

Из данных таблицы 1 следует, что отклонение в прочности кладки при сжатии вдоль и поперек горизонтальных растворных швов стандартных образцов и образцов – призм не превышало 6%, и при этом разница в значениях модулей упругости находилась в пределах 1-2%.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Методики определения прочности каменной кладки на образцах – трехгранных призмах, вырезанных непосредственно из тела конструкции, может быть рекомендована для внедрения в практику обследования каменных конструкций.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Испытание каменной кладки. Методы испытаний каменной кладки: СТБ EN 1052-1. – Часть 1: Определение прочности при сжатии: EN 1052-1. – Введ.: 07.10.1998. – СЕН/ТС 125. – 10 с.
2. Проектирование каменных конструкций: СТБ EN/1996-1-1-2008. – Часть 1-1: Общие правила для армированных и неармированных каменных конструкций. – Мн.: РУП «Стройтехнорм», 2008 – 127 с.
3. Деркач, В.Н. Методы оценки прочности каменной кладки, в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений / В.Н. Деркач, Н.М. Жерносок // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – № 3. – С. 135–143.
4. Klaus, Gaber Vorschlag für ein neues Verfahren zur Prüfung der Druckfestigkeit von bestehendem Mauerwerk / Gaber Klaus, Rick Kupper. – Mauerwerk 16. – 2012. – Heft 6.

УДК 693.22.004.18

*Грушевская Е.Н., Мусафирова Г.Я., Максимович С.В.*

### **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВКАМИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ**

В данной работе рассматривается модификация цементных вяжущих добавками вторичных термопластичных полимеров, а именно вторичным полиамидом и поливинилхлоридом, при использовании которых возможно получение материалов с высокими физико-механическими свойствами, улучшенными гидрофизическими и трибологическими показателями.

Снижение затрат в строительстве можно решить путем получения новых строительных материалов. Минеральные вяжущие вещества, несмотря на свои преимущества, обладают рядом недостатков и требуют введения модифицирующих добавок.

Модифицирующие компоненты позволят сократить сроки производства работ и увеличить оборачиваемость оборудования и оснастки за счет улучшения физико-механических, гидрофизических и технологических характеристик строительных материалов.

В твердении вяжущих веществ с полимерными добавками обычно участвуют оба компонента. Степень такого участия в большой степени зависит от свойств и состава как неорганического вяжущего, так и полимерной добавки. Такие композиции приобретают свойства от каждого компонента, при этом добавки полимеров увеличивают предельную растяжимость бетонов, их ударную вязкость, прочность на растяжение и изгиб, сопротивление истиранию, адгезию к другим материалам и др. [1].

Повышенная стоимость и специфические свойства полимерцементных материалов определяют рациональные области их применения: тонкослойные по-

крытия, адгезивные составы при отделочных и ремонтных работах, монолитные составы и др. [2].

Поливинилхлорид (ПВХ) является одним из многотоннажных полимеров и соответственно образует наибольшее количество отходов, поскольку применяется в самых разных областях техники для производства как строительных, так других промышленных и бытовых материалов и изделий (линолеум, сайдинг, отделочные плиты, трубы, кожухи, плинтуса, мебель, тара, упаковка и др.). Доля техногенных отходов ПВХ составляет 60% от общего количества всех полимерных отходов. Переработка отходов ПВХ затруднена в связи с тем, что материалы и изделия из ПВХ имеют сложный состав, включающий различные добавки, и подвергаются значительным изменениям во время эксплуатации [3].

Значительное место среди твердых полимерных отходов занимают отходы полиамидов (ПА), образующиеся в основном при производстве и переработке в изделия волокон (капрон и амид), а также вышедшие из употребления изделия. Количество отходов при производстве и переработке волокна достигает 15% (из них при производстве – 11...13%). Так как ПА дорогостоящий материал, обладающий рядом ценных химических и физико-механических свойств, рациональное использование его отходов приобретает особую важность [4].

Переработка отходов способствует улучшению экологической обстановки и внедрению безотходных технологий получения материалов и изделий [5].

Следует отметить, что полимерные добавки обычно вводят в строительные материалы в небольших количествах (1–5% от массы минерального вяжущего) с целью их пластификации или гидрофобизации [6].

Целью работы является разработка композиционных материалов на основе минеральных вяжущих, модифицированных дисперсными добавками вторичных термопластичных полимеров, при использовании которых возможно получение материалов с высокими физико-механическими свойствами и улучшенными гидрофизическими показателями. Назревшие экологические проблемы, а также истощение сырьевой базы нашей страны, показали актуальность проводимых исследований для современного материаловедения.

#### **Методика исследований**

В данной работе в состав полученного цементно-полимерного материала входили следующие компоненты: в качестве минерального вяжущего применялся портландцемент 500-Д20 (ГОСТ 10178-85) с нормальной плотностью цементного теста 25%, в качестве органического вяжущего – вторичный полиамид (ТУ 6-13-3-88) и вторичный поливинилхлорид (ГОСТ 14332-78), измельченные криогенным способом до 0,14–0,63 мм.

Цементно-полимерный материал получали смешиванием тонкодисперсного полимера с цементом до однородного состояния и последующим постепенным добавлением воды затворения с добавкой гиперпластификатора Реламикс (ТУ 5870-002-14153664-04), вводимой в количестве 0,45%.

Полимер вводили в количестве 2,5;5% и 15% от массы минерального вяжущего (П/Ц = 0,026; 0,056; 0,176). Готовую модифицированную смесь укладывали в формