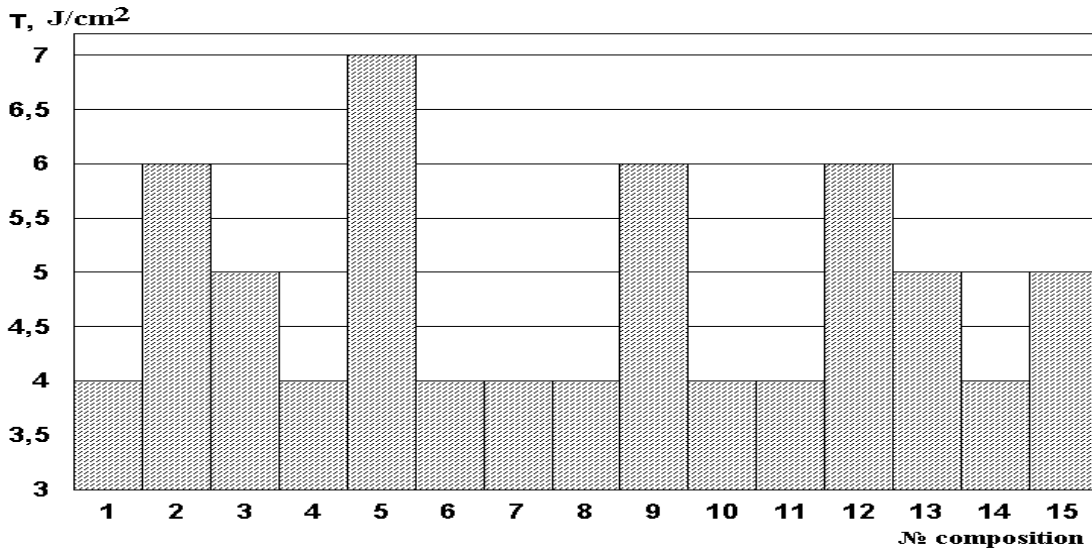


Figure 4. Influence of variable factors on the crashworthiness (T) of cement specimens (J/cm²)

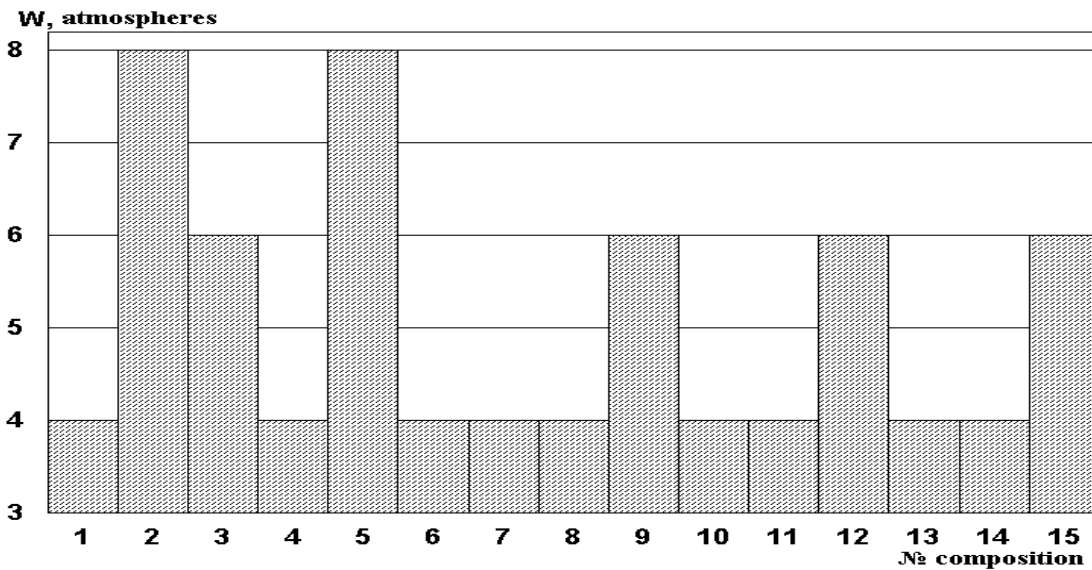


Figure 5. Influence of variable factors on the watertightness (W) of cement specimens (atmospheres)

