

CHANGE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE DEPENDING ON THE DOSAGE OF SURFACE ADDITIVES**Plit A.D.**, graduate student,**Zavoloka M.V.**, Ph.D., Professor,

mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230

Shynkevych O.S., Doctor of Technical Sciences, Professor,

elena_shinkevich@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2842-1785

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of the study of additives dosage effect of MC-Bauchemie superplasticizers on the physicomaterial characteristics of cement samples are presented. Due to surfactants, which are additives superplasticizers, the tension at the cement-water interface is reduced, which reduces the internal stress. In practice, it was found that the addition of surfactants significantly changes the basic physical and mechanical characteristics of cement samples. Also, during the study, it was found that with improper selection of the composition, a decrease in the strength characteristics of cement samples is noticeable.

Keywords: Surface tension, surfactant, concrete strength, superplasticizer, separation of the ring, selection of composition.

Introduction. Nowadays, construction chemistry is an integral part of the process of concrete and concrete products manufacturing. The main issue for ready-mixed concrete manufacturers is the right choice of additive. Nowadays, various chemical additives and active mineral components that accelerate or slow down the setting of the concrete mixture, make it more plastic and workable, accelerate the hardening of concrete, increase its strength and frost resistance, regulate the concrete's own deformations that arise when it hardens, and also, if necessary change other properties of concrete [1]. The effectiveness of modern additives has led to an increase in the degree of their functionality, which should be understood in a broad technological sense not only in connection with the purpose, but also as properties, phenomena that depend on the properties of other components, primarily cements, and the phenomena accompanying hardening [2].

Currently, manufacturers of superplasticizer additives do not indicate the exact dosage of their additives, instead they indicate the recommended range of application of their additives, which in turn can be quite large, and it is necessary to determine the required dosage in each case separately. In the used additives, the range of their application varied from 0.2% to 5% by weight of cement.

The analysis of literature data showed that a significant overspending of the surface-active substances (surfactants) amount can contribute to a decrease in the physico-mechanical properties of cement compositions. To compare the surface tension forces (STF) of various liquids, the concept of STF is used [3]. For surfactants, one of the methods for determining STF is the du Nui method (ring separation) [4]. Consider the essence of surface phenomena in highly dispersed cement systems under the influence of surfactant additives. In chemistry, a phase is a set of parts of a system with the same composition and properties that are separated from other parts of the system by an interface. In this case, the cement composite can be considered as a system consisting of two components: cement and water.

The principle of action of the plasticizer – electrostatic, dispersion – is based on a strong shift in the potential of the cement particles in the negative region. The dispersion of cement particles occurs at the very beginning of hydration, while there is a chemisorption of plasticizer molecules on the surface of the cement particles, especially with an increased content of phases C₃A and CS in the cement composition. With an increase in hydration products, a sharp decrease in the mobility of the system is observed [5].

Purpose and objectives of the work: to determine the effect of MC-Bauchemie additives on the

properties of mixing water and the properties of cement compositions. The following tasks were set:

1. Determine the effect of the additives dosage MC-Power Flow 3100 and MC-PowerFlow 2695 on the surface tension of mixing water.
2. To determine the effect of the additives dosage MC-PowerFlow 3100 and MC-PowerFlow 2695 on the change in the setting time and the normal density coefficient (NDC) of cement compositions.
3. Determination of the effect of the type and dosage of MC-PowerFlow 3100 and MC-PowerFlow 2695 on the physico-mechanical characteristics and properties of cement compositions.

The methodology of the experiment. Plate separation method (du Nui method). It is based on the determination of the force necessary to tear off a liquid wetting a ring of radius R from the surface of the liquid. For this, it is necessary to apply a force equal to the surface tension force σ acting along the perimeter of the ring (1):

$$P = 4\pi R \sigma. \quad (1)$$

The force required to tear off the plate is determined using torsion weights. It is equal to the value φ of the torsion balance.

