

УДК 621.744.3

**Сравнение формовочных смесей на основе бентонитовой глины
Даш-Салахлинского месторождения с формовочными смесями на основе
каолинитовой глиной Нижнеуфьевского месторождения**

***Бикбулатов Р.И.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Литейные технологии»*

***Шарубский А.Г.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Литейные технологии»*

*Научный руководитель: **Озерова Е.С.**, ассистент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
bauman@bmstu.ru*

В современном отечественном литейном производстве до 72% отливок производятся методом литья в песчано-глинистые формы [1]. При этом качество отливок очень сильно зависит от правильного подбора и качества формовочных материалов.

При этом методе литья до 45-55% неустраняемых дефектов литья возникают из-за низкого качества формовочной смеси, поэтому повышение качества формовочной смеси является важной задачей, стоящей перед отечественным литейным производством [2].

Формовочная смесь, используемая при литье в песчано-глинистые формы, представляет собой смесь песка, глины, воды и специальных добавок, состав и количество которых зависят от условий технологического процесса изготовления литейных форм. В данной работе рассматривается влияние на качество формовочной смеси формовочной глины.

По виду породообразующего материала глины подразделяют на, [3]:

- Каолинитовые – главной составляющей является водный алюмосиликат каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$;
- Бентонитовые – главной составляющей является монтмориллонит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \cdot m\text{H}_2\text{O}$.
- Гидрослюдистые – слюды, обогащенные H_3O , OH , H_2O : гидробиотит, гидромусковит, гидрофлогопит, иллит. Состав и свойства промежуточные между составом биотита, мусковита и вермикулита.

- Полиминеральные – все глины, в которых нет четко выраженного основного породообразующего минерала.

В последнее время все больше российских предприятий переходят с каолиновых глин на бентонитовые глины [4]. Это связано с лучшими связующими свойствами бентонитовых глин по сравнению с каолиновыми или гидрослюдистыми глинами, что приводит к повышению технологических свойств формовочных смесей.

Целью данной работы было сравнение технологических свойств смесей двух глин, активно используемых в российском литейном производстве – бентонитовой глины Даш-Салахлинского месторождения марки П1Т1 и каолиновой глины Нижнеувельского месторождения марки НУ-1 с точки зрения их применения в качестве формовочных материалов для изготовления форм для производства чугуновых отливок методом ручной формовки.

Нижнеувельская глина марки НУ-1 представляет собой формовочную огнеупорную глину марки С1, технологические свойства и состав этой глины, в соответствии с ГОСТ 3226-93, приведены в табл. 1, табл. 2.

Таблица 1

Состав формовочной огнеупорной глины марки С1

Наименование показателя	Норма
Массовая доля Al_2O_3 , %, не менее	23,0
Массовая доля железа в пересчете на Fe_2O_3 , %, не более	4,5
Потери массы при прокаливании, %, не более	18,0
Коллоидальность, %, не менее	8,0
Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины, не менее	7,0

Таблица 2

Технологические свойства формовочной огнеупорной глины марки С1

Марка	Предел прочности при сжатии, Па ($кгс/см^2$), не менее	
	во влажном состоянии	в сухом состоянии
С1	$3,432 \cdot 10^4$ (0,35)	34,323 (3,5)

В работе [5] также приводятся результаты входного контроля каолиновой Нижнеувельского месторождения глины, указанием прочности в зоне конденсации влаги, термостойкости, коллоидальности и водопоглощения глин (табл. 3).

Таблица 3

Результат входного контроля огнеупорной глины

Марка	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, кгс/см ²	Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, кгс/см ²	Термическая устойчивость, единицы, не менее
Нижнеувельская глина	0,39	0,006	0,85

Состав и технологические свойства глины марки П1Т1 Даш-Салахлинского месторождения, в соответствии с ГОСТ 28177-89, приведены в табл. 4, табл.5.

Таблица 4

Состав формовочной бентонитовой марки П1Т1

Наименование показателя	Норма
Массовая доля монтмориллонита, %, не менее	30
Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины, не менее	30
Массовая доля карбонатов в пересчете на CaCO ₃ , %, не более	10
Массовая доля сульфидной серы, %, не более	0,3
Массовая доля железа в пересчета на Fe ₂ O ₃ , %, не более	12
Коллоидальность, %, не менее	10
Водопоглощение, единицы, не менее	1,5

Таблица 5

Технологические свойства бентонитовой глины марки П1Т1

Марка	Предел прочности при сжатии, Па (кгс/см ²), не менее	Предел прочности при разрыве в зоне конденсации влаги, Па (кгс/см ²), не менее	Термическая устойчивость, единицы, не менее
П1Т ₁	$8,826 \cdot 10^4$ (0,9)	$0,275 \cdot 10^4$ (0,028)	0,6

Проанализировав данные таблиц, можно отметить, что смеси на основе бентонитовых глин обладают большей прочностью на сжатие в сухом и влажном состоянии и значительно более высокой прочностью в зоне конденсации влаги, имеют лучшие связующие свойства. Повышенные прочность в сухом и влажном состоянии и термостойкость свидетельствуют о снижении расхода связующего при использовании бентонитовых глин. Низкая прочность в зоне конденсации влаги может привести к браку по подутию отливок, образованию ужимин и, следовательно, при применении каолиновых глин целесообразно вводить в смесь противоужиминные добавки, такие как ЭЖР.

Для комплексной оценки свойств смесей на основе каолинистых и бентонитовых глин и разработки составов смесей для ручной формовки были проведены исследования основных технологических свойств формовочных смесей с различным содержанием глинистого связующего. Для смесей на основе Нижнеуельской глины содержание связующего варьировалось от 8 до 12%, для смесей на основе бентонита Даш-Салахлинского месторождения – от 4 до 8%. В качестве основных свойств смеси были приняты: прочность при сжатии и сколе в сыром состоянии, уплотняемость, влажность, текучесть и газопроницаемость.

Результаты экспериментов приведены в табл. 6 – 11 и на рис. 1 – 6.

Таблица 6

Смесь с содержанием 4% Даш-Салахлинского бентонита

Влажность, %	1,87	1,72	1,40	1,32
Уплотняемость, ед.	63	58	45	34
Прочность при сжатии, кгс/см ²	0,76	0,91	1,14	1,17
Прочность при сколе, кгс/см ²	0,14	0,16	0,20	0,18
Текучесть,	88	86	82	74
Газопроницаемость, ед.	204	206	210	203

Таблица 7

Смесь с содержанием 6% Даш-Салахлинского бентонита

Влажность, %	2,61	2,25	2,02	1,86
Уплотняемость, ед.	64	56	47	35
Прочность при сжатии, кгс/см ²	1,17	1,25	1,53	1,53
Прочность при сколе, кгс/см ²	0,28	0,30	0,34	0,36
Текучесть	89	82	79	76
Газопроницаемость, ед.	220	220	210	208

Таблица 8

Смесь с содержанием 8% Даш-Салахлинского бентонита

Влажность, %	3,75	3,39	3,11	2,86
Уплотняемость, ед.	61	54	45	37
Прочность при сжатии, кгс/см ²	1,90	2,08	2,24	2,33
Прочность при сколе, кгс/см ²	0,43	0,50	0,53	0,54
Текучесть,	87	78	75	68
Газопроницаемость, ед.	226	226	220	220

Таблица 9

Смесь с содержанием 8% Нижнеуфельской огнеупорной глины

Влажность, %	3,87	3,53	3,31	2,96
Уплотняемость, ед.	63	62	62	60
Прочность при сжатии, кгс/см ²	0,38	0,44	0,47	0,50
Прочность при сколе, кгс/см ²	≈0,04 в связи с низкой прочностью замерить не получилось			
Текучесть,	60	50	43	33
Газопроницаемость, ед.	220	220	218	218

Таблица 10

Смесь с содержанием 10% Нижнеуфельской огнеупорной глины

Влажность, %	4,82	4,46	4,16	3,75
Уплотняемость, ед.	62	62	61	61
Прочность при сжатии, кгс/см ²	0,45	0,47	0,58	0,61
Прочность при сколе, кгс/см ²	0,08	0,12	0,13	0,15
Текучесть,	58	43	42	38
Газопроницаемость, ед.	231	231	246	246

Таблица 11

Смесь с содержанием 12% Нижнеуфельской огнеупорной глины

Влажность, %	5,95	5,52	5,05	4,52
Уплотняемость, ед.	64	64	63	63
Прочность при сжатии, кгс/см ²	0,45	0,58	0,63	0,65
Прочность при сколе, кгс/см ²	0,12	0,14	0,16	0,16
Текучесть,	50	42	37	29
Газопроницаемость, ед.	226	226	220	224

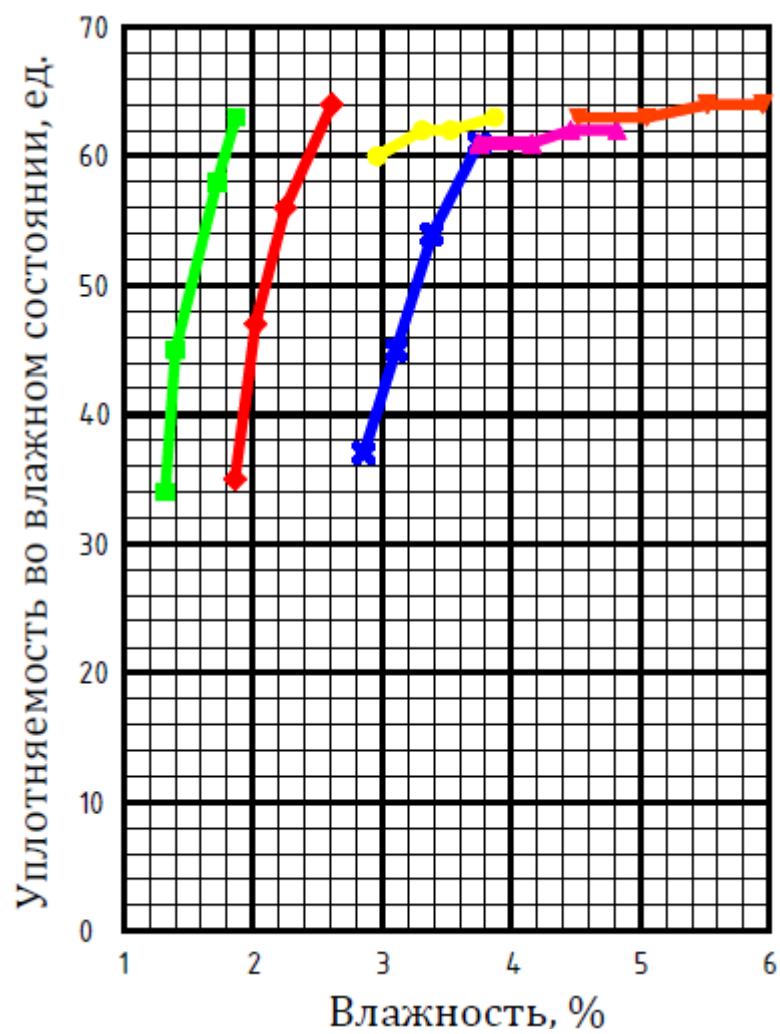


Рис.1. Анализ уплотняемости во влажном состоянии для бентонитовой и огнеупорной глин

