

10. Пат. 2170418 Рос. Федерация, МПК G01N15/06, G01N27/72, G01N22/00. Способ определения концентрации ферромагнитных частиц в жидкости и магнитной восприимчивости в диапазоне СВЧ / М. А. Суслин, П. А. Федюнин, С. А. Алешкин [и др.]. – № 99106324/28; заявл. 29.03.99; опубл. 10.07. 01.
11. Пат. 2228519 Рос. Федерация, МПК G01N15/06. Способ определения концентрации ферромагнитных частиц и продолговатых доменов в жидкости в диапазоне СВЧ / П. А. Федюнин, Д. А. Дмитриев, Н. В. Макаров. – № 2002109365/092002109365/09; заявл. 10.04.02; опубл. 10.05.04.
12. Shkatov P. Combining eddy-current and magnetic methods for the defectoscopy of ferromagnetic materials // Nondestructive Testing and Evaluation. – 2013. – Vol. 28, is. 2. – P. 155–165.
13. Результаты нелимитированного сканирующего магнитоконтроля ферропримесей кварцевого песка / А. В. Сандуляк, Д. В. Орешкин, А. А. Сандуляк [и др.] // Строительные материалы. – 2012. – № 4. – С. 80–83.
14. Функциональная экстраполяция массово-операционной характеристики магнитофореза как основа прецизионного метода контроля феррочастиц / А. А. Сандуляк, М. Н. Полисмакова, Д. В. Ершов [и др.] // Измерительная техника. – 2010. – № 8. – С. 57–60.
15. Пат. 2409425 Рос. Федерация, МПК B03C1/00. Способ определения концентрации магнитовосприимчивых примесей в текучей среде / А. В. Сандуляк, М. Н. Пугачева, А. А. Сандуляк [и др.]. – № 2009123311/03; заявл. 19.06.09; опубл. 20.01.11.
16. Пат. 93305 Рос. Федерация, МПК B03C1/00. Устройство для определения содержания в текучей среде магнитно-восприимчивых примесей (варианты) / А. А. Сандуляк, М. Н. Полисмакова, Д. И. Сви-стуннов [и др.]. – № 2009143382; заявл. 25.11. 09; опубл. 27.04.10.
17. Результаты магнитоконтроля ферропримесей полевого шпата / В. А. Ершова, А. В. Сандуляк, А. А. Сандуляк [и др.] // Стекло и керамика. – 2013. – № 12. – С. 37–38.
18. Магнитный «сканирующий» контроль содержания ферровключений в формовочной смеси / А. В. Сандуляк, А. А. Сандуляк, В. В. Самохин [и др.] // Литейщик России. – 2011. – № 4. – С. 37–41.
19. Современный контроль ферропримесей в пищевых ингредиентах: особенности нового метода / А. А. Сандуляк, В. А. Ершова, А. В. Сандуляк [и др.] // Хлебопродукты. – 2013. – № 12. – С. 62–63.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СЫРЬЕВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТАМПОНАЖНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

С. С. Сейтжанов (info@standard-cement.com), Б. Т. Таймасов (taimasovukgu@mail.ru), Б. С. Сейтжанов (info@standard-cement.com), С. А. Некипелов, Г. А. Сулеймбек, ТОО «Стандарт Цемент», Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан

Ключевые слова: клинкер, тампонажный цемент, электротермофосфорный шлак, консистенция, время загустевания, прочность, энергосбережение

Key words: clinker, oil well cement, electrothermophosphoric slag, consistency, thickening time, strength, energy saving

Объемы добычи углеводородного сырья в Республике Казахстан возрастают с каждым годом. Так, в 2013 г. предполагаемый объем добычи нефти должен составить около 80 млн. т. Растут и объемы потребления специальных тампонажных портландцементов для тампонирувания нефтяных и газовых скважин. В настоящее время львиная доля таких цементов ввозится из-за рубежа, поэтому увеличение казахстанского содержания в данной отрасли имеет стратегическое значение. Это позволит уменьшить затраты на тампонирувание за счет снижения транспортных расходов на доставку цементов и ликвидации таможенных сборов, повысить казахстанский вклад в нефтяную отрасль, загрузить цементные заводы страны заказами нефтяников.