Experiment planning. The experiment was carried out within the dosage recommended by the manufacturer in increments of 0.1%. The concentration at which the surface tension was minimal was chosen optimal. The following dosages were established for the experiments: for the additive MC-PowerFlow 3100 – 0%, 0.2%, 1.9% and 5% of the additive by weight of cement, and for MC-PowerFlow 2695 – 0%, 0.2%, 2.5% and 5% additives by weight of cement.

An experiment was conducted on the influence of the type and amount of surfactants on the STF of mixing water. The experiment analyzed additives plasticizers manufactured by MC Bauchemie: MC-PowerFlow 3100 and MC-PowerFlow 2695, cement ПЦ II/A-III-500. Odessa cement plant. The experiments were carried out on tap water.

The main material and results. The experiments performed by the “ring detachment” method established the optimal consumption of surfactant additives, which minimizes the surface tension of water. It was found that the optimal content of the additive MC-PowerFlow 3100 is 1.9% by weight of cement, and for the additive MC-PowerFlow 2695 – 2.5% by weight of cement. With an increase in dosage above the optimum, an increase in the surface tension of water is observed. Studies have shown that MC-PowerFlow 3100 at a dosage of 1.9% shows a minimum surface tension of mixing water, which is 33.1% less; for MC-PowerFlow 2695, this dosage is 2.5%, which reduces the surface tension of water mixing by 32.6%, compared with the control sample (without additives). Based on the obtained research results, the optimal flow rate for the MC-PowerFlow 3100 additive was determined in the amount of 1.9% by weight of cement, and 2.5% for the MC-PowerFlow 2695 additive (Fig. 1, 2).

An analysis of the study results revealed (Table 1-3) that when using the optimal consumption of MC-PowerFlow 3100 additive in 1.9% and MC-PowerFlow 2695 additive in 2.5% by weight of cement, a reduction in NDC for MC-PowerFlow 3100 additive was experimentally established by 31.7%, and by 21.7% for the additive MC-PowerFlow 2695 (Fig. 3, 4).

Table 1 – Surface tension of the MC-PowerFlow 3100 additive

Additive,%	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Breakout force, mg	235,0	176,6	173,4	172,1	167,7	167,1	166,7	165,1	162,9	161,6	160,5
Additive,%	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1
Breakout force, mg	159,6	159,7	160,8	159,7	161,0	159,9	159,1	158,3	157,3	159,5	158,9
Additive,%	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2
Breakout force, mg	157,7	158,5	157,7	157,4	158,7	158,3	159,6	157,8	159,1	160,2	158,9
Additive,%	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3
Breakout force, mg	157,6	158,4	157,4	159,0	160,5	159,5	159,3	158,4	157,3	158,7	158,0
Additive,%	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5				
Breakout force, mg	157,4	159,8	158,9	161,9	163,4	164,1	165,3				

