

## **КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ: САМОНИВЕЛИРУЮЩИЕСЯ СТЯЖКИ И НАЛИВНЫЕ ПОЛЫ**

*Евгения Авнеровна Урецкая, кандидат химических наук, заведующая отделом РУП "Институт БелНИИС";*

*Надежда Константиновна Жукова, научный сотрудник, РУП "Институт БелНИИС";*

*Елена Михайловна Плотникова, ведущий инженер РУП "Институт БелНИИС".*

### **АННОТАЦИЯ**

Обсуждаются результаты теоретических и экспериментальных исследований свойств материалов на основе гипсового вяжущего – самонивелирующиеся стяжки и наливные полы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем отечественного жилищно-гражданского строительства является снижение массы возводимых зданий. В настоящее время наши кирпичные здания имеют среднюю массу 2,5т/м<sup>2</sup> общей площади, а панельные – 2,0т/м<sup>2</sup>, в то время как в мировой практике жилые и общественные здания, как правило, по этому показателю не превышают 1,0т/м<sup>2</sup>. Еще большее значение имеет проблема снижения массы здания в высотном строительстве, так как строящиеся в настоящее время здания в два и более раза массивнее зарубежных аналогов. В этой связи необходима замена ряда конструкций, выполненных из бетона, железобетона и кирпича на конструкции из более легких материалов, в частности, гипсовых. Следует отметить, что по эффективности слой гипса толщиной 1см соответствует слою бетона толщиной 2см. [1]. При этом в полной мере будут использоваться такие преимущества гипса, как меньший вес, более низкая стоимость по сравнению с цементными и керамическими материалами, экологичность и высокое качество поверхностей гипсовых материалов [2].

Следует отметить, что разработка самонивелирующихся стяжек и наливных полов на основе гипсовых вяжущих в отечественной промышленности производилась впервые.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ**

Сухие гипсовые смеси состоят по крайней мере из четырех компонентов: минеральное вяжущее, наполнитель, полимерное связующее, модифицирующие добавки. С целью обеспечения конкурентоспособности гипсовых смесей необходим тщательный подход к выбору исходных материалов.

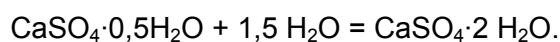
В отличие от цементных, гипсовые сухие смеси содержат небольшое количество минеральных наполнителей, поэтому свойства гипсового вяжущего определяет основные характеристики гипсовой смеси [3].

В настоящей работе в качестве вяжущих использовались гипсы марок Г-4 (полугидрат сульфата кальция β-модификации) и Г-10 (полугидрат сульфата кальция β-модификации).

Выпускает гипсовое вяжущее марки Г-4 ОАО "Белгипс", являющийся также единственным производителем гипсовых изделий в Республике Беларусь. В ОАО "Забудова" освоено и серийно выпускается высокопрочное гипсовое вяжущее марок от Г-6 до Г-16.

Отличительной особенностью гипсовых вяжущих является их способность при затворении водой быстро схватываться и затвердевать.

Схватывание и твердение гипсового вяжущего основано на реакции присоединения воды к полугидрату сульфата кальция с превращением его в дигидрат:



При затворении  $\alpha$ -полугидрата водой требуемая подвижность теста достигается при меньшем расходе воды по сравнению с  $\beta$ -полугидратом. В результате затвердевший гипс из  $\alpha$ -полугидрата приобретает повышенную плотность и прочность по сравнению с  $\beta$ -полугидратом. В случае, когда  $\alpha$ - и  $\beta$ -полугидраты затворяются одинаковым количеством воды, то получаемые значения прочности образующегося гипсового камня близки друг к другу [4].

Для удешевления продукта, улучшения технологичности, предотвращения растрескивания в процессе эксплуатации в состав гипсовых смесей вводят заполнители.

Правильный выбор заполнителя, имеющего требуемые дисперсность, влажность, твердость, а также соблюдение соотношения "гипсовое вяжущее - заполнитель" гарантируют получение качественного конечного продукта.

