

Влияние пигментов на основные физико-механические свойства гипса

А.К. Сысоев, В.А. Чарухина

Академия строительства и архитектуры ДГТУ (г. Ростов-на-Дону)

Аннотация: Рассмотрены основные области применения пигментов в строительстве и за рубежом. В работе изучено влияние пигментов на основные физико-механические свойства гипса - прочностные свойства, водопоглощение, коэффициент размягчения и капиллярный подсос материала. Установлено, что одной из важных характеристик гипсового композита является капиллярный подсос материала, определяющий в значительной степени не только физико-механические свойства материала, но и его эксплуатационную долговечность.

Ключевые слова: пигменты, физико-механические свойства, прочностные свойства, водопоглощение, коэффициент размягчения, капиллярный подсос, эксплуатационная долговечность.

В строительстве пигменты нашли широкое применение при производстве лакокрасочных материалах [1], выпуске различных полимерных материалов [2], сухих строительных смесей, декоративных растворов и бетонов [3-9], при производстве различных строительных смесей и нанесении различных штукатурок. При этом к 2018 г. мировой рынок пигментов, по прогнозам некоторых экспертов может достигнуть около 5 млн. т в год.

Среди большого количества российских производителей пигментов перечислим некоторые из них – ОАО «Дубитель», ООО «Эмпилс», ООО «Роспласт», ОАО «Ивхимпром», ООО «Новохром», ООО «ЧХЗ Оксид», ОАО «Ампасет», «Заволжский пигмент», ООО ПФ «Пигменты», «Росхимпром» и другие.

Среди иностранных производителей известны пигменты компании BASF (Германия), PRECOLOR A.S.(Чехия), «STOOPEN MEEUS» (Бельгия), Ampacet (США-Люксембург), PolyOne, Cabot (Великобритания-Бельгия-США) Lanxess (Германия) и A.Shulman, а также Ngai НН, Meilian, Yangxi Huaqiang и Guandong Charming (Китай) и другие [10-13].

В строительстве в основном применяют неорганические пигменты [8,9].

В.П. Кузьминой [8] отмечается связь между составом и цветом этих пигментов. Желтые пигменты - $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, красные - Fe_2O_3 , черные - Fe_3O_4 ($FeO \cdot Fe_2O_3$), коричневые - смесь красных и желтых пигментов, зеленые – продукт помола желтого пигмента и голубого фталоцианинового пигмента.

Основной целью проводимых исследований являлось определение оптимальных дозировок различных пигментов и изучение влияние пигментов на основные физико - механические свойства гипса.

В качестве вяжущего применялся гипс Г-5-Б-II ГОСТ 125-79, а также пигменты IRON OXIDE PRINTONIK (RED 110 -красный, GREEN5605-зеленый, YELLOW313 -желтый, BLACK 722 –черный) и пигменты Челябинского ЛКЗ (желтый) и НИИ пигментных материалов (красный и коричневый). Основные свойства пигментов IRON OXIDE PRINTONIK представлены в табл. 1

Таблица 1

Характеристика пигментов IRON OXIDE PRINTONIK

Наименование показателя	Методы испытаний	Red 110 (красный)	BLACK 722 (черный)	GREEN 5605 (зеленый)	YELLOW 313(желтый)
Цвет	ГОСТ 16873	Светло-красный	Черный	Зеленый	Желтый
Массовая доля соединений железа в пересчете на Fe_2O_3 , %	ТУ 2322-001-73627304-10, п.4.3	94-96	91-94	93-95	92-95
Массовая доля летучих веществ, %	ГОСТ 21119.1, разд.2	0,3-0,5	0,3-0,4	0,35-0,45	0,37-0,52
Массовая доля веществ, растворимых в воде, %	ГОСТ 21119.2.	0,5-0,8	0,55-0,83	0,45-0,78	0,45-0,7
pH водной суспензии	ГОСТ 21119.1, разд.3	4,0-7,0	4,5-7,0	3,8-7,5	4,5-7,5

Остаток на сите с сеткой № 0045, %	ГОСТ 21119.4, разд. 1а	0,3-0,4	0,35-0,46	0,43-0,45	0,33-0,44
Удельная поверхность по БЭТ, м ² /г	-	7-10	7-14	7-15	7-12
Потери массы при прокаливании, %	ГОСТ 21119.9	0,7- 1,0	0,7- 0,8	0,7- 1,0	0,7-0,9
Маслоемкость, г/100г пигмента	ГОСТ 21119.	25-30	25-28	25-35	25-35
Укрывистость, г/м ²	ГОСТ 8784	7-8	7-8	7-8	7-8
Насыпная плотность, кг/м ³	ГОСТ 19609.17-89	600-700	620-740	550-770	600-700

Исследование прочностных свойств, водопоглощение гипса и определение оптимального расхода добавок проводили по ГОСТ 23789-75. Результаты испытаний представлены в табл.2-3.

