



*С ИЗМЕНЕНИЯМИ ОТ 29.10.2019 г.*

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА РАЗДЕЛ – 2**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ДОБАВОК - МЕТАПАС, МЕТАКАОЛИН, МИКРОКРЕМНЕЗЕМ, ДОМЕННЫЙ ШЛАК И ЗОЛА УНОСА ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ, ЖЕЛЕЗОБЕТОНОВ, РАСТВОРОВ И СУХИХ СМЕСЕЙ.**

#### **ПЕРВАЯ ЧАСТЬ:**

#### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ДОБАВОК - МЕТАПАС И МИКРОКРЕМНЕЗЕМ.**

В первой части – выполнен сравнительный анализ эффективности работы добавок Метапаса и Микрокремнезема (МК-85).

По воздействию на бетоны и растворы тестируемые добавки классифицированы в соответствии с ГОСТ 24211-2008, как добавки, повышающие прочность. Эффективность работы добавок оценивалась по критерию увеличения прочности бетона в проектном возрасте (норматив ГОСТ 24211 по повышению прочности  $\geq 20\%$ ).

Испытания добавок проводились в соответствии с ГОСТ 30459-2008. Качество и расход материалов (на  $1\text{ м}^3$  бетона) подобраны в соответствии с требованиями ГОСТ 30459 (см. таблицы № 1-1 и № 1-2). Расход тестируемых добавок составил: Метапас = 2% по массе цемента, Микрокремнезем = 5% и 10% по массе цемента.

Используемые материалы:

- Портландцемент: ЦЕМ I 42,5Н (содержание  $C_3A < 8\%$ ) ГОСТ 31108-03;
- Песок строительный: 1 класса  $M_{кр}=2,3$  ГОСТ 8736-93;
- Щебень гранитный: фр. 5-20 мм ГОСТ 8267-93;
- Активная добавка: Метапас (ООО «Грин Айленд»);
- Активная добавка: Микрокремнезем (МК-85);
- Влажность заполнителей: менее 0,1%.

Марка по удобоукладываемости (подвижности) бетонных смесей контрольного и основных образцов соответствует значению ПЗ, ГОСТ 7473-2010. Образцы бетонов отобраны в соответствии ГОСТ 10180-2012, размер образцов 100x100x100 мм.

Прочность контрольных и основных составов бетонов определялась в возрасте 7 суток и 28 суток нормального твердения ( $t = (20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ,  $W = (95 \pm 5)\%$ ).

Повышение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольным

$$\Delta R_{28}, \%$$

определяли по формуле:

$$\Delta R_{28} = [(R_{\text{осн}} - R_{\text{контр}}) / R_{\text{контр}}] \times 100$$

Составы бетонных смесей:

Таблица № 1-1

Наименование материалов	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> /кг			
	Контрольный состав № 1	Основной состав № 1-1 (с Метапас)	Основной состав № 1-2 (с МК-85)	Основной состав № 1-3 (с МК-85)
ЦЕМ I 42,5 Н	350	350	350	350
Песок	850	850	850	850
Щебень	1150	1150	1150	1150
Метапас	0	7,0 *	0	0
МК-85	0	0	17,5 **	35,0 **
Вода	185	185	185	185
Удобоукладываемость, см	13,0	15,0	11,5	10,5

\*расход добавки Метапас - составил 2% по массе цемента,

\*\*расход добавки Микрокремнезем - составил 5% и 10% по массе цемента.

Результаты испытаний:

Таблица № 1-2

Наименование состава	Испытания в возрасте 7 суток				Испытания в возрасте 28 суток			
	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа
Контрольный состав № 1	2,44	293000	27,8	28,0	2,43	363000	34,5	34,7
	2,44	293000	27,8		2,43	364000	34,6	
	2,45	297000	28,2		2,44	368000	35,0	
Основной состав № 1-1 (Метапас=2%)	2,45	319000	30,3	30,2	2,44	445000	42,3	42,2
	2,45	316000	30,0		2,44	442000	42,0	
	2,45	318000	30,2		2,44	445000	42,3	
Основной состав № 1-2 (МК-85=5%)	2,47	318000	30,2	29,8	2,46	421000	40,0	39,7
	2,46	313000	29,7		2,45	417000	39,6	
	2,46	312000	29,6		2,45	417000	39,6	
Основной состав № 1-3 (МК-85=10%)	2,48	321000	30,5	30,4	2,46	481000	45,7	45,6
	2,47	318000	30,2		2,46	476000	45,2	
	2,48	321000	30,5		2,47	482000	45,8	

- Повышение прочности для состава № 1-1 (с добавкой Метапас = 2 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 21,6 \%$$

- Повышение прочности для состава № 1-2 (с добавкой Микрокремнезем = 5 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 14,4 \%$$

- Повышение прочности для состава № 1-3 (с добав. Микрокремнезем = 10 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 31,4 \%$$

### ВЫВОД:

Оценка эффективности работы добавок Метапас и Микрокремнезем - была выполнена по критерию «увеличения прочности бетона в проектном возрасте» по ГОСТ 24211-2008. Согласно результатам испытаний, увеличение прочности бетона на 20% и более, получено - при использовании добавки Метапаса с расходом = 2 % по цементу и при использовании добавки Микрокремнезема с расходом = 7 % по цементу.