Наиболее широкая номенклатура сухих смесей производится с применением в качестве основного заполнителя кварцевого песка. Известно, что на качество сухих смесей на основе цемента существенное влияние оказывает наличие в нем глинистых и пылевидных примесей. Для гипсовых смесей, в отличие от цементных, наличие в заполнителе глинистых примесей не оказывает отрицательного эффекта на основные свойства затвердевшего раствора.

Следует отметить, что кварцевый песок целесообразно использовать в гипсовых смесях в молотом виде или в виде природного материала маршалита. Применение в качестве наполнителя более мягких карбонатных минералов кальция и магния – природного кальцита, доломита или мела является более предпочтительным по сравнению с кремнеземсодержащим наполнителем.

Правильный выбор наполнителей и наполнителей, имеющих требуемую дисперсность, влажность, твердость, а также точное соблюдение соотношения "минеральное вяжущее – наполнитель -наполнитель" гарантирует получение качественного конечного продукта.

В состав модифицированных сухих смесей, наряду с гипсовыми вяжущими, наполнителями и наполнителями входят различные химические добавки. Без добавок многие технические свойства современных сухих строительных смесей не могли бы быть достигнуты. Содержание добавок обычно находится в пределах от 0,1 до 5,0 весовых %. Добавки улучшают смешение сухой строительной смеси с водой, свойства жидкого раствора (реологию, удобоукладываемость), а также свойства схваченного строительного раствора.

Существует два способа модификации сухих смесей. Более простой способ – введение в состав сухих смесей эфиров целлюлозы, а более сложный – введение полимерных дисперсионных порошков различной химической природы.

Эфиры целлюлозы выполняют весьма важную функцию несмотря на то, что их добавляют в композиции в незначительном количестве 0,02 – 0,7% [4-8]. В сухих строительных смесях эфиры целлюлозы применяются в качестве загустителей, водоудерживающих добавок, оказывают существенное влияние на удобоукладываемость и водопотребность.

Так как схватывание гипсового вяжущего происходит слишком быстро, в данных составах, как правило, применяются замедлители схватывания. Используются различные добавки-замедлители, представляющие собой соли таких кислот, как винная, лимонная и т.д., в количестве 0,05 – 0,25%.

Сильное влияние на водопотребность строительного раствора оказывают суперпластификаторы. Так, для получения той же самой консистенции, строительный раствор, содержащий суперпластификаторы, требует меньшее количество воды. Суперпластификаторы используются, главным образом, в строительных смесях, от которых требуются очень хорошие способности к самовыравниванию – наливные полы и самонивелирующиеся стяжки и вводятся в количестве от 0,15 до 1,0%.

Сухие гипсовые смеси, обладая высокой прочностью при сжатии, имеют низкую прочность при растяжении и изгибе. Для исправления данного недостатка используются различные способы, одним из которых является применение в качестве армирующего материала волокнистых наполнителей органического и неорганического происхождения.

При получении высокопрочных материалов, таких как наливные полы и самонивелирующиеся стяжки, лучше использовать высокомодульные полиакриловые или полипропиленовые волокна.

Для разработки самонивелирующихся тонкослойных стяжек и наливных полов применялись различные минеральные наполнители и заполнители, химические добавки и армирующие материалы.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ САМОНИВЕЛИРУЮЩИХСЯ СТЯЖЕК И НАЛИВНЫХ ПОЛОВ**

В настоящей работе большое внимание уделялось регулированию консистенции и времени схватывания гипсового теста в зависимости от вида и количества вводимых в рецептуру химических добавок.