Таблица 2

Влияние пигментов IRON OXIDE PRINTON на прочностные свойства гипса

Наименование пигмента	Прочность, МПа	Прочностные свойства гипсового камня в зависимости от % содержания пигмента				
		0	0,5	1,0	2,0	5,0
Без пигмента	Риз	2,5	-	-	-	-
	Рсж	5,2	-	-	-	-
Red 110 (красный)	Риз	-	2,8	2,8	3,4	1,8
	Рсж	-	5,5	6,0	7,5	4,0
BLACK 722 (черный)	Риз	-	2,5	3,2	3,2	2,2
	Рсж	-	5,0	5,8	6,8	4,4

GREEN 5605 (зеленый)	Риз	-	2,9	3,3	3,7	2,3
	Рсж	-	6,1	6,4	7,4	4,0
YELLOW 313(желтый)	Риз	-	3,0	3,6	4,0	1,7
	Рсж	-	6,0	7,0	7,8	3,8

Введение пигментов IRON OXIDE PRINTON до 2% несколько увеличивает прочностные свойства материала (как предела прочности при изгибе, так и предела прочности при сжатии). Введение пигментов в количестве 5% значительно снижает прочностные свойства материала.

Таблица 3

Влияние пигментов на прочностные свойства гипса*

Наименование пигмента	Прочность, МПа	Прочностные свойства гипсового камня в зависимости от % содержания пигмента				
		0	1	5,0	7,5	10,0
Без пигмента	Риз	25	-	-	-	-
	Рсж	52	-	-	-	-
желтый	Риз	-	2,4	2,8	2,75	2,0
	Рсж	-	5,1	6,0	5,5	2,8
красный	Риз	-	2,1	2,6	2,6	2,2
	Рсж	-	5,5	5,7	5,75	2,65
коричневый	Риз	-	2,8	2,75	2,3	1,9
	Рсж	-	5,5	5,5	5,4	3,0

*- Примечание пигменты Челябинского ЛКЗ (желтый) и НИИ пигментных материалов (красный и коричневый)

Введение пигментов Челябинского ЛКЗ и НИИ пигментных материалов до 7,5% не снижает прочностные свойства материала. Введение пигментов в количестве 10% значительно снижает прочностные свойства материала.

Результаты представленных испытаний показывают, что оптимальными дозировками для пигментов IRON OXIDE PRINTONIK являются расходы - 0,5-2% от массы гипса, для пигментов Челябинского ЛКЗ и НИИ пигментных материалов от 1 до 7,5% соответственно. Изменение прочностных свойств и водопоглощение гипса при введении пигментов представлены в табл. 4-5.

Таблица 4

Влияние пигментов на водопоглощение гипса

Номер состава	Вид пигмента	Содержание пигмента, %	Физико-механические свойства			
			Рсж, МПа	Риз, МПа	Wм, %	Wv, %
I	Без пигмента	-	5,2	2,5	24-36**	31-46
II	RED110*	1,0	6,0	2,8	24-33	31-42
III	GREEN* 5605	1,0	6,4	3,3	25-35	32-44
IV	YELLOW* 313	1,0	7,0	3,6	26-37	33-48
V	BLACK* 722	1,0	7,0	3,6	25-38	31-49

Примечание * - пигменты IRON OXIDE PRINTONIK

** - значение водопоглощения за 24 и 72 часов нахождения гипса в воде.

Для дальнейших исследований были выбраны пигменты IRON OXIDE PRINTONIK так как они имели меньший расход и более насыщенную цветовую гамму.

Таблица 5

Влияние пигментов* на водопоглощение гипса

Номер состава	Вид пигмента	Содержание пигмента, %	Физико-механические свойства			
			Рсж, МПа	Риз, МПа	Wм, %	Wv, %
I	Без пигмента	-	5,2	2,5	24-36**	31-46
II	Пигмент желтый	7,5	5,5	2,75	27-36	35-44
III	Пигмент красный	7,5	5,75	2,6	26-37	33-48
IV	Пигмент коричневый	7,5	5,5	2,3	29-41	37-50

* - пигменты Челябинского ЛКЗ (желтый) и НИИ пигментных материалов (красный и коричневый)

** - значение водопоглощения за 24 и 72 часов нахождения гипса в воде.

Изменение коэффициента размягчения во времени проводили по методике, изложенной в работе [18]. Результаты испытаний представлены в табл.6

Таблица 6

Влияние пигментов на коэффициент размягчения гипса

Наименование пигмента	Коэффициент размягчения Kp в зависимости от % содержания пигмента				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
Без пигмента	0,45	-	-	-	-
Red 110 (красный)	-	0,41	0,43	0,45	0,27
BLACK 722 (черный)	-	0,40	0,42	0,40	0,30

GREEN 5605 (зеленый)	-	0,45	0,45	0,42	0,24
YELLOW 313(желтый)	-	0,45	0,47	0,43	0,23

Одной из важных характеристик пористых материалов является капиллярное всасывание материала, которое значительно влияет на эксплуатационную долговечность гипсовых композитов [14-19].

Показатели капиллярного всасывания воды определяли по ГОСТ Р 5605-2015 в следующей последовательности.

Определяют количество воды M_i , поглощаемое поверхностью образца после каждого взвешивания, по формуле

$$M_i = \frac{m_t - m_0}{S_0}, \quad (1)$$

где m_0 - масса образца перед испытанием, г;

m_t - масса увлажненного образца в момент времени, T_i г;

S_0 – площадь поперечного сечения образца, m^2 .

Капиллярное всасывание воды описывается уравнением

$$M = K \cdot \tau^n \quad (2)$$

Для проведения испытаний изготавливались образцы без пигментов и с различными пигментами. Изготавливались образцы размерами 4x4x16см, которые после суточного твердения, предварительно высушивались, а боковые грани

образцов влагоизолировались. Образцы перед испытанием взвешивались. Число изготавливаемых образцов по три на каждый состав. Образцы устанавливались в контейнер с водой, при этом нижняя часть образцов соприкасалась с водой. После соприкосновения образца они взвешивались через определенный промежуток времени. Обработку результатов производили двумя способами. Для определения значений K и n в уравнение (2) логарифмируем:

$$\ln M = \ln K + n \ln \tau \quad (3)$$

Для того чтобы определить коэффициенты K и n строим график в логарифмических координатах $\ln M - \ln \tau$.

Затем определять значения коэффициентов K и n . Результаты испытаний по изучению капиллярного всасывания представлены в табл. 7-8.

Таблица 7

Изменение капиллярное всасывание материала M_i во времени τ

Пигмент	№ образца	Масса сухого образца, г.	Поглощенная масса воды M_i , г						
			Время τ , в ч						
			0,083	0,167	0,250	0,50	1,0	1,5	7,2
			Величина $\ln \tau$						
			-2,488	-1,7898	-1,3863	-0,693	0	0,405	1,974
Без пигмента	1	332	0,875	1,3125	1,625	2,3125	3,1875	3,9375	6,1625
	2	333	0,875	1,3125	1,625	2,3125	3,25	4,125	7,206
	3	345	1,0625	1,5625	1,9375	2,6875	3,625	4,375	5,025
GREEN 5605	4	342	1,125	1,5625	1,9375	2,75	3,6875	4,4375	5,5
	5	335	1,0625	1,5	1,875	2,625	3,5	4,25	6,2
	6	335	1,125	1,6875	2,0625	2,9375	3,9375	4,9375	6,1375
YELLOW 313	7	369	0,875	1,25	1,5625	2,125	2,75	3,3125	7,375
	8	359	0,8125	1,25	1,625	2,25	2,9375	3,5625	6,8375
	9	355	0,8125	1,25	1,5625	2,25	3	3,625	6,8625