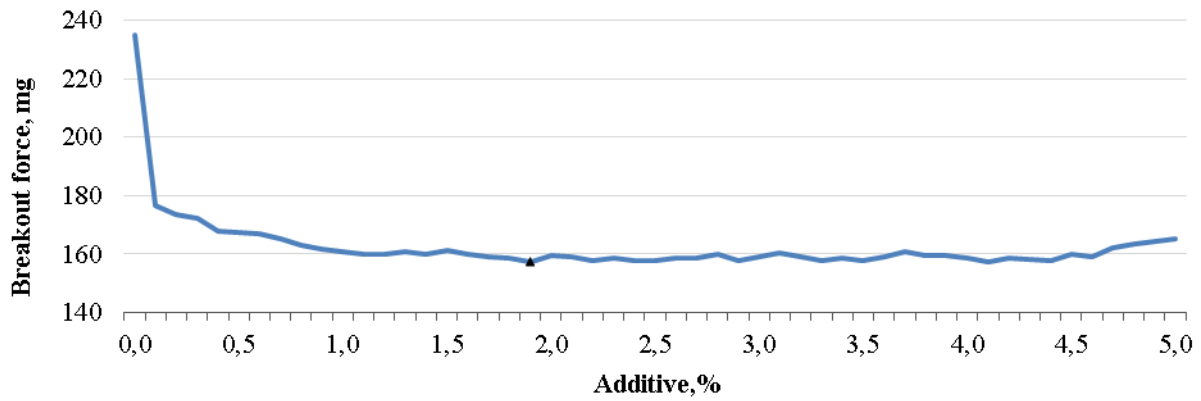


Fig. 1. The effect of the amount of MC-Bauchemie 3100 additive on the surface tension of water

Table 2 – Surface tension of the MC-PowerFlow 2695 additive

Additive, %	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Breakout force, mg	235,0	190,4	187,9	182,1	178,6	173,8	172,9	168,4	169,5	168,7	169,2
Additive, %	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
Breakout force, mg	168,1	168,6	168,0	167,8	165,4	167,2	164,7	166,5	164,1	163,4	160,7
Additive, %	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
Breakout force, mg	161,5	160,3	159,8	158,4	159,6	158,7	158,5	159,0	158,8	158,4	158,9
Additive, %	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3
Breakout force, mg	159,7	160,0	159,2	159,5	158,9	158,5	159,6	161,3	159,7	159,6	158,4
Additive, %	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0				
Breakout force, mg	158,8	158,4	159,8	160,0	161,8	163,0	165,4				

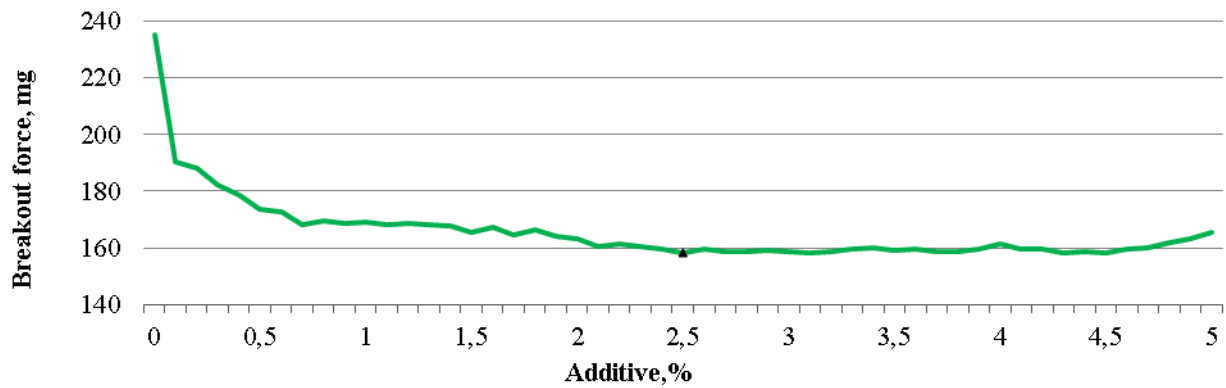


Fig. 2. The effect of the amount of MC-Bauchemie 2695 additive on the surface tension of water

Table 3 – MC-PowerFlow 2695 and MC-PowerFlow 3100 Additives

Denomination	The amount of additive, %	The amount of water, ml	The amount of cement, g	Water cement ratio
Cement-free	-	120	400	0,3
MC-PowerFlow 2695	0,2	112	400	0,28
MC-PowerFlow 2695	2,5	94	400	0,235
MC-PowerFlow 2695	5	84	400	0,21
MC-PowerFlow 3100	0,2	108	400	0,27
MC-PowerFlow 3100	1,9	82	400	0,205
MC-PowerFlow 3100	5	76	400	0,19