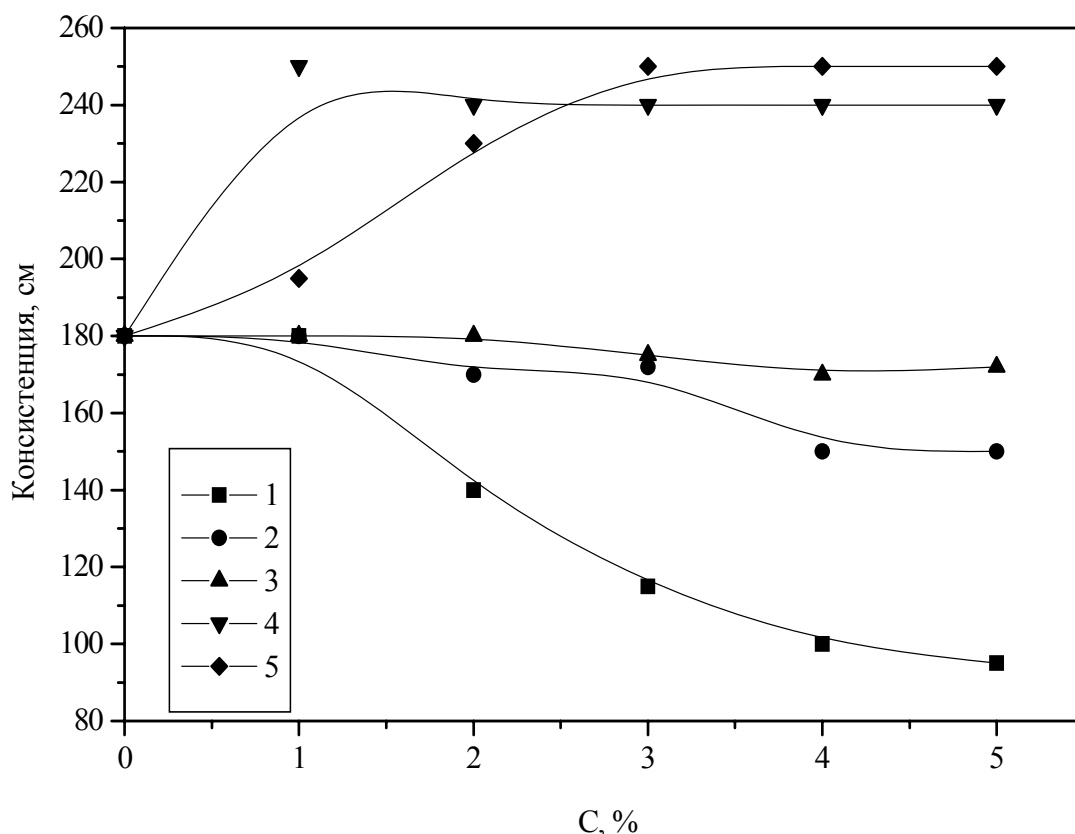
Благодаря оптимальной комбинации полимерных дисперсионных порошков, суперпластификаторов и других химических добавок, достигается значительно лучшая растекаемость и достаточные сроки схватывания. Кроме того, в свежеприготовленном строительном растворе дисперсионные полимерные порошки увеличивают содержание воздушных пор и, таким образом, воздействуют на образование равномерного и однородного слоя раствора.

Для изучения влияния дисперсионных полимерных порошков на свойства материалов на основе гипсового вяжущего применялись следующие полимерные добавки: сополимер на акрилатной основе (повышенной растекаемости); сополимер винилхлорид/этилен/ виниллаурат; сополимер винилацет/этилен; сополимер винилацет/этилен (повышенной растекаемости);

