

УДК 691.55

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ЛЕГКИХ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

*Chen Yulin, Ю.В. Вишнякова*

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь  
e-mail: nickchen1015@163.com, y.vishniakova@psu.by

*Исследовано влияние соотношения легкого заполнителя (частиц полистирола) и цемента на основные физико-механические свойства строительного раствора. Изучены механизмы влияния композиционных вяжущих материалов на эксплуатационные характеристики легкого штукатурного раствора.*

**Ключевые слова:** *штукатурный раствор, легкий заполнитель, полистирольные частицы, зола-уноса.*

## STUDY OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF LIGHTWEIGHT PLASTER SOLUTIONS FOR PERFORMANCE PROPERTIES

*Chen Yulin, Y. Vishniakova*

Euphrosyne Polotskaya state university of Polotsk, Republic of Belarus  
e-mail: nickchen1015@163.com, y.vishniakova@psu.by

*The effect of the ratio of light aggregate (polystyrene particles) and cement on the basic physical and mechanical properties of mortar was investigated. Mechanisms of influence of composite binding materials on performance characteristics of light plaster mortar have been studied.*

**Keywords:** *plaster solution, light aggregate, polystyrene particles, fly ash.*

**Введение.** Штукатурный раствор во время своей эксплуатации должен обладать определенными физико-механическими характеристиками. Тип и количество цементных материалов, тип легкого заполнителя, форма и размер частиц, а также тип и количество добавок оказывают большее влияние на характеристики строительного раствора с легким заполнителем. Ученые Jiang Feifei, Wang Jian и др. в своих научных исследованиях изучали вопросы оптимизация вида и дозировки вяжущих материалов, заполнителя и добавок с целью улучшения свойств легких строительных растворов [1–3].

Для обеспечения требований по энергосбережению состав штукатурного раствора на легком заполнителе необходимо усовершенствовать. Существует взаимосвязь между теплоизоляционными характеристиками и плотностью раствора. При условии, что вид легкого заполнителя остается неизменным, существует несколько способов снижения средней плотности: увеличение доли легкого заполнителя, в составе строительного раствора и уменьшение плотности самого вяжущего материала. Однако, высокое содержание заполнителя приведет к недостаточному количеству цементного теста в растворной смеси, что затруднит ее перемешивание и формование. Количество образовавшихся связанных пустот из-за недостаточного количества суспензии значительно снизит прочность на сжатие полученного раствора. Чрезмерное количество вяжущих с более низкой плотностью по сравнению с цементом в составе строительного раствора также может привести к снижению прочности.

**Экспериментальная часть.** Проведены исследования по изучению влияния соотношения количества легкого заполнителя (частиц полистирола) к количеству цемента на основные физико-механические свойства строительного раствора. Отношение массы легкого заполнителя к массе цементного вяжущего составляет от 0,04 до 0,07. Состав компонентов растворной смеси показан в таблице 1.

Таблица 1. – Состав компонентов растворных смесей

№ п/п	Частицы пенополистирола, г	Цемент, г	Вода, г
1	24	600	600
2	30	600	600
3	36	600	600
4	42	600	600

Результаты экспериментов по определению средней плотности, прочности на сжатие и водопоглощению приведены в таблице ниже.

Таблица 2. – Результаты испытаний строительного раствора

№ п/п	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %
1	271	0,62	34
2	235	0,4	50
3	219	0,29	54
4	190	0,24	61

По результатам испытаний видно, что при изменении соотношения легкого заполнителя к цементу с 0,04 до 0,07 средняя плотность строительного раствора уменьшилась на 30%. Есть две основные причины: во-первых, поскольку плотность частиц полистирола намного ниже, чем у цемента, с увеличением количества полистирола количество цементного камня уменьшается, поэтому средняя плотность уменьшается. С другой стороны, из-за недостаточного количества цементного теста частицы заполнителя не могут быть плотно соединены между собой, что приводит к рыхлой структуре и образованию большого количества пустот, поэтому плотность также снижается.

С увеличением соотношения заполнителя к цементу прочность на сжатие строительного раствора уменьшается. При соотношении 0,04 прочность на сжатие штукатурного раствора составляет 0,62 МПа, а при 0,07 его прочность на сжатие составляет всего 0,24 МПа, что на 61% меньше. Это связано с тем, что прочность частиц полистирола в основном зависит от продуктов гидратации цемента. С увеличением количества легкого заполнителя уменьшается количество минерального вяжущего, играющего главную роль в обеспечении прочности. Из-за недостаточного количества цементного теста, заполняющего пустоты между частицами заполнителя, внутри тела раствора образуется больше пустот, что приводит к снижению прочности на сжатие.

Как видно из результатов испытаний водопоглощение при изменении соотношения с 0,04 до 0,07 увеличилось на 79%. Из-за недостаточного количества цементного составляющего структура раствора рыхлая и имеется большое количество связанных пустот, водопоглощение увеличивается.