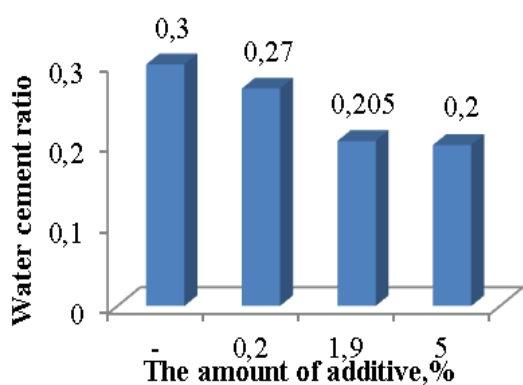


Fig. 3. The effect of the additive MC-Bauchemie 3100 on the NDC cement composition

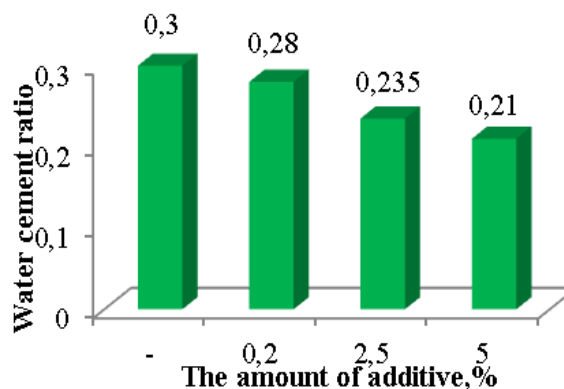


Fig. 4. The effect of the additive MC-Bauchemie 2695 on the NDC cement composition

Having analyzed the influence of MC-Bauchemie additives (Table 4), on the periods of structure formation (setting time), it is clear that when the dosage of MS Bauchemie 3100 is 1,9% by weight of cement, and when the dosage of MS Bauchemie 2695 is 2,5 % of the weight of cement, a further increase in the additive dosage practically does not change the setting time (Fig. 5, 6).

Table 4 – The results of the setting time of the cement composite

Denomination	Additive, %	Setting time, min	
		Start	End
Cement-free	-	220	305
MC-PowerFlow 2695	0,2	210	360
MC-PowerFlow 2695	2,5	190	470
MC-PowerFlow 2695	5	160	640
MC-PowerFlow 3100	0,2	205	350
MC-PowerFlow 3100	1,9	170	570
MC-PowerFlow 3100	5	130	560

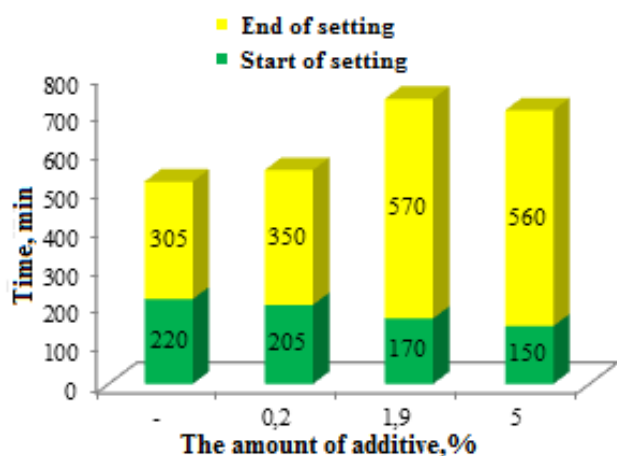


Fig. 5. Effect of dosage of plasticizing agent MC-Bauchemie 3100 on the properties of a hardening composite

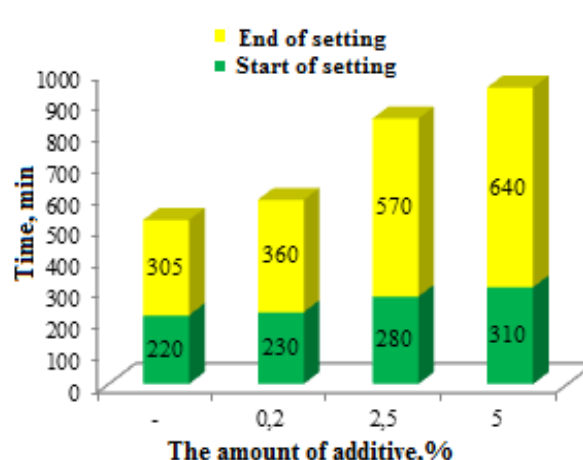


Fig. 6. Effect of dosage of plasticizing agent MC-Bauchemie 2695 on the properties of a hardening composite

The obtained samples of cement stone were tested on days 3, 7, 14 and 28 (Table 5, 6). An increase in bending strength for MC-PowerFlow 3100 additive by 41.1%, increase in compressive strength by 45.5%, for MC-PowerFlow 2695 additive, an increase in bending strength by 21.2%, and increase in compressive strength by 26.9%, compared with the control sample (without additives) on day 28 (Fig. 7. 8).

Table 5 – MC-PowerFlow 3100 Additive Effect Results

Additive	Dosage, (%/C)	Day	Bending Strength, kgf/cm ²	The limit of compressive strength, MPa
MC-PowerFlow 3100	0,2	3	37,0	53,8
		7	45,6	70,0
		14	52,9	77,2
		28	61,2	81,2
	1,9	3	53,4	27,8
		7	65,4	35,4
		14	68,4	41,6
		28	72,5	49,9
	5	3	54,6	80,0
		7	67,9	98,6
		14	76,1	102,0
		28	85,1	106,8
Cement-free	0	3	45,7	63,0
		7	56,5	70,6
		14	66,5	81,8
		28	74,7	84,6

Table 6 – The effects of MC-PowerFlow 2695

Additive	Dosage, (%/C)	Day	Bending Strength, kgf/cm ²	The limit of compressive strength, MPa
MC-PowerFlow 3100	0,2	3	37,0	53,8
		7	45,6	70,0
		14	52,9	77,2
		28	61,2	81,2
	2,5	3	53,4	27,8
		7	65,4	35,4
		14	68,4	41,6
		28	72,5	49,9
	5	3	54,6	80,0
		7	67,9	98,6
		14	76,1	102,0
		28	85,1	106,8
Cement-free	0	3	45,7	63,0
		7	56,5	70,6
		14	66,5	81,8
		28	74,7	84,6

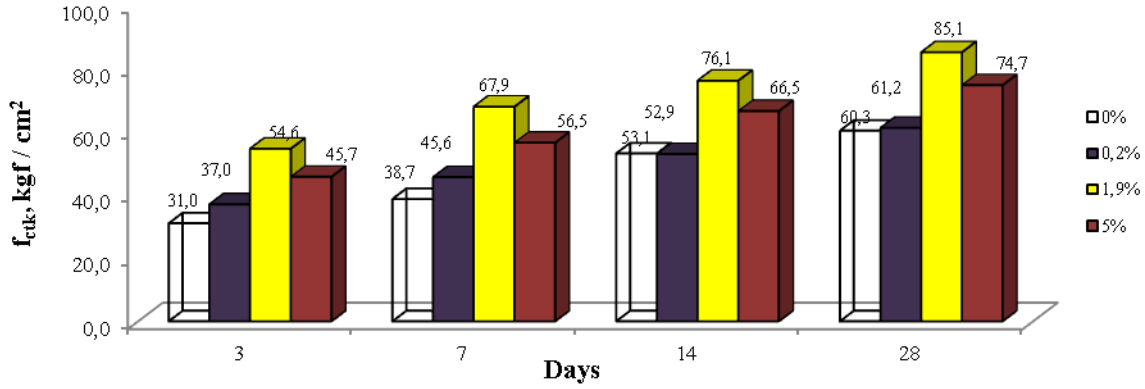


Fig. 7. The effect of the additive MC-Bauchemie 3100 on the change in tensile strength in bending