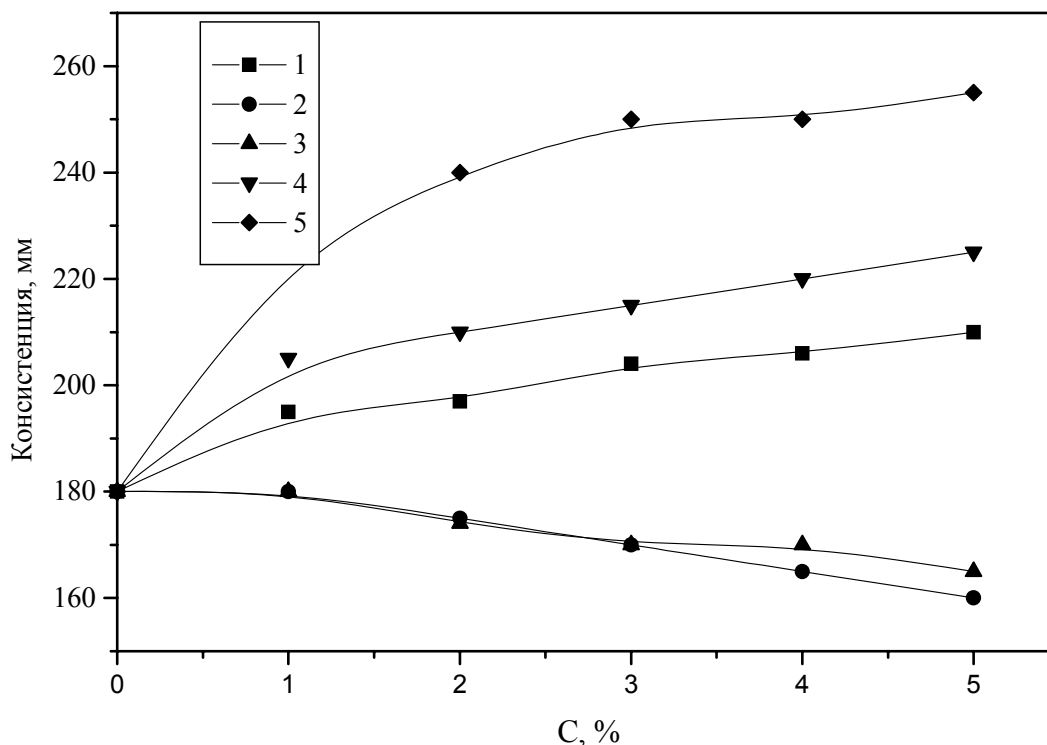
сополимер бутилакрилата и стирола. Количество полимерных добавок варьировалось от 1 до 5% от массы гипса.

На рис.1 и 2 показана зависимость консистенции гипсового теста от вида и количества вводимой полимерной добавки.

Как видно из указанных рисунков, благодаря оптимальному содержанию полимерных дисперсий, а именно, сополимера бутилакрилата и стирола, сополимера на акрилатной основе (повышенной растекаемости) и сополимера винилацет/этилен (повышенной растекаемости) можно достичь значительной растекаемости гипсовых составов. Это является весьма важным при работе над созданием самонивелирующихся тонкослойных стяжек. Обращает на себя внимание различное поведение полимерных дисперсионных порошков в смесях на основе гипса Г-4 и Г-10. Это связано с тем, что гипс марки Г-4 является продуктом низкотемпературного обжига и содержит большое количество примесей, следовательно, имеет более дефектную структуру кристаллогидрата и его водопотребность составляет 58%. Гипс марки Г-10 имеет более совершенную структуру кристаллической решетки, в его молекулу входит адсорбционная вода в результате технологии его получения в условиях насыщенного пара, его водопотребность - 45%.



**Рисунок 1 - Зависимость консистенции гипсового теста (гипсовое вяжущее марки Г-4, В/Г=const) от содержания полимерной добавки**  
1- сополимер на акрилатной основе (повышенной растекаемости);  
2- тройной сополимер винилхлорид/этилен/виниллаурат;  
3- двойной сополимер винилацет/этилен;  
4- сополимер винилацет/этилен (повышенной растекаемости);  
5-сополимер бутилакрилата и стирола



**Рисунок 2 - Зависимость консистенции гипсового теста (гипсовое вяжущее марки Г-10, В/Г=const) от содержания полимерной добавки**

- 1- сополимер на акрилатной основе (повышенной растекаемости);
- 2- тройной сополимер винилхлорид/этилен/виниллаурат;
- 3- двойной сополимер винилацет/этилен;
- 4- сополимер винилацет/этилен (повышенной растекаемости);
- 5-сополимер бутилакрилата и стирола

Так как редиспергирование полимерных порошков требует определенного количества воды, то в смесях на гипсу марки Г-4 используется большее количество свободной воды и смесь быстро загустевает. По нашему мнению, часть свободной воды у гипсового вяжущего марки Г-10 остается в нем, но не в свободном состоянии, а адсорбированной на поверхности кристаллогидратов и поэтому смесь имеет большую подвижность. У гипсового вяжущего марки Г-4 адсорбционная вода, вследствие технологических особенностей производства, отсутствуют.

Полимер, по мере удаления воды из гипсового раствора, образует на поверхности пор, капилляров, зерен гипса, наполнителя и заполнителя тонкую пленку, которая обладает хорошей адгезией и способствует повышению сцепления между заполнителем и гипсом, улучшает монолитность раствора. В результате гипсовый раствор приобретает особые свойства: повышенную по сравнению с обычным раствором прочность при изгибе, высокую адгезию, повышенную водостойкость.

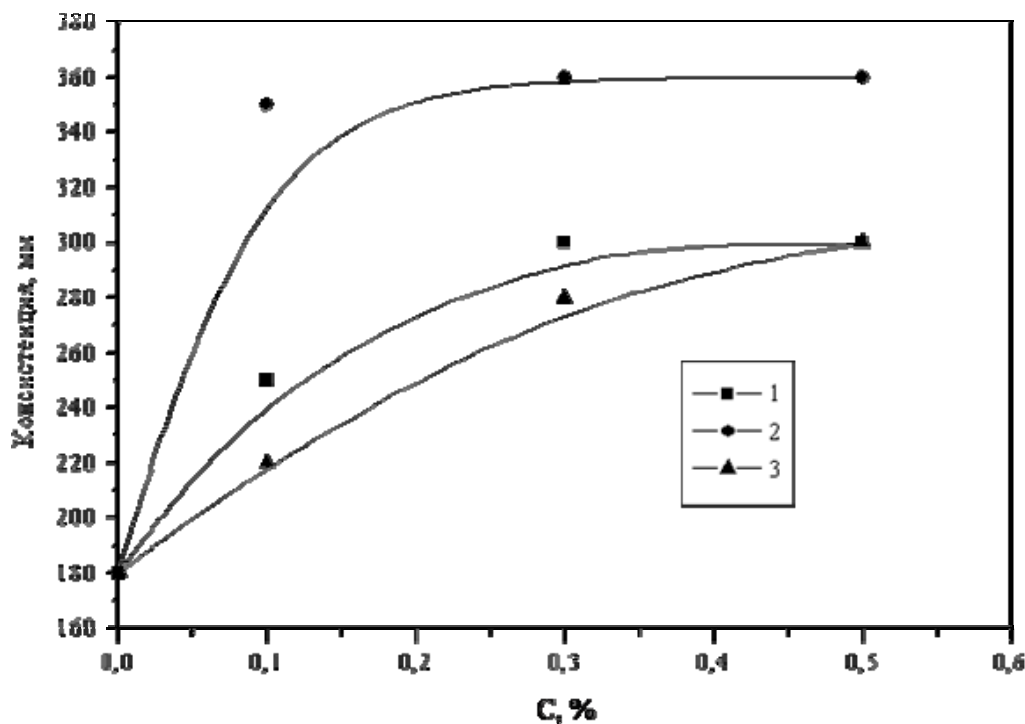
Благодаря оптимальной комбинации полимерных дисперсионных порошков с суперпластификаторами и другими добавками можно достичь значительной растекаемости гипсовых смесей.

Для модификации гипсовых вяжущих применялись суперпластификаторы различного механизма действия: на основе меламинформальдегида – "Melment F10" (Германия); на основе натриевой соли полиметиленафталинсульфокислоты – С-3, (Россия), а также поликарбоксилат "Melflux 1641" (Германия).

Механизм действия суперпластификаторов связан с их адсорбцией на поверхности твердой фазы. С увеличением молекулярной массы, их адсорбирующая способность и пластифицирующее действие обычно возрастают.

Следует отметить, что механизм действия одних пластификаторов основан на электростатическом механизме (С-3, "Melment F10"), а, других, пластификаторов нового типа "Melflux 1641", на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффектов. Последний достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. Водоредуцирующее действие таких суперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем у обычных. Стерический эффект не только позволяет повысить подвижность раствора в ранние сроки, но и сохраняет ее в течение длительного периода времени.

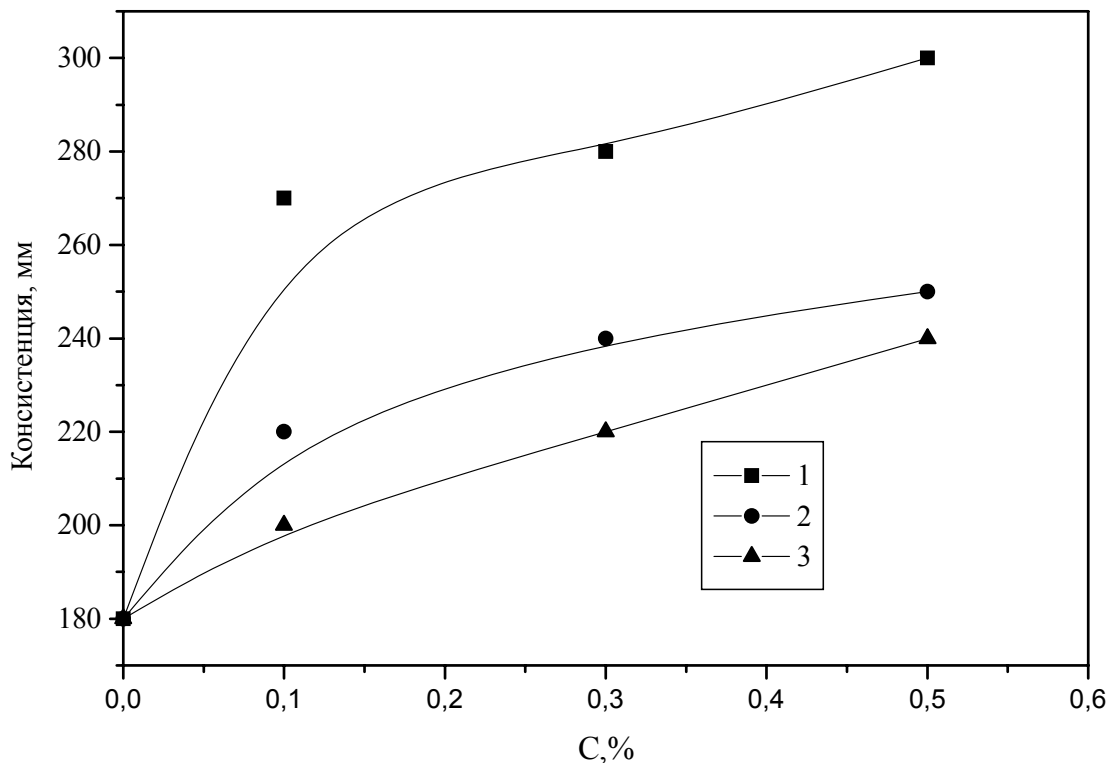
Как видно из рис.3 и 4 наибольшая растекаемость гипсового теста достигается для гипсового вяжущего Г-4 при использовании суперпластификатора "Melflux 1641", а для гипсового вяжущего Г-10 – суперпластификатора "Melment F10".



**Рисунок 3 - Зависимость консистенции гипсового теста (гипсовое вяжущее марки Г-4,) от содержания суперпластификатор**  
1 – Melment F 10; 2 - Melflux F 164; 3 - C-3

Вышеуказанные суперпластификаторы оказывают существенное влияние на реологические и физико-механические характеристики гипсового теста и гипсового камня на его основе.

Известно, что при нанесении растворной смеси на кирпич, бетон, цементно-песчаный раствор, данные основания очень быстро впитывают воду. Это приводит, как правило, к недостаточному количеству воды для отверждения, так как раствор еще в мокром состоянии образует трещины и "горит" на основании. При добавлении незначительного количества метилцеллюлозы (0,1-0,5%), проблема быстрого обезвоживания раствора может быть успешно решена, так как метилцеллюлоза обладает водоудерживающей способностью.