RED110	10	344	0,8125	1,375	1,8125	2,625	3,6875	4,5	6,41875
	11	331	0,8125	1,3125	1,75	2,5	3,5625	4,3125	6,3125
	12	345	1,0	1,5	1,9375	2,6875	3,75	4,5625	6,5

Таблица 8

Изменение капиллярное всасывание материала Ln Mi во времени Lnτ

Пигмент	№ образца	Масса сухого образца, г.	LnMi, г						
			Время τ, в ч						
			0,083	0,167	0,250	0,50	1,0	1,5	7,2
			Величина Lnτ						
			-2,488	-1,7898	-1,3863	-0,693	0	0,405	1,974
Без пигмента	1	332	-0,134	0,272	0,486	0,838	1,159	1,371	1,818
	2	333	-0,134	0,272	0,486	0,838	1,159	1,371	1,818
	3	345	0,061	0,446	0,661	0,99	1,29	1,48	1,61
GREEN 5605	4	342	0,12	0,45	0,66	1,01	1,305	1,49	1,705
	5	335	0,061	0,405	0,63	0,97	1,25	1,45	1,83
	6	335	0,118	0,52	0,72	1,08	1,371	1,6	1,814
YELLOW 313	7	369	-0,134	0,223	0,45	0,754	1,01	1,20	2,0
	8	359	-0,208	0,223	0,486	0,811	1,08	1,27	1,92
	9	355	-0,208	0,223	0,446	0,811	1,1	1,29	1,93
RED110	10	344	-0,208	0,318	0,6	0,97	1,305	1,504	1,86
	11	331	-0,208	0,271	0,56	0,916	1,27	1,461	1,84
	12	345	0	0,405	0,661	0,99	1,321	1,52	1,87

Результаты расчетов основных показателей капиллярного всасывания представлены в табл. 9

Таблица 9

Основные параметры капиллярного всасывания

Пигмент	Количество образцов	Коэффициент капиллярного всасывания K, г/(м ² •ч ⁿ)	Показатель n в уравнении капиллярного всасывания n



Без пигмента	3	1,2	0,339
GREEN5605	3	1,308	0,206
YELLOW 313	3	1,06	0,45
RED110	3	1,30	0,284

Таким образом, законы, по которым происходит процесс капиллярного всасывания в гипсовых материалах описываются следующими уравнениями:

1. Без пигментов $M=1,2\tau^{0,339}$;
2. Гипс с GREEN5605 $M=1,308\tau^{0,206}$;
3. Гипс с YELLOW 313 $M=1,06\tau^{0,45}$;
4. Гипс с RED110 $M=1,30\tau^{0,284}$.

Для прогнозирования величины M в течение некоторого срока эксплуатации конструкции, зависимость (2) логарифмируем следующим образом:

$$\text{Lg}M = \text{Lg}K + n \text{Lg}\tau \quad (4)$$

Коэффициенты K и n по результатам испытаний определяли по следующим формулам:

$$K = \text{Lg}M_{\text{cp}} - n \cdot \text{Lg}\tau_{\text{cp}} \quad (5)$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Lg}M_{\text{cp}} - \text{Lg}M_i) (\text{Lg}\tau_{\text{cp}} - \text{Lg}\tau_i)}{\sum_{i=1}^n (\text{Lg}\tau_{\text{cp}} - \text{Lg}\tau_i)^2} \quad (6)$$

При этом $lgM_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n lgM_i}{n}$, а значение $lg\tau_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n lg\tau_i}{n}$ Полученные зависимости представлены в табл.10

Таблица 10

Прогнозные модели капиллярного всасывания

Пигмент	Закономерность изменения капиллярного всасывания во времени
Без пигмента	$LgM=Lg3,43+0,184Lg\tau$
GREEN 5605	$LgM=Lg3,62+0,172Lg\tau$
YELLOW 313	$LgM=Lg3,19+0,196Lg\tau$
RED110	$LgM=Lg3,55+0,193Lg\tau$

Выводы и предложения

1. Преимуществами применения пигментов IRON OXIDE PRINTONIK по сравнению с отечественными является получение более насыщенной цветовой гаммы при их введение при меньшем расходе.
2. Оптимальное содержание пигментов IRON OXIDE PRINTONIK вводимых в гипс находится в пределах 0,5-2,0% от массы цемента.
3. Оптимальные расходы пигментов для гипса зависят от вида и изготовителя материала. При применении гипса в условиях отсутствия воздействия воды, их дозировка определяется прочностными свойствами материала.