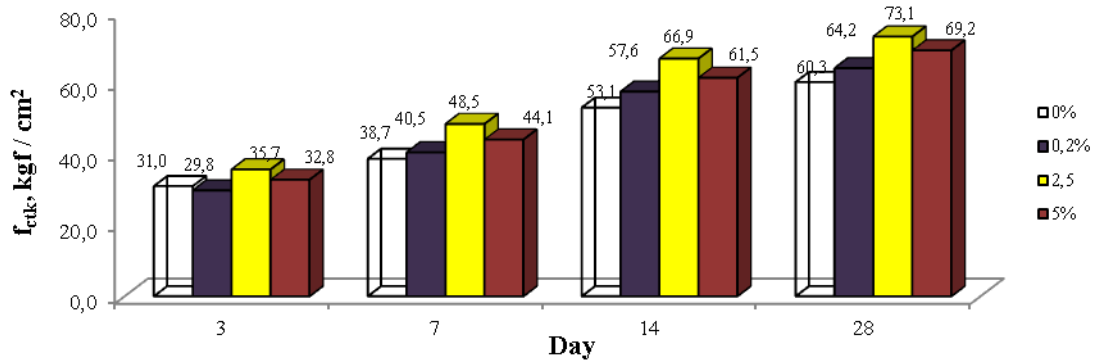


Fig. 8. The effect of the additive MC-Bauchemie 2695 on the change in tensile strength in bending

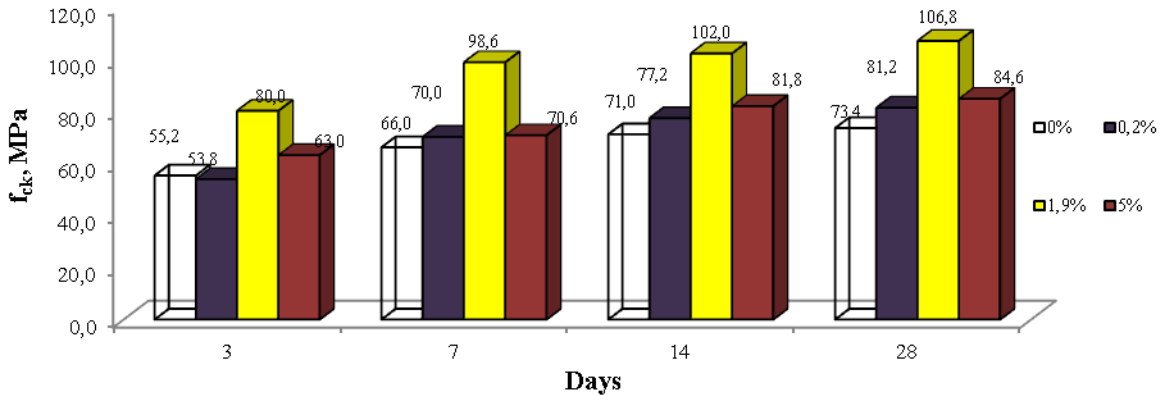


Fig. 9. The effect of the additive MC-Bauchemie 3100 on the change in compressive strength