Всвязи с чем можно сделать вывод, что для получения «равнозначных характеристик продукции» - Метапаса потребуется в 3 раза меньше чем Микрокремнезема, следовательно, по степени активности добавка Метапас превосходит добавку Микрокремнезем.

Оценивая эффективность работы тестируемых добавок по критерию «цена-качество» можно сделать вывод - использование добавки Метапас на 40-50% и более выгоднее использования добавки Микрокремнезем.

### **ВТОРАЯ ЧАСТЬ:**

#### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ДОБАВОК - МЕТАПАС И МЕТАКАОЛИН.**

Во второй части – выполнен сравнительный анализ эффективности работы добавок Метапаса и Метакаолина (МКЛН-93).

По воздействию на бетоны и растворы тестируемые добавки классифицированы в соответствии с ГОСТ 24211-2008, как добавки, повышающие прочность. Эффективность работы добавок оценивалась по критерию увеличения прочности бетона в проектном возрасте (норматив ГОСТ 24211 по повышению прочности  $\geq 20\%$ ).

Испытания добавок проводились в соответствии с ГОСТ 30459-2008. Качество и расход материалов (на 1 м<sup>3</sup> бетона) подобраны в соответствии с требованиями ГОСТ 30459 (см. таблицы № 1-1 и № 1-2). Расход тестируемых добавок составил: Метапас = 2% по массе цемента, Метакаолин = 5% и 10% по массе цемента.

Используемые материалы:

- Портландцемент: ЦЕМ I 42,5Н (содержание С<sub>3</sub>А <8%) ГОСТ 31108-03;
- Песок строительный: 1 класса Мкр=2,3 ГОСТ 8736-93;
- Щебень гранитный: фр. 5-20 мм ГОСТ 8267-93;
- Активная добавка: Метапас (ООО «Грин Айленд»);
- Активная добавка: Метакаолин (МКЛН-93);
- Влажность заполнителей: менее 0,1%.

Марка по удобоукладываемости (подвижности) бетонных смесей контрольного и основных образцов соответствует значению ПЗ, ГОСТ 7473-2010. Образцы бетонов отобраны в соответствии ГОСТ 10180-2012, размер образцов 100x100x100 мм.

Прочность контрольных и основных составов бетонов определялась в возрасте 7 суток и 28 суток нормального твердения ( $t = (20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ,  $W = (95 \pm 5)\%$ ).

Повышение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольным

$$\Delta R_{28}, \%$$

определяли по формуле:

$$\Delta R_{28} = [(R_{\text{осн}} - R_{\text{контр}}) / R_{\text{контр}}] \times 100$$

Составы бетонных смесей:

Таблица № 2-1

Наименование материалов	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> /кг			
	Контрольный состав № 2	Основной состав № 2-1 (с Метапас)	Основной состав № 2-2 (с МКЛН-93)	Основной состав № 2-3 (с МКЛН-93)
ЦЕМ I 42,5 Н	350	350	350	350
Песок	850	850	850	850
Щебень	1150	1150	1150	1150
Метапас	0	7,0 *	0	0
МКЛН-93	0	0	17,5 **	35,0 **
Вода	185	185	185	185
Удобоукладываемость, см	12,0	14,0	14,0	14,5

\*расход добавки Метапас - составил 2% по массе цемента,

\*\*расход добавки Метаксаолин - составил 5% и 10% по массе цемента.