4. Увеличение содержания пигмента сверх оптимальных значений приводит к снижению прочности. При этом не только снижаются прочностные свойства, но и снижается K_p и повышается водопоглощение материала.
5. Коэффициенты размягчения и водопоглощение пигментированных материалов недостаточно высокие, чтобы материал можно использовать в условиях воздействия воды.
6. Одной из важнейших характеристик эксплуатационной долговечности материала являются показатели и параметры капиллярного подсоса.
7. Для расширения областей применения гипсосодержащих материалов с пигментами рекомендуется провести исследования физико-механических свойств с применением суперпластифицирующих и модифицирующих добавок, изменяющих структуру гипса с сохранением декоративных свойств материала.

Литература

1. Арютина В.П., Камалова З.А., Дьячков И.В., Егорова Н.Г., Войнова Т.И. Природные пигменты разного типа из местного сырья// Строительные материалы и технологии Известия КГАСА, 2004 № 1 (2) С. 51- 53.
2. Мюллер А. Окрашивание полимерных материалов /Пер. с англ. С.В. Бронникова. - Спб.: Профессия, 2006. 280с.
3. Носков А.С., Руднов В.С. Беляков В.А. Влияние железоксидных пигментов на физико-механические свойства бетона// Академический вестник УралНИИпроект, РААСН, 2013, №2. С. 82-85.
4. Чарухина В.А, Тащиева А.И. Влияние пигментов IRON OXIDE PRINTONIK на свойства гипса «Строительство-2014»: Строительные технологии, материалы и качество в строительстве: материалы

Международной студенческой научно - практической конференции: тезисы докладов – Ростов н/Д: РГСУ, 2014, С.147.

5. Чарухина В.А, Тащиева А.И. Пути сохранности цветовой гаммы гипсовых вяжущих с пигментами IRON OXIDE PRINTONIK «Строительство-2014»: Строительные технологии, материалы и качество в строительстве: материалы Международной студенческой научно-практической конференции: тезисы докладов – Ростов н/Д: РГСУ, 2014 С.148.

6. Чарухина В.А., Тащиева А.И. Применение пигментов IRON PRINTONIK для гипсовых вяжущих//Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования: материалы III Международного форума молодых ученых, студентов и школьников. г. Астрахань, 21-25 апреля 2014г./под общ. Ред. В.А. Гутмана, Д. П. Ануфриева. - Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ), 2014. т. 2. С. 41-42.

7. Кузьмина В.П. Неорганические пигменты для сухих строительных смесей. Свойства. Эффективность применения// Популярное бетоноведение, 2005, №5. - С. 7-9

8. Кузьмина В.П. Применение пигментов для окрашивания продуктов на базе вяжущих материалов//Конференция «Популярное бетоноведение». 22-24 марта 2007. Зеленогорск Ленинградской области: сборник тезисов.Зеленогорск. 2007.С.10-11

9. Кузьмина В.П. Применение пигментов и цветных цементов в технологии производства сухих строительных смесей// Строительные материалы 2000, №5 С.15-17 URL: [allbeton/upload/ 573/osobennosti-mehanicheskoy-aktivacii-gipsa-mmihhtnkovh.pdf](http://allbeton/upload/573/osobennosti-mehanicheskoy-aktivacii-gipsa-mmihhtnkovh.pdf)

10. Patent № 7473713. United States. Additives for water-resistant gypsum products. Publication date: 1/6/2009.

11. Murayama, S., Toko, A. High-strength gypsum products with good waterproofness, Chem. Abstr., No. 84 (78793), 1976.

12. Maier, S.W. Lamprecht, A.J.H. Gypsum product, Chem. Abstr., No. 90 (75711), 1979.
13. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия (зарубежный опыт). М.: Стройиздат, 1983. 201 с.
14. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник. М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
15. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций М.: Стройиздат, 1984.156 с.
16. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия М.: Стройиздат, 1971. 318 с.
17. Коровяков В.Ф. Повышение эффективности производства и применение гипсовых материалов и изделий. В сб.: М.: М., ГАСНТИ, 2002. С. 51-56.
18. Сысоев А.К., Чарухина В.А. Влияние импрегнирования путем поверхностной гидрофобизации на водостойкость гипсовых композитов //Инженерный вестник Дона, 2017, №2, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4083/.
19. Жолобов А.Л., Жолобова Е.А. Комплексная оценка конкурентноспособности строительных технологий //Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1705/.