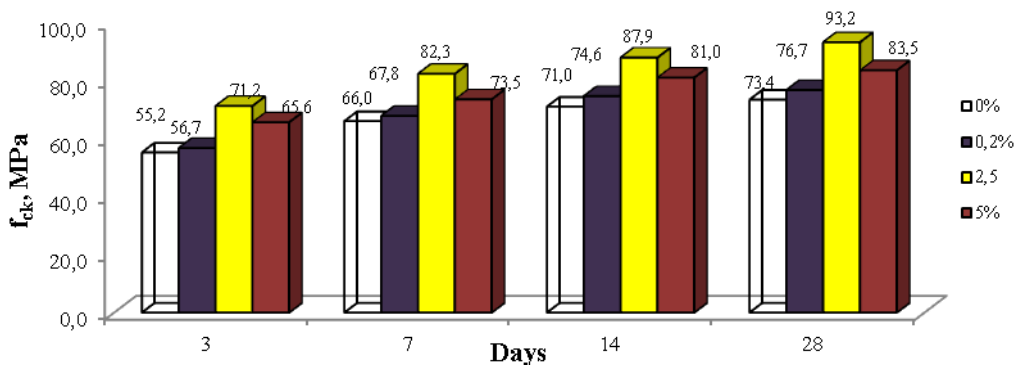


Fig. 10. The effect of the additive MC-Bauchemie 2695 on the change in compressive strength

When applying the maximum consumption of the MC-PowerFlow 3100 additive (up to 5% according to the manufacturer), which is higher than the optimum (1.9% by weight of cement), it was found that the NDC practically does not change, and the flexural strength deteriorates by 13.9%, also compressive strength is reduced by 26.9%, compared with the optimal additive dosage on the 28th day. When applying the maximum consumption of the MC-PowerFlow 2695 additive (according to the manufacturer's data, up to 5%), which is higher than the optimum (2.5% by weight of cement), it was found that the NDC practically does not change, and the flexural strength deteriorates by 5.3%, also the compressive strength decreases by 10.4%, compared with the optimal dosage of the additive on the 28th day.

Conclusions. Thus, experiments performed in the indicated range of the content of superplasticizer additives in the manufacture of prototypes confirmed that the most effective use of superplasticizers MC-PowerFlow 3100 and MC Bauchemie 2695 is in experimentally established dosages for reducing the surface tension of mixing water.

References

1. V.V. Troyan, *Dobavki dlya betonov i stroitel'nykh rastvorov: uchebnoye posobiye*. Nezhin: TOV «Izdatel'stvo «Aspekt-Poligraf», 2010.
2. A.A. Abramzon, L.P. Zaychenko, S.I. Fayngol'd, *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva*. L. «Khimiya», 1988.
3. P.V. Krivenko, K.K. Pushkar'ova, V.B. Baranovs'kiy, M.O. Kochevikh, YU.G. Gasan, B.YA. Konstantinivs'kiy, V.O. Raksha, *Budiveln'e materialoznavstvo: Pidruchnik*. K.: TOV UVPK «YeksOb», 2006.
4. L. I. Dvorkin O. L. Dvorkin, V. I. Gots, *Ispytaniya betonov i rastvorov. Proyektirovaniye ikh sostavov*. M.: Infra-Inzheneriya, 2015.
5. A. V. Usharov-Marshak, M. Tsiak, *Khimicheskiye i mineral'nyye dobavki v tekhnologii tsementa i betona*. Zaporozh'ye: Khortitsa, 2002.

ЗМІНА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗУВАННЯ ДОБАВОК ПАР

Пліт О.Д., аспірант,
Заволока М.В., к.т.н., професор,
mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230
Шинкевич О.С., д.т.н., професор,
elena_shinkevich@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2842-1785
Одеська державна академія будівництва і архітектури

Анотація. У даній роботі представлені результати дослідження впливу дозування добавок ПАР на воду замішування і фізико-механічні властивості цементних композицій, на прикладі суперпластифікаторів фірми MC-Bauchemie. Основний критерій оцінювання ПАР є коефіцієнт поверхневого натягу, який був визначений для випробовуваних добавок MC-PowerFlow 2695 і MC-PowerFlow 3100. В ході експерименту методом відриву кільця були встановлені мінімальні значення поверхневого натягу для даних добавок і встановлені передбачувані оптимальні дозування. В результаті чого були визначені наступні склади: контрольний бездобавочний зразок, зразки з додаванням мінімально рекомендованим виробником дозуванням, зразки з передбачуваним оптимальним дозуванням і зразки з додавання максимально рекомендованим виробником дозуванням. Випробування проводилися на цементних балочках, стандартних розмірів, які виготовлені відповідно до ДСТУ. Однією з найважливіших характеристик бетону є його рухливість. Вибрані склади при визначенні коефіцієнта нормальної густоти показали істотне зменшення В/Ц відношення при збільшенні дозування обох добавок. Також було вивчено вплив різних доз обраних добавок на терміни схоплювання цементної композиції. Склади з додавання добавки пластифікатора MC-PowerFlow 2695 показали уповільнення початку термінів схоплювання, в той час як склади з додавання добавки пластифікатора MC-