**Рисунок 4 - Зависимость консистенции гипсового теста (гипсовое вяжущее марки Г-10,) от содержания суперпластификатора**  
 1 – Melment F 10; 2 - Melflux F 164; 3 - C-3

Для модификации гипсовых вяжущих применялись различные типы метилцеллюлозы с вязкостью по Хепплеру от 20 до 20000МПас: Н 20 Р2; Val MT 400PFV; Val MKX 15000 PP20; Val MKX 20000 PF40.

В результате проведения работы установлено, что в составах наливных полов и самонивелирующихся стяжек предпочтительно применять метилцеллюлозу Н 20 Р2, так как при ее использовании, достигаются оптимальные водоудерживающая способность и консистенция гипсовых смесей.

Таким образом, благодаря оптимальной комбинации полимерных дисперсий, суперпластификаторов, метилцеллюлозы, можно достичь значительно лучшей растекаемости и образования глянцевой поверхности полов, а также однородности составов, то есть отсутствия расслоения.

Известно, что гипсовое вяжущее Г-4 является низкомарочным. Одним из способов увеличения физико-механических характеристик составов является наполнение матрицы гипсового вяжущего высокодисперсными минеральными наполнителями различной природы и фракционного состава.

В процессе экспериментальных работ установлено, что тонкодисперсный карбонатный наполнитель в системе с низкой степенью наполнения (5-10%) выполняет роль пластификатора. При более высокой степени наполнения (30%) водопотребность повышается незначительно, а прочностные показатели наполненного гипсового вяжущего выше, чем у контрольного состава ориентировочно на 35%. Повышение прочностных показателей объясняется тем, что высокодисперсные частицы карбонатного наполнителя заполняют пустоты между более крупными зернами гипсового вяжущего.

Следует отметить, что при наполнении высокопрочного гипсового вяжущего марки Г-10 тонкодисперсным карбонатным наполнителем в количестве более 20%, наблюдается резкое снижение его прочностных показателей. Это происходит, по нашему мнению, в результате раздвижки зерен плотно упакованных кристаллов гипса.

В настоящей работе для увеличения прочностных показателей часть гипсового вяжущего заменяли на шлакопортландцемент М400 Д20 (ШПЦ).

Водостойкость строительных материалов характеризуется коэффициентом размягчения, который представляет собой отношение показателей прочности водонасыщенных образцов к прочности образцов, высушенных до постоянной массы. При использовании в гипсовых составах ШПЦ возрастает коэффициент размягчения с 0,30 для чистого гипса до 0,50 для составов со ШПЦ. Это объясняется значительным увеличением водостойкости ГШПЦ состава.

Установлено, что введение добавки ШПЦ в количестве 3-5 % ускоряет гидратацию и повышает начальную прочность на 40-50%. После окончания твердения гипса при выдерживании образцов в нормальных условиях наблюдается типичная для гипса стабилизация прочности и влагосодержания.

Поскольку гипсовые составы относятся к быстротвердеющим, изучение влияния замедлителей твердения на технологические и физико-механические свойства разработанных составов имеют большое значение. В настоящей работе проводились сравнительные испытания такого известного замедлителя твердения гипсовых вяжущих, как лимонная кислота с замедлителем твердения Retardan P, представляющего собой кальциевую соль N – полиоксиметилен-аминовой кислоты.

Действие замедлителей твердения гипсовых вяжущих основано на создании рН среды, замедляющей растворимость полугидрата сульфата кальция. Так как растворимость полугидрата по отношению к дигидрату примерно в 4 раза больше, то получается пересыщенный раствор. Из него немедленно выпадают сверхтонкие иглы гипса, которые переплетаются друг друга и таким образом приводят к упрочнению системы. Раствор лимонной кислоты или другого замедлителя уменьшают растворимость полугидрата кальция и тем самым приостанавливают процесс образования и стабилизации первичных гидратов, а также их укрупнение до размера кристаллов. Затем процесс гидратации происходит также как без добавки.

Качество и количество вводимого замедлителя определяется не только необходимостью обеспечения определенной жизнеспособности состава, но и влиянием его на конечную прочность материала. Установлено, что применение замедлителя схватывания Retardan P, обеспечивает не только достаточную жизнеспособность (не менее 30 мин), но и незначительное снижение прочности в отличие от действия лимонной кислоты.