References

1. Arjutina V.P., Kamalova Z.A., D'jachkov I.V., Egorova N.G., Vojnova T.I. Stroitel'nye materialy i tehnologii Izvestija KGASA, 2004 № 1 (2) pp. 51- 53.
 2. Mjuller A. Okrashivanie polimernyh materialov [Staining of polymeric materials]. Per. s angl. S.V. Bronnikova.-Spb.: Professija, 2006. 280 p.
 3. Noskov A.S., Rudnov V.S. Beljakov V.A. Akademicheskij vestnik UralNIiproekt, RAASN, 2013, №2 pp. 82-85.
-



4. Charuhina V.A., Tashhieva A.I. Stroitel'nye tehnologii, materialy i kachestvo v stroitel'stve: materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno- prakticheskoy konferencii: tezisy dokladov Rostov n/D: RGSU, 2014. p. 147.
5. Charuhina V.A., Tashhieva A.I. «Stroitel'stvo-2014»: Stroitel'nye tehnologii, materialy i kachestvo v stroitel'stve: materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii: tezisy dokladov .Rostov nD: RGSU, 2014 p. 148.
6. Charuhina V.A., Tashhieva A.I. Potencial intellektual'no odarennoj molodezhi – razvitiyu nauki i obrazovaniya: materialy III Mezhdunarodnogo foruma molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov. g. Astrahan', 21-25 aprelja 2014g. pod obshh. Red. V.A. Gutmana, D. P. Anufrieva. Astrahan': GAOU AO VPO «AISI), 2014.t. 2. pp. 41-42.
7. Kuz'mina V.P. Neorganicheskie pigmenty dlja suhikh stroitel'nyh smesej. Svoystva. Jeffektivnost' primenenija. Populjarnoe betonovedenie.2005.№5.pp. 7-9
8. Kuz'mina V.P. Konferencija «Populjarnoe betonovedenie». 22-24 marta 2007. Zelenogorsk Leningradskoj oblasti: sbornik tezisov.Zelenogorsk. 2007. pp.10-11.
9. Kuz'mina V.P. Stroitel'nye materialy №5 2000, pp. 15-17 URL: [allbeton/upload/573/osobennosti-mehanicheskoy-aktivacii-gipsa-mmihhtnkovh.pdf](#)
10. Patent № 7473713. United States. Additives for water-resistant gypsum products. Publication date: 1/6/2009.
11. Murayama, S., Toko, A. High-strength gypsum products with good waterproofness, Chem. Abstr., No. 84 (78793), 1976.
12. Maier, S.W. Lamprecht, A.J.H. Gypsum product, Chem. Abstr., No. 90 (75711), 1979.
13. Vorob'ev H.S. Gipsovye vjzhushhie i izdelija (zarubezhnyj opyt) [Gypsum binders and products (foreign experience)]. M.: Strojizdat, 1983. 201p.



14. Ferronskaja A.V. Gipsovye materialy i izdelija (proizvodstvo i primeneniye) [Gypsum materials and products (production and use): Reference guide]: Spravochnik. M.: Izd-vo ASV, 2004. 488 p.
15. Ferronskaja A.V. Dolgovechnost' gipsovykh materialov, izdelij i konstrukcij [Gypsum cement gypsum-pozzolanic binders, concretes and products] M.: Strojizdat, 1984.156 p.
16. Volzhenskij A.V., Stambulko V.I., Ferronskaja A.V. Gipsocementno-puccolanovye vjazhushhie, betony i izdelija [Gypsum cement gypsum-pozzolanic binders, concretes and products]. M.: Strojizdat, 1971. 318 p.
17. Korovjakov V.F. Povysheniye jeffektivnosti proizvodstva i primeneniye gipsovykh materialov i izdelij. [Improving the efficiency of the production and use of gypsum materials and products]. V sb.: M.: M., GASNTI, 2002. pp. 51-56.
18. Sysoev A.K., Charuhina V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4083/.
19. Zholobov A.L., Zholobova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1705/.