Результаты испытаний:

Таблица № 2-2

Наименование состава	Испытания в возрасте 7 суток				Испытания в возрасте 28 суток			
	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа
Контрольный состав № 2	2,44	292000	27,7	27,8	2,43	363000	34,5	34,4
	2,44	292000	27,7		2,43	364000	34,6	
	2,45	295000	28,0		2,44	360000	34,2	
Основной состав № 2-1 (Метапас=2%)	2,44	312000	29,6	29,9	2,44	444000	42,2	42,0
	2,45	316000	30,0		2,44	440000	41,8	
	2,45	318000	30,2		2,44	443000	42,1	
Основной состав № 2-2 (МКЛН-93=5%)	2,46	318000	30,2	30,4	2,46	421000	38,9	39,1
	2,46	323000	30,7		2,45	417000	39,5	
	2,45	319000	30,3		2,45	417000	38,8	
Основной состав № 2-3 (МКЛН-93=10%)	2,48	332000	31,5	31,2	2,47	451000	42,8	42,5
	2,47	326000	31,0		2,46	448000	42,6	
	2,47	328000	31,2		2,47	444000	42,2	

- Повышение прочности для состава № 2-1 (с добавкой Метапас = 2 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 22,1 \%$$

- Повышение прочности для состава № 2-2 (с добавкой Метаксаолин = 5 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 13,7 \%$$

- Повышение прочности для состава № 2-3 (с добавкой Метаксаолин = 10 % по цементу):

$$\Delta R_{28} = 23,5 \%$$

## ВЫВОД:

Оценка эффективности работы добавок Метапас и Метакаолин - была выполнена по критерию «увеличения прочности бетона в проектном возрасте» в соответствии с ГОСТ 24211-2008. Согласно результатам испытаний, увеличение прочности бетона на 20% и более, получено - при использовании добавки Метапаса с расходом = 2 % по цементу и при использовании добавки Метакаолин с расходом = 9 % по цементу.

Всвязи с чем можно сделать вывод, что для получения «равнозначных характеристик продукции» - Метапаса потребуется в 4 раза меньше чем Метакаолина, следовательно, по степени активности добавка Метапас превосходит добавку Метакаолин.

Оценивая эффективность работы тестируемых добавок по критерию «цена-качество» можно сделать вывод - использование добавки Метапас в 3-4 раза и более выгоднее использования добавки Метакаолин.

5

## **ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ:**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АКТИВНЫХ ДОБАВОК – МЕТАПАС, ЗОЛА УНОСА И ДОМЕННЫЙ ШЛАК.**

В третьей части – выполнен сравнительный анализ эффективности работы добавок Метапаса, Золы уноса и Доменного шлака.

По воздействию на бетоны и растворы тестируемые добавки классифицированы в соответствии с ГОСТ 24211-2008, как добавки, повышающие прочность. Эффективность работы добавок оценивалась по критерию увеличения прочности бетона в проектном возрасте (норматив ГОСТ 24211 по повышению прочности  $\geq 20\%$ ).

Испытания добавок проводились в соответствии с ГОСТ 30459-2008. Качество и расход материалов (на 1 м<sup>3</sup> бетона) подобраны в соответствии с требованиями ГОСТ 30459 (см. таблицы № 1-1 и № 1-2). Расход тестируемых добавок составил: Метапас = 2% по массе цемента, Зола уноса и Доменный шлак = 10% и 20% по массе цемента.

Используемые материалы:

- Портландцемент: ЦЕМ I 42,5Н (содержание С<sub>3</sub>А <8%) ГОСТ 31108-03;
- Песок строительный: 1 класса М<sub>кр</sub>=2,3 ГОСТ 8736-93;
- Щебень гранитный: фр. 5-20 мм ГОСТ 8267-93;
- Активная добавка: Метапас (ООО «Грин Айленд»);
- Активная добавка: Зола уноса (ЗУ);
- Активная добавка: Доменный шлак (ДШ);
- Влажность заполнителей: менее 0,1%.

Марка по удобоукладываемости (подвижности) бетонных смесей контрольного и основных образцов соответствует значению ПЗ, ГОСТ 7473-2010. Образцы бетонов отобраны в соответствии ГОСТ 10180-2012, размер образцов 100x100x100 мм.

Прочность контрольных и основных составов бетонов определялась в возрасте 7 суток и 28 суток нормального твердения ( $t = (20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ,  $W = (95 \pm 5)\%$ ).

Повышение прочности бетонов основных составов по сравнению с контрольным

$$\Delta R_{28}, \%$$

определяли по формуле:

$$\Delta R_{28} = [(R_{\text{осн}} - R_{\text{контр}}) / R_{\text{контр}}] \times 100$$

## Составы бетонных смесей:

Таблица № 3-1

Наименование материалов	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> /кг					
	Контрольный состав № 3	Основной состав № 3-1 (с Метопас)	Основной состав № 3-2 (с ЗУ)	Основной состав № 3-3 (с ДШ)	Основной состав № 3-4 (с ЗУ)	Основной состав № 3-5 (с ДШ)
ЦЕМ I 42,5 Н	350	350	350	350	350	350
Песок	850	850	850	850	850	850
Щебень	1150	1150	1150	1150	1150	1150
Метопас	0	7,0 *	0	0	0	0
ЗУ	0	0	35,0 **	0	70,0 **	0
ДШ	0	0	0	35,0 **	0	70,0 **
Вода	185	185	185	185	185	185
Удобоуклад., см	12,5	14,0	14,0	13,5	15,0	14,5

\*расход добавки Метопас - составил 2% по массе цемента,

\*\*расход добавок Зола уноса и Доменный шлак - составил 10-20% по массе цемента.