Основные характеристики самонивелирующихся стяжек и наливных полов представлены в таблице 3

Таблица 3–Основные характеристики составов

№	Наименование показателя	Значение показателя	
		Наливной пол (Г-4 / Г-10)	Самонивелирующаяся стяжка (Г-4 / Г-10)
1	Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup>	<u>1580-1620</u> 1700-1750	<u>1500-1550</u> 1550-1600
2	Консистенция, мм, не менее	<u>280</u> 300	<u>300</u> 300
3	Жизнеспособность, мин, не менее	<u>40</u> 45	<u>40</u> 45
4	Толщина слоя, мм	<u>10-40</u> 10-40	<u>2-10</u> 2-10
5	Прочность на сжатие, МПа	<u>15,0-16,0</u> 20,0-22,0	<u>17,0-18,0</u> 22,0-24,0
6	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	<u>5,0-5,5</u> 4,5-5,5	<u>5,5-6,0</u> 6,0-7,0
7	Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	<u>0,80</u> 0,80	<u>0,80</u> 0,80

Разработанные составы характеризуются высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, достаточно высокой пожаро- и огнестойкостью. При применении гипса для огнезащиты уменьшается риск разрушения защитного слоя бетона: после пожара восстановлению подлежит только защитный гипсовый слой.

Следует отметить, что использование гипсовых материалов для внутренней отделки зданий обеспечивает благоприятный климат в помещении за счет способности материалов "дышать", легко поглощать избыточную влагу и затем постепенно отдавать ее, поддерживая тем самым равновесную влажность воздуха. Это положительно влияет на микроклимат всего помещения и создает комфортные условия для человека.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В ходе выполнения работ по созданию самонивелирующихся стяжек и наливных полов на основе гипсовых вяжущих было изучено состояние вопроса по производству указанных смесей в отечественной и зарубежной промышленности. Установлено, что в технически развитых странах данные материалы находят широкое применение.

2 В Республике Беларусь разработка самонивелирующихся стяжек и наливных полов на основе гипсовых вяжущих производилась впервые.

3 В результате проведенных исследований разработаны оптимальные составы самонивелирующихся стяжек и наливных полов. Установлено, что самонивелирующиеся стяжки и наливные полы по своим технологическим и физико-механическим показателям отвечают требованиям, предъявляемым к материалам, используемым по указанному назначению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чистова Т.П. Обзорная информация. Серия строительные материалы. Выпуск 3. Гипс и изделия на его основе. М., 1989, 56с.
2. Ферронская А.В. Гипс – вчера, сегодня, завтра //Сборник трудов III Всероссийского семинара с международным участием. "Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий" Тула, 2006, с.27-34.
3. Справочник гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Под редакцией Ферронской А.В., Издательство АСВ – М., 2004.
4. Урецкая Е.А. , Плотникова Е.М., Кухта Т.Н. Теория и практика создания конкурентноспособных материалов на основе гипсового вяжущего. //Строительная наука и техника, №3, 2006, с. 70-74.
5. Бийц Р., Линдернау Х., Химические добавки для улучшения качества строительных растворов. //Строительные материалы, №3, 1998, с. 13-15.
6. Хребтов Б.М., Кашин П.А., Генцлер И.В.,Высококачественные материалы для сухих строительных смесей. //Строительные материалы, №5, 2000, с. 4-5.
7. Ланге В. Метилцеллюлоза "Walocel M" улучшает качество систем сухих строительных смесей. //Строительные материалы, №3, 1999, с. 38-39.
8. Урецкая Е.А., Смирнов В.В., Жукова Н.К., Плотникова Е.М., Филипчик З.И. Модификация сухих строительных смесей дисперсионными порошками и эфирами целлюлозы – путь к повышению качества и долговечности. //Сб. трудов 2-й международной научно-технической конференции "Современные технологии сухих строительных смесей в строительстве". С.-Петербург, 2002, с. 28-34.