PowerFlow 2695 показали прискорення початку термінів схоплювання. При цьому кінець термінів схоплювання у всіх складах сповільнилося в порівнянні з контрольним складом. Для визначення міцності були виготовлені цементні балочки з вищевказаними складами, і в подальшому випробувані на 3, 7, 14 і 28 добу відповідно до ДСТУ. У зразках з додаванням оптимального дозування міцність була максимальна як при випробуванні на вигин, так і при випробуванні на стиснення. У ході проведених експериментів був зроблений висновок, що передбачуваний оптимальний склад виявився максимально ефективним, а збільшення дозування вище оптимального, призводить до перевитрати добавки і зниження міцності зразків для обох обраних добавок.

Ключові слова: поверхневий натяг, поверхнево активні речовини, міцність бетону, суперпластифікатор, відрив кільця, підбір складу.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО–МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗИРОВКИ ДОБАВОК ПАВ

Плит А.Д., аспирант,

Заволока М.В., к.т.н., профессор,

mvzavoloka@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2080-1230

Шинкевич Е.С., д.т.н., профессор,

elena_shinkevich@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2842-1785

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования влияния дозирования добавок ПАВ на воду затворения и физико-механические свойства цементных композиций, на примере суперпластификаторов фирмы MC-Bauchemie. Основным критерий оценки ЮАР является коэффициент поверхностного натяжения, который был определен для испытуемых добавок MC-PowerFlow 2695 и MC-PowerFlow 3100. В ходе эксперимента методом отрыва кольца были установлены минимальные значения поверхностного натяжения для данных добавок и установлены предполагаемые оптимальные дозировки. В результате чего были определены следующие составы: контрольный бездобавочный образец, образцы с добавлением минимальной рекомендованной производителем дозировки, образцы с предполагаемой оптимальной дозировкой и образцы с добавлением максимальной рекомендованной производителем дозировкой. Испытания проводились на цементных балочках, стандартных размеров и приготовленные в соответствии с ГОСТ. Одной из важнейших характеристик бетона является его подвижность. Избранные составы при определении коэффициента нормальной густоты показали существенное уменьшение В/Ц отношения при увеличении дозировки обеих добавок. Также было изучено влияние различных доз избранных добавок на сроки схватывания цементных композиций. Склады с добавлением добавки пластификатора MC-PowerFlow 2695 показали замедление начала сроков схватывания, в то время как склады с добавлением добавки пластификатора MC-PowerFlow 2695 показали ускорение начала сроков схватывания. При этом конец сроков схватывания во всех составах замедлился по сравнению с контрольным составом. Для определения прочности были изготовлены цементные балочки с вышеуказанными составами, и в дальнейшем испытаны на 3, 7, 14 и 28 суток в соответствии с ГОСТ. В образцах с добавлением оптимальной дозировки прочность была максимальная как при испытании на изгиб, так и при испытании на сжатие. Вследствие проведенных экспериментов был сделан вывод, что предполагаемый оптимальный состав оказался максимально эффективным, а увеличение дозировки выше оптимальной, приводит к перерасходу добавки и снижению прочности образцов для обоих выбранных добавок.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, ПАВ, прочность бетона, суперпластификатор, отрыв кольца, подбор состава.

Стаття надійшла 18.11.2019