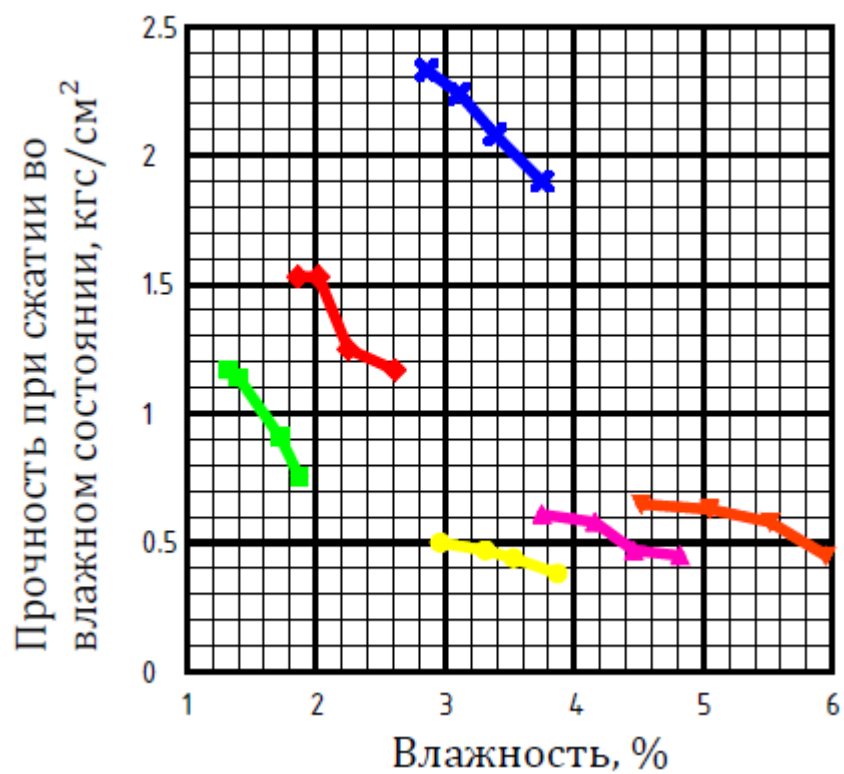


Рис.2. Анализ прочности при сжатии во влажном состоянии для бентонитовой и огнеупорной глин

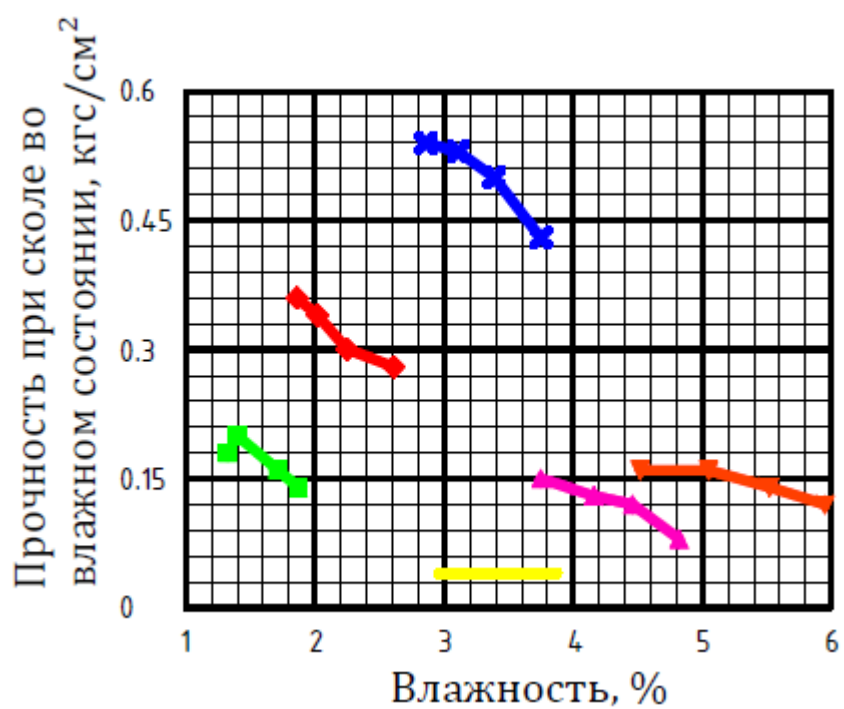


Рис.3. Анализ прочности при сколе во влажном состоянии для бентонитовой и огнеупорной глин