## Результаты испытаний:

Таблица № 3-2

Наименование состава	Испытания в возрасте 7 суток				Испытания в возрасте 28 суток			
	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа	V, т/м <sup>3</sup>	Разрушающ. нагрузка, Н	R, МПа	R <sub>ср</sub> , МПа
Контрольный состав № 3	2,44	293000	27,8	28,1	2,43	367000	34,9	35,0
	2,44	293000	27,8		2,43	367000	34,9	
	2,45	301000	28,6		2,44	371000	35,2	
Основной состав № 3-1 (Метопас=2%)	2,45	319000	30,3	30,2	2,44	449000	42,7	42,5
	2,44	317000	30,1		2,44	445000	42,3	
	2,45	318000	30,2		2,44	447000	42,5	
Основной состав № 3-2 (ЗУ=10%)	2,47	307000	29,2	29,5	2,47	423000	40,2	40,2
	2,48	313000	29,7		2,47	426000	40,5	
	2,48	312000	29,6		2,47	421000	40,0	
Основной состав № 3-3 (ДШ=10%)	2,47	307000	29,2	29,0	2,46	414000	39,3	39,6
	2,47	304000	28,9		2,46	421000	40,0	
	2,48	303000	28,8		2,47	417000	39,6	
Основной состав № 3-4 (ЗУ=20%)	2,50	339000	32,2	32,2	2,49	491000	46,6	46,7
	2,51	341000	32,4		2,50	493000	46,8	
	2,51	338000	32,1		2,50	492000	46,7	
Основной состав № 3-5 (ДШ=20%)	2,50	335000	31,8	31,9	2,50	474000	45,0	45,1
	2,51	339000	32,2		2,49	478000	45,4	
	2,50	335000	31,8		2,50	473000	44,9	

- Повышение прочности для состава № 3-1 (с добавкой Метапас = 2 % по цементу):  
 $\Delta R_{28} = 21,4 \%$
- Повышение прочности для состава № 3-2 (с добавкой Зола уноса = 10 % по цементу):  
 $\Delta R_{28} = 14,9 \%$
- Повышение прочности для состава № 3-3 (с добавкой Доменный шлак = 10 % по цементу):  
 $\Delta R_{28} = 13,1 \%$
- Повышение прочности для состава № 3-4 (с добавкой Зола уноса = 20 % по цементу):  
 $\Delta R_{28} = 33,4 \%$
- Повышение прочности для состава № 3-5 (с добавкой Доменный шлак = 20 % по цементу):  
 $\Delta R_{28} = 28,9 \%$

### ВЫВОД:

Оценка эффективности работы добавок Метапас, Зола уноса и Доменный шлак - была выполнена по критерию «увеличения прочности бетона в проектном возрасте» по ГОСТ 24211-2008. Согласно результатам испытаний, увеличение прочности бетона на 20% и более, получено - при использовании добавки Метапаса с расходом = 2 % по цементу и при использовании Золой уноса и Доменного шлака с расходом  $\geq 13-14 \%$  по цементу.

Всвязи с чем можно сделать вывод, что для получения «равнозначных характеристик продукции» - Метапаса потребуется в 6-7 раз меньше чем Золой уноса и Доменного шлака, следовательно, по степени собственной активности добавка Метапас превосходит добавки Зола уноса и Доменный шлак.

Оценивая эффективность работы тестируемых добавок по критерию «цена-качество» можно сделать вывод - использование добавки Метапас на 20-30% и более выгоднее использования добавок Зола уноса и Доменный шлак.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

**Преимуществом добавки Метапас перед другими высокоактивными добавками (Микрокремнезем, Метакаолин, Зола уноса и Доменный шлак) - является высокая степень активности материала при малом количестве расхода.**

**Для получения «равнозначных характеристик продукции» высокоактивной добавки Метапас потребуется - в 3 раза меньше чем Микрокремнезема, в 4 раза меньше чем Метакаолина и в 6 раз меньше чем Золой уноса и Доменного шлака.**

**По критерию «цена-качество» высокоактивная добавка Метапас - на 40-50% и более выгоднее Микрокремнезема, в 3-4 раза эффективнее Метакаолина и на 20-30% и более выгоднее Доменного шлака и Золой уноса.**