Цели проведенных исследований – получение тампонажных портландцементов ПЦТ I-50, ПЦТ I-G (ГОСТ 1581-96) [1] с использованием сырьевых материалов ТОО «Стандарт

Цемент» (Республика Казахстан, Сайрамский р-н) и отходов химической промышленности – электротермофосфорных шлаков, а также изучение возможностей энергосбережения при производстве специальных цементов.

В ТОО «Стандарт Цемент» в качестве сырьевых материалов для получения портландцементного клинкера используют известняк месторождения «Каракус», лесс месторождения «Отырар», песок месторождения «Каракудук», железосодержащую корректирующую добавку – пиритные огарки. При подборе составов сырьевых смесей для получения тампонажных портландцементов были выполнены расчеты четырехкомпонентных сырьевых смесей с присадкой золы топлива. Химический анализ сырьевых материалов, добавок, клинкеров, цементов и отходов промышленности проводили аналитическим методом по ГОСТ 5382-91 [2], а также рентгенофлуоресцентным методом (X-ray). Данные о химическом составе сырьевых материалов ТОО «Стандарт Цемент» и электротермофосфорного шлака (табл. 1) показывают, что известняк месторождения «Каракус» состоит в основном из CaCO_3 . Содержание основных оксидов Al_2O_3 и Fe_2O_3 , как и второстепенных оксидов MgO , SO_3 и щелочей, низкое. Известняк достаточно чистый, высокоосновный, в нем содержится более 54% CaO . Гранулированный электротермофосфорный шлак Ново-Джамбулского фосфорного завода соответствует требованиям ГОСТ 3476-74. Химический состав лесса месторождения «Отырар» представлен главным образом оксидами кремния, алюминия и кальция. В нем присутствует значительное количество второстепенных оксидов магния (3,48%) и серы (0,62%) при небольшом содержании щелочей (0,2%). Песок месторождения «Каракудук» состоит преимущественно из кремнезема (73%), а также оксидов алюминия и кальция (5–6%).

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов ТОО «Стандарт Цемент» и техногенных продуктов

Материал	Химический состав, мас. %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O	F	п.п.п.	сумма
Известняк месторождения «Каракус»	3,23	0,55	0,44	54,82	0,66	0,4	0,15	–	38,57	98,82
Лесс месторождения «Отырар»	49,28	12,5	4,7	10,63	3,48	0,62	0,2	–	12,81	94,22
Пиритные огарки	15,26	2,84	68,19	3,89	4,66	3,03	0,45	–	1,67	99,99
Песок месторождения «Каракудук»	73,03	5,8	1,59	5,41	1,61	0,54	1,8	–	4,79	94,57
Зола топлива	39,18	19,85	11,9	8,71	4,41	4,04	1,98	–	–	90,7
Электротермофосфорный шлак	42,68	0,74	0,17	41,18	4,55	0,4	1,8	1,8	–	91,57

В качестве форсуночного топлива в ТОО «Стандарт Цемент» применяют каменный уголь месторождения «Алаколь» (теплотворная способность 5600–6200 ккал/кг, зольность 10–18%, содержание летучих веществ 38–42%). При выполнении расчетов зольность принята на уровне 14,33%, расход натурального топлива – 140 кг/т клинкера, присадка золы к клинкеру (от общей массы золы) – 100%.

Для получения клинкеров тампонажных цементов были выполнены расчеты двух видов четырехкомпонентных сырьевых смесей с присадкой золы топлива:

№ 1 – с использованием песка месторождения «Каракудук» для получения клинкера нормированного состава;

№ 2 – с использованием электротермофосфорного шлака взамен песка.

Тепловой эффект клинкерообразования определяли по методу В. К. Классена.

Результаты расчетов указанных сырьевых смесей (табл. 2) дают основание утверждать, что коэффициент насыщения, модульная и химическая характеристики сырьевых шихт с песком и электротермофосфорным шлаком в основном идентичны. Это относится и к расчетному химико-минералогическому составу клинкеров тампонажных цементов из сырьевых смесей № 1 и 2 (табл. 3). Теоретический удельный расход сырья при использовании электротермофосфорного шлака вместо песка сокращается на 13 кг/т, или примерно на 1%, что будет способствовать снижению удельного расхода топлива на обжиг клинкера. Тепловой эффект клинкерообразования уменьшается с 1349 до 1296 кДж/кг, или почти на 4% (табл. 4). Вязкость

жидкой фазы при температуре 1400 и 1450 °С также несколько снижается. Таким образом, даже незначительное количество электротермофосфорного шлака оказывает минерализующее действие на процесс обжига клинкера. Данную технологию производства тампонажных цементов с полным основанием можно назвать энергосберегающей.

Сырьевые смеси разработанных составов обжигали во вращающейся печи сухого способа производства ТОО «Стандарт Цемент» размером Ø4,0х60 м производительностью 105 т/ч. В процессе испытаний было использовано 11,5 тыс. т сырьевой муки состава № 1 и 13 тыс. т сырьевой муки состава № 2, что обеспечило бесперебойную работу вращающейся печи в течение 3 сут на каждом из этих составов.

Отбор проб клинкера с целью определения насыпной плотности производили каждый час на пластинчатом транспортере после колосникового холодильника. Содержание $\text{CaO}_{\text{своб}}$ контролировали каждые 2 ч. Химический состав клинкера определяли каждые 2 ч рентгенофлуоресцентным методом. Для сравнения химический состав среднесменных проб клинкера устанавливали также методом «мокрой химии».

При получении экспериментальных партий клинкера для исследования его тампонажно-технических свойств были зафиксированы положительные изменения в процессе обжига и работе вращающейся печи, заметно влияющие на технико-экономические показатели производства. Так, в результате замены песка в составе сырьевой смеси электротермофосфорным шлаком степень декарбонизации материала, поступающего из циклонного теплообменника в печь, увеличилась в среднем на 3%. Обусловлено это снижением доли карбонатов кальция в составе сырьевой смеси и их заменой низкоосновными минералами фосфорного шлака. Расход пылеугольного топлива, подаваемого в форсунки декарбонизатора, снизился на 1–2%. Защитная обмазка (гарнисаж) во вращающейся печи, образовавшаяся при обжиге клинкера из сырьевой смеси с электротермофосфорным шлаком, более устойчивая и равномерная по длине зоны спекания. За время работы на экспериментальной сырьевой смеси сходов обмазки и повышения температуры обечайки не наблюдалось. При такой работе печи создаются условия для увеличения срока службы огнеупоров. Визуально отмечено повышение количества расплава в зоне спекания печи, которое позволило сократить расход пылеугольного топлива, подаваемого в горелку печи. Все это свидетельствует об интенсификации процесса обжига клинкера, улучшении работы печной установки и повышении ее производительности без увеличения расхода топлива.

Для проведения исследований был отобран клинкер состава № 2, полученный на вращающейся печи сухого способа производства ТОО «Стандарт Цемент». Средний химико-минералогический состав клинкера № 2 приведен в табл. 5.

Содержание оксидов, определенное традиционным методом химического анализа («мокрая химия») и рентгенофлуоресцентным методом на приборе X-ray, по всем оксидам, кроме CaO и MgO , практически полностью совпадает. Разница в содержании CaO составляет 1,5%, MgO – 0,72%. Вследствие этого при традиционном химическом методе анализа величина KH выше на 0,01, содержание алита примерно на 5% выше, а белита – примерно на 3% ниже. Содержание свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{своб}}$) в клинкере 0,85%. Насыпная плотность клинкера 1539 г/дм³.

В качестве добавки, регулирующей сроки схватывания, был использован гипсовый и гипсоангидритовый камень 4-го сорта Джамбулского месторождения. Содержание гипса и ангидрита в камне в пересчете на $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 70,3%, кристаллизационной воды – 14,68%, серного ангидрита (SO_3) – 37,3%.

Помол тампонажного цемента осуществляли в лабораторной шаровой мельнице барабанного типа размером 0,5х0,5 м. Для сопоставления физико-механических показателей, характеризующих тампонажно-технические свойства цементов, было размолото шесть проб тампонажных цементов с разной степенью измельчения (пробы № 1–3) и с различным содержанием SO_3 (пробы № 4–6). Время помола первых трех проб цемента с одинаковым содержанием гипсового камня составило: проба № 1 – 15 мин, проба № 2 – 20 мин, проба № 3 – 25 мин. Продолжительность помола следующих трех проб, различающихся содержанием гипсового камня, было одинаковым и составляло 15 мин (табл. 6).

Испытания тампонажных цементов с целью определения их основных физико-механических показателей проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 26798.2-96 [3] и ГОСТ 26798.1-96 [4].

Т а б л и ц а 2

Состав четырехкомпонентных сырьевых смесей

Сырьевая смесь	Состав сырьевой смеси, %						КН	Модули		Химический состав сырьевой смеси, мас. %								
	известняк	лесс	огарки	песок	электро-термо-фосфорный шлак	зола		n	p	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.	прочие
№ 1	75,83	20,16	2,34	1,67	–	2,01	0,96	2,32	1,07	13,97	3,11	2,91	43,89	1,34	0,51	1,34	31,95	2,15
№ 2	74,17	20,75	2,38	–	2,69	2,01	0,97	2,33	1,06	14,07	3,12	2,93	44,22	1,41	0,51	0,18	31,32	2,24

Т а б л и ц а 3

Расчетный химико-минералогический состав клинкеров тампонажных цементов

Клинкер	Теоретический удельный расход сырья, т/т						КН	Модули		Химический состав клинкера, мас. %								Минералогический состав, %			
	известняк	лесс	огарки	песок	электро-термо-фосфорный шлак	сырьевая смесь		n	p	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	прочие	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
№ 1	1,092	0,290	0,034	0,024	–	1,440	0,92	2,25	1,1	20,91	4,88	4,43	63,37	2,02	0,81	0,31	3,3	60,39	14,4	5,42	13,47
№ 2	1,058	0,296	0,034	–	0,038	1,427	0,92	2,25	1,1	20,87	4,85	4,42	63,26	2,1	0,81	0,30	3,4	60,27	14,38	5,36	13,44

Т а б л и ц а 4

Технологические характеристики клинкеров тампонажных цементов

Клинкер	Гидравлический модуль	Калориметрический модуль	Коэффициент спекаемости	Индекс обжигаемости	Тепловой эффект клинкерообразования, кДж/кг/ккал/кг клинкера	Количество жидкой фазы, %, при температуре			Вязкость жидкой фазы, Па·с, при температуре		
						1338 °С	1400 °С	1450 °С	1338 °С	1400 °С	1450 °С
№ 1	2,10	2,36	0,60	3,20	1349/322	20,69	26,47	26,94	3,42	2,09	1,38
№ 2	2,10	2,36	0,60	3,21	1296/310	20,55	26,43	26,89	3,42	2,08	1,37

Т а б л и ц а 5

Фактический средний химико-минералогический состав клинкера № 2

Метод химического анализа	Химический состав, мас. %						КН	Модули		Минералогический состав, %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		n	p	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Рентгено-флуоресцентный (X-гау)	21,41	4,99	4,54	64,55	1,58	0,70	0,92	2,25	1,10	60,15	16,00	5,52	13,79
Аналитический	21,67	4,93	4,58	66,04	2,30	0,70	0,93	2,28	1,08	65,04	13,04	5,29	13,92

Т а б л и ц а 6

Характеристика параметров тампонажных портландцементов

Показатели	Пробы тампонажных цементов					
	ПЦТ I-G			ПЦТ I-50		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
<i>Составы и время помола тампонажных цементов</i>						
Время помола, мин	15	20	25	15	15	15
Содержание гипсового камня, %	7	7	7	4,5	6	7,5
Содержание клинкера, %	93	93	93	95,5	94	92,5
<i>Химические параметры тампонажных цементов</i>						
Потери при прокаливании, %	1,63	1,52	1,59	0,94	1,01	1,08
Массовая доля нерастворимого остатка, %	0,41	0,40	0,41	0,31	0,38	0,44
Массовая доля оксида серы (VI) SO ₃ , %	2,98	2,96	2,99	2,32	2,80	3,30
Массовая доля хлор-иона, %	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
<i>Характеристика помола проб тампонажных цементов</i>						
Время помола, мин	15	20	25	15	15	15
Остаток на сите № 008, %	3,96	2,84	2,56	5,24	5,68	5,91
Удельная поверхность, м ² /кг	337,7	384,9	407,0	331,6	328,9	328,6
Средний размер частиц, мкм	5,9	5,2	4,9	6	6,1	6,1

Пробы цемента № 1–3, различающиеся тонкостью помола, были испытаны на соответствие тампонажно-технических свойств, предъявляемых к тампонажному цементу типа ПЦТ I-G с нормированными требованиями при В/Ц 0,44. Следующие три пробы (№ 4–6) с разным содержанием гипса были испытаны на соответствие тампонажно-технических свойств, предъявляемых к тампонажным цементам типа ПЦТ I-50, применяемым в скважинах с низкой и нормальной температурой.

Для определения консистенции цементного раствора и времени загустевания в соответствии с требованиями ГОСТ 1581-96 [1] для цемента типа ПЦТ I-G были выбраны пробы № 1–3, различающиеся степенью измельчения. Испытания проводили по методике определения консистенции и времени загустевания для цемента типа ПЦТ I-G с нормированными требованиями при В/Ц 0,44. Результаты испытаний представлены в табл. 7.

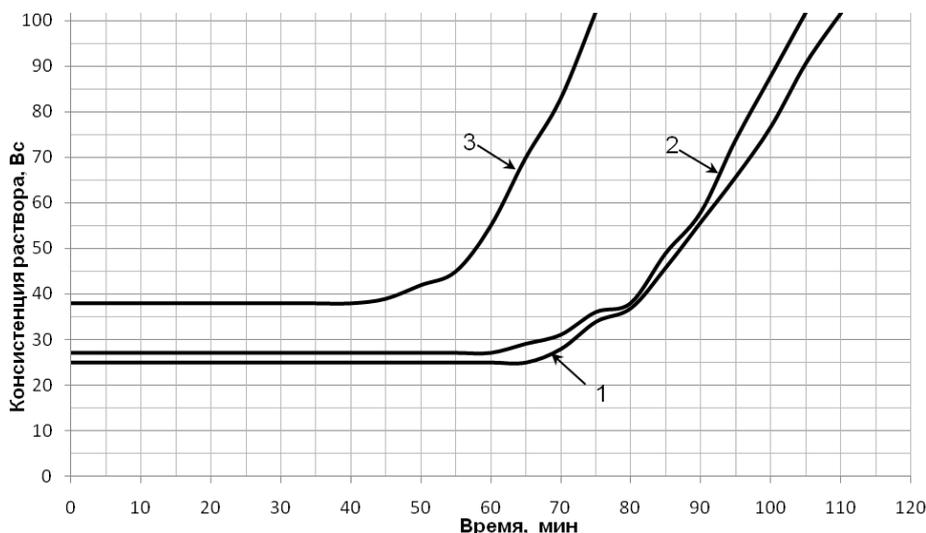
Т а б л и ц а 7

Консистенция и время загустевания тампонажных цементов типа ПЦТ I-G

Показатели	Норма по ГОСТ	Пробы цемента типа ПЦТ I-G		
		№ 1	№ 2	№ 3
Консистенция цементного теста через 15–30 мин испытания, Вс*	Не более 30	25	27	38
Время загустевания до консистенции 100 Вс, мин	Не менее 90, не более 120	106	104	73

* Единицы консистенции Бердена.

Пробы цемента № 1 и 2 удовлетворяют основным требованиям по консистенции, предъявляемым к цементам типа ПЦТ I-G. Консистенция составляет соответственно 25 и 27 Вс. Проба цемента № 3 с удельной поверхностью 407 м²/кг уже с момента затворения водой и в последующие 15 мин испытания отличалась высокой консистенцией – 35 Вс, а через 73 мин испытания консистенция достигла 100 Вс. По этому показателю цемент данной пробы не отвечает требованиям стандарта. Это объясняется высокой удельной поверхностью частиц цемента, обуславливающей быстрое протекание процессов гидратации при взаимодействии с водой (см. рисунок).



Изменение консистенции растворов тампонажного цемента типа ПЦТ I-G:
1 – проба № 1; 2 – проба № 2; 3 – проба № 3

Тампонажно-технические свойства цемента типа ПЦТ I-50 для низких и нормальных температур (табл. 8) по всем показателям соответствуют требованиям ГОСТ 1581-96 [1]. Полученные тампонажные цементы отличаются хорошей растекаемостью цементного теста, которая в зависимости от дозировки гипса составляет от 242 до 265 мм. Наилучшие показатели физико-механической прочности характерны для цемента № 5 с добавкой 6% гипса (содержание SO₃ 2,8%) – прочность при изгибе через 2 сут достигает 5,53 МПа. Цементы № 4 и 6 также имеют достаточно высокую прочность при изгибе (соответственно 4,08 и 4,87 МПа), значительно превышающую требования стандарта (2,7 МПа). Следует отметить, что дальнейшее увеличение дозировки сульфата кальция приводит к снижению прочности. Это может быть обусловлено как повышенной дозировкой гипса, так и уменьшением доли клинкера в цементе.

Таблица 8

Тампонажно-технические показатели цемента типа ПЦТ I-50 для низких и нормальных температур

Показатели	Норма по ГОСТ	Пробы цемента типа ПЦТ I-50		
		№ 4	№ 5	№ 6
Тонкость помола:				
остаток на сите № 008, %	Не более 12	5,24	5,68	5,91
удельная поверхность, м ² /кг	Не менее 270	331,6	328,9	328,6
Массовая доля оксида серы (VI) SO ₃ , %	Не менее 1,5, не более 3,5	2,32	2,80	3,30
Потери при прокаливании, %	Не более 5	0,94	1,01	1,08
Водоотделение, мл	Не более 8,7	0,67	0,59	0,62
Растекаемость цементного теста, мм	Не менее 200	265	243	242
Время загустевания до консистенции 30 Вс, мин	Не менее 90	111	121	125
Прочность в возрасте 2 сут, МПа:				
при изгибе	Не менее 2,7	4,08	5,53	4,87
при сжатии	Не нормируется	18,08	23,55	22,52