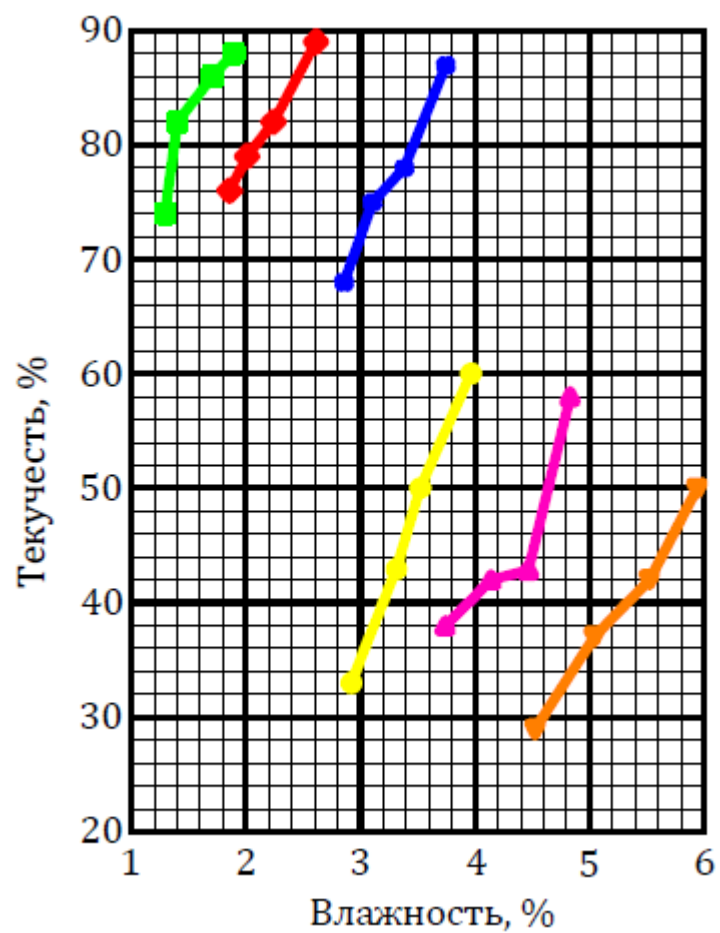


Рис.4. Анализ текучности по Орлову для бентонитовых и огнеупорных глин

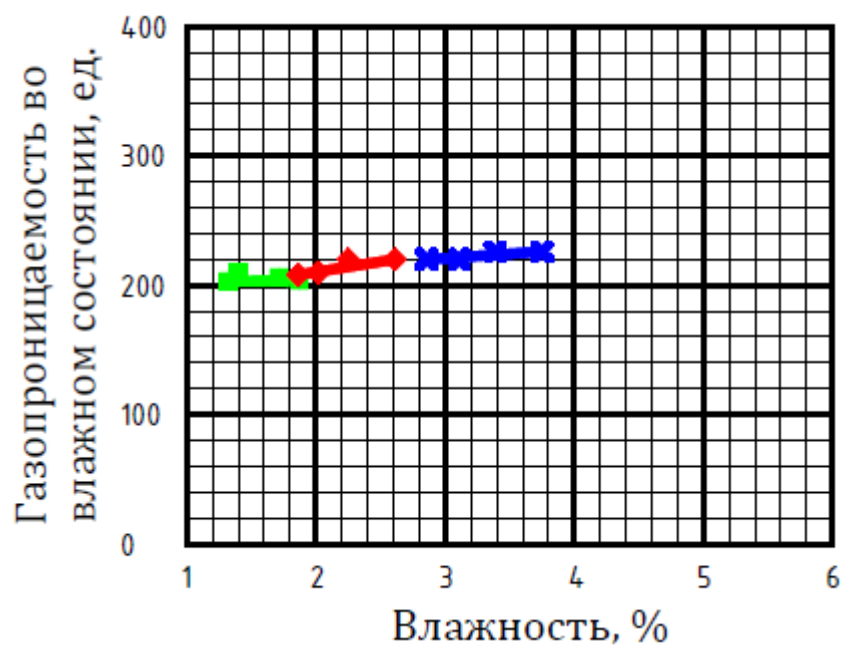


Рис.5. Анализ газопроницаемости во влажном состоянии для бентонитовой глины

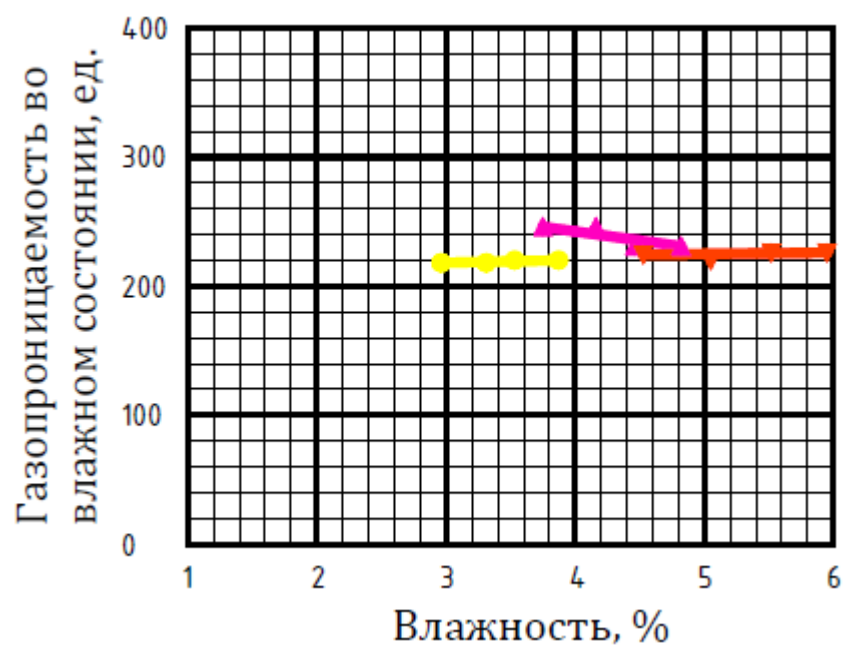


Рис.6. Анализ газопроницаемости во влажном состоянии для огнеупорной глины

- – формовочная смесь с 4% содержанием Даш – Салахлинского бентонита;
- – формовочная смесь с 6% содержанием Даш – Салахлинского бентонита;
- – формовочная смесь с 8% содержанием Даш – Салахлинского бентонита;
- – формовочная смесь с 8% содержанием Нижнеувельской глины;
- – формовочная смесь с 10% содержанием Нижнеувельской глины;
- – формовочная смесь с 12% содержанием Нижнеувельской глины;



Рис.6. Прочность в зоне конденсации влаги для бентонитовой и огнеупорной глин, при уплотняемости 60 ед

Прочность бентонитовой глины значительно выше, чем каолининовой, даже 4% смесь на основе бентонитовой глины значительно прочнее, чем 12% смесь на основе каолининовой глины. Однако, при ручной формовке, такая высокая прочность формовочной смеси может привести к получению недоуплотненных форм. Прочность при сколе для каолининовых глин очень невелика (рис. 3), что говорит о невозможности изготавливать формы с высокими болванами, так как при протяжке есть риск подрыва или даже разрушения болвана. Бентонитовая глина, в отличие от каолининовой, значительно более чувствительна к изменениям во влажности, даже незначительное снижение влажности в 0,2% ведет к существенному изменению технологических свойств смеси (рис. 1). Следовательно, нельзя допускать пересыхания смеси и длительного выстаивания открытых форм до заливки. Это создает дополнительные трудности при мелкосерийной ручной формовке. Однако, текучесть формовочных смесей на основе бентонитовых глин значительно выше, чем