Исходя из соблюдения требований по прочности, чтобы максимально улучшить теплоизоляционные характеристики строительного раствора, наиболее целесообразно выбрать соотношение количества заполнителя к количеству цементного составляющего равным 0,06.

С помощью трехфакторного эксперимента было изучено влияние композиционных вяжущих материалов на свойства легкого штукатурного раствора. При проведении испытаний изучено изменение содержания гипса, золы-уноса и шлакового порошка на среднюю плотность, прочность на сжатие, водопоглощение и коэффициент теплопроводности раствора. Компоненты вводятся путем замещения цементного составляющего в равных количествах, а соотношение воды и композиционного вяжущего контролируется подвижностью растворной смеси. Каждая переменная имеет три уровня дозирования от массы цемента (таблица 3). Соотношение заполнитель – цемент принято 0,06. Расход остальных компонентов - постоянные значения.

Таблица 3. — Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Ед. изм.	Обозначения	Уровни факторов			Интервалы варьирования факторов
			нижний уровень -1	основной уровень 0	верхний уровень +1	
Расход гипса	% мас.	A	0	3	6	3
Расход золы-уноса	% мас.	B	5	10	15	5
Расход шлакового порошка	% мас.	C	0	5	10	5

Матрица планирования эксперимента и полученные опытные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Матрица планирования и опытные данные

План эксперимента			Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Водопоглощение, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
A	B	C				
0	5	0	197	0,28	81	0,0611
3	15	10	184	0,36	50	0,0551
3	15	5	177	0,34	55	0,0546
3	5	5	209	0,46	75	0,0723
3	10	10	196	0,47	62	0,0615
3	15	0	188	0,58	55	0,0561
6	5	10	194	0,39	84	0,0604
6	10	0	189	0,32	70	0,0565
6	15	5	175	0,31	54	0,0537
6	5	0	192	0,29	79	0,0601

Согласно результатам экспериментов, наибольшее влияние на среднюю плотность раствора оказывает зола-уноса, а изменение расхода гипса оказывает большее влияние на прочностные характеристики.

При использовании композиционных вяжущих для приготовления растворной смеси очевидным преимуществом, является увеличение объема суспензии. Это связано с тем, что насыпная плотность золы-уноса ниже, чем у цемента, а при равном замещении количество по объему увеличивается на 30%. Большое количество суспензии заполняет пустоты между частицами полистирола, что делает растворную смесь более пластичной [4]. В то же время добавление вяжущих материалов более низкой плотности уменьшает разницу по плотности между цементным камнем и частицами полистирола, что облегчает равномерное перемешивание смеси и снижает ее расслаиваемость.

В то же время из-за морфологического эффекта золы-уноса подвижность растворной смеси увеличивается, соотношение вода-композиционное вяжущее уменьшается при достижении консистенции, вязкость теста увеличивается, а приготовленная смесь имеет более высокую водоудерживающую способность и однородность. Снижение водо-вяжущего отношения играет благоприятную роль и в повышении прочности штукатурного раствора на легком заполнителе. В то же время частицы золы-уноса мельче и могут заполнить пустоты, образованные цементным материалом, особенно каналы капиллярных пор, что увеличивает компактность строительного раствора из легкого заполнителя.

Оптимальной является комбинация компонентов: содержание гипса – 3% мас., золы-уноса – 15% мас., шлакового порошка – 10% мас.

**Заключение.** Учитывая влияние отношения компонентов (заполнитель-вяжущее) на эксплуатационные характеристики штукатурного раствора с легким заполнителем из пенополистирола, согласно экспериментальным данным, целесообразно выбрать соотношение равное 0,06. При проведении исследований по изучению влияния композиционных вяжущих на свойства строительных растворов оптимальным является состав номер два при следующем составе компонентов: содержание гипса составляет 3% мас., содержание золы-уноса составляет 15% мас., а шлакового порошка – 10% мас. При таком соотношении штукатурный раствор обладает достаточно высокой прочностью на сжатие и низкой теплопроводностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Jiang Feifei, Research on building mortar and its thermal insulation system of vitrified microbead inorganic lightweight aggregate / Feifei Jiang // Chongqing University. – 2010.
2. Zhang Guihong, Development and engineering application of recycled polystyrene particle-external lightweight aggregate construction mortar / Guihong Zhang // Chongqing: Chongqing University. – 2008.
3. He Zhimin, Liu Junzhe Influence of fly ash and air-entraining agent on the properties of vitrified microbead light aggregate construction mortar / Zhimin He, Junzhe Liu // Industrial Architecture. – 2010. – Т.3. – Р. 102–106.
4. Pang Min, Exciting effect of fly ash cementing system. China Proceedings of the first academic annual meeting of the Cement Branch of the Portland Society / Min Pang, Zhenping Sun // Jiaozuo, Henan. – 2009.