Conclusions. Researches showed that introduction to composition of concrete mix accelerator Na_2CO_3 (5% by weight of cement) reduces the setting time of more than 30 times and the end of more than by 15 times. The introduction of concrete plasticizer XTC-6 (1% by weight of the cement) along with silica fume (15 kg/m^3) increases durability at compression for 10% and after test for frost resistance for 5%, durability at a bend for 38,5%, water tightness for 50% and crash-worthiness for 43%.

Thus, it is possible to draw a conclusion that improvement of physicomechanical and operational characteristics of material for the accelerated repair of elements of transport infrastructure of our country can be reached due to introduction to his structure of rational quantity of the plasticizing HTS-6, together with the filler silica fume and hardening accelerator Na_2CO_3 .

Literature

1. Сколько в Украине будет стоить ремонт дорог, и какие трассы улучшат. По материалам: Сегодня. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: domik.ua. (Доступно: 02.02. 2016 г.).
2. Солоненко И.П. Модифицированные цементобетонные композиции для дорожного покрытия / И.П. Солоненко // До 60-річчя від дня заснування фак-ту гідротехнічного та транспортного будівництва. – Одеса: Вид-во ОДАБА. Вип. №48. Частина 2. ТОВ «Зовнішрекламсервіс», 2012. – С. 98-103.
3. Солоненко И.П. Жесткие дорожные покрытия для автомобильных дорог / И.П. Солоненко // До 60-річчя від дня заснування фа-ту гідротехнічного та транспортного будівництва. – Одеса: Вид-во ОДАБА. Вип. №54. ТОВ «Зовнішрекламсервіс», 2014. – С. 350-357.
4. Solonenko I.P. Cementno betonski cestovni kolnici / I.P. Solonenko. – Varaždin, Hrvatska: Tehnički glasnik, Godište 8, Broj 1, 2014. – С. 45-47.
5. Solonenko I. Ensuring performance coatings of concrete for roads, due to their modifications / I.P. Solonenko. – Moldova: Meriding ingineresc №2 (57), 2015. – С. 38-40.
6. Солоненко И.П. Покрытия для автомобильных дорог из цементобетонна / И.П. Солоненко // До 70-річчя від дня народження Заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. Вирового В.Н. – Одеса: Вид-во ОДАБА. Вип. №53. ТОВ «Зовнішрекламсервіс», 2014. – С. 355-362.
7. Васильев А.С. Эффективность добавок – ускорителей схватывания и твердения для торкрет-бетона / А.С. Васильев, Ю.Г. Барабанщиков. – Санкт-Петербург: Инженерно-строительный журнал, 2012. – №8– С. 72-78.
8. Базовая химия и нефтехимия. Ускорители схватывания и твердения бетонов (Часть 1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://newchemistry.ru/letter.php>. (Доступно: 19.07. 2014 г.).
9. 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.
10. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності. – [Чинний від 2009-12-22]. – К: Держкоммістобудування України, 2009. – 15 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стиранності. – [Чинний від 2010-09-01]. – К: Держкоммістобудування України, 2010. – 8 с.
12. ДСТУ ISO 2248:2006. Метод испытання на вертикальний удар при падении (ISO 2248:1985, ИДТ): [Чинний від 2008-01-01]. – К: Держкоммістобудування України, 2008. – 8 с.
13. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.– [Чинний від 2009-07-01]. – К: Держкоммістобудування України, 2009. – 37 с.
14. ДСТУ Б В.2.7-49-96. Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні. – [Чинний від 1996-09-01]. – К: Держкоммістобудування України, 1996. – 10 с.