Таким образом, разработаны составы сырьевых смесей на основе материалов, используемых ТОО «Стандарт Цемент», которые позволяют получить тампонажные портландцементы, удовлетворяющие требованиям нормативных документов по консистенции, времени загустевания, водоотделению и другим показателям. Прочность таких цементов существенно превышает нормируемую (2,7 МПа). Замена кварцевого песка электротермофосфорным шлаком дает возможность улучшить процесс обжига клинкера тампонажного портландцемента и снизить удельный расход топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 1581-96. Портландцементы тампонажные. Технические условия. – Введ. 1998-10-01. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 14 с.
2. ГОСТ 5382-91. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. – Введ. 1991-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 22 с.
3. ГОСТ 26798.2-96. Цементы тампонажные типов I-G и I-H. Методы испытаний. – Введ. 1998-10-01. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 12 с.
4. ГОСТ 26798.1-96. Цементы тампонажные. Методы испытаний. – Введ. 1998-10-01. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 19 с.

НОВЕЙШАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Во втором полугодии 2013 г. защищены диссертации:

РХТУ им. Д. И. Менделеева – Субботин Р. К. «Вспененные изоляционные материалы на основе аморфного кремнеземсодержащего сырья» (канд. техн. наук). Установлено, что в процессе нагревания диатомитовых шихт присутствующие в них гидроалюмосиликаты (слюда, каолинит, монтморрилонит) в количестве более 10 мас. % сохраняются при температуре до 600–800 °С, в температурном интервале от 680 до 1100 °С они образуют первичный расплав, в котором остаются различные модификации кварца, а при температуре 1200 °С появляется аморфная фаза, что способствует снижению температуры варки стекла. Разработаны состав шихт с диатомитом, а также режимы электрической и газовой варки стекол и выработки гранулята для производства пеностекла и изделий на его основе – гравия и гранул теплоизоляционных блоков.

Игнатьева Е. С. «Фазовые неоднородности в галлиевосиликогерманатных стеклах и их влияние на спектрально-люминесцентные свойства» (канд. техн. наук). Установлена природа нанонеоднородностей в малощелочных галлиевосиликогерманатных стеклах. Выявлены взаимосвязи между параметрами нанонеоднородной структуры и спектрально-люминесцентными свойствами стекол на различных стадиях их фазового разделения. В разработанном полифункциональном прозрачном стеклокристаллическом материале обнаружена люминесценция в синей области (≈ 450 нм) спектра, интенсивность которой снижается с увеличением концентрации NiO.

Петербургский государственный университет путей сообщения – Касаткина А. В. «Разработка добавок проникающего действия для цементосодержащих ремонтных смесей» (канд. техн. наук). Разработаны добавки проникающего действия с активирующим эффектом для повышения эффективности ремонтных смесей на цементной основе. В порах бетонного основания под действием предложенных добавок непрореагировавший цемент подвергается гидратации с формированием более плотной структуры по сравнению с поровой структурой кирпича, в котором отсутствуют гидратационные процессы.

Барановская Е. И. «Автоклавный ячеистый бетон повышенной прочности с модифицированной структурой продуктов гидросиликатного твердения» (канд. техн. наук). Предложен способ химической активации электросталеплавильного шлака, позволяющий обеспечить гидратацию малоактивных или инертных минералов (ларнита, шеннонита, мервинита, монтчеллита, ранкинита) и предотвратить силикатный распад при автоклавировании бетона и его эксплуатации. Установлены особенности процесса формирования структуры модифицированного сульфоалюмоферритной добавкой автоклавного ячеистого бетона, заключающиеся в увеличении кристаллизационной способности алюминий- и железозамещенных гидросиликатов кальция различной основности при внедрении в структуру CSH-геля ионов $Al(OH)_4^-$ и $Fe(OH)_4^-$ и ускорении процесса связывания кварца в гидросиликаты кальция в системе $Ca(OH)_2-SiO_2-H_2O$.

Уфимский государственный нефтяной технический университет – Тихонов М. А. «Совершенствование фиброармированных тампонажных материалов» (канд. техн. наук). Разработана методика расчета напряжений, возникающих при динамических и ударных нагрузках в обсадной колонне и