у смесей на основе каолининовой глины (рис. 4), что говорит о возможности изготавливать формы со значительно более сложной конфигурацией поверхности. Как показали эксперименты, тип глин практически не влияет на газопроницаемость смесей, однако в связи с низкой прочностью смесей на основе каолининовых глин, их содержание в смеси будет значительно выше, что будет приводить к незначительному ухудшению газопроницаемости смеси (рис. 5 - 6).

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что, несмотря на значительно более высокие прочностные характеристики, применение бентонитовых глин в ручной формовке ограничено в связи с высокой чувствительностью к колебаниям во влажности смеси.

Однако, при отсутствии длительного выстаивания, для ручного изготовления форм сложной конфигурации можно рекомендовать смесь на основе 4% бентонита Даш-Салахлинского месторождения, а для форм простой конфигурации – смесь на основе 12% глины Нижнеуельского месторождения с добавлением ЭКР.

Список литературы

1. Дибров И.А. Состояние и перспективы развития литейного производства России // 7-й Съезд литейщиков России (Новосибирск, 23-27 мая 2002 г.): труды. Новосибирск, 2005. С. 4-13.
2. Долгополов В.Н. Техническое перевооружение смесеприготовительных отделений: выбор типа смесителя и поэтапная комплектация // Литье Украины. 2005. №8. С. 5-12.
3. Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: справочник. М.: Машиностроение, 2006. 507 с.
4. Снисарь В.П., Василенко В.В. Бентонит в литейном производстве и продукция ОАО «Завод утяжелителей» // Литье Украины. 2004. № 4. С. 6-13.
5. Бондарчук Д.А., Коротченко А.Ю., Иванова А.В. Анализ долговечности песчано-бентонитовых смесей // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 12. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/637999.html> (дата обращения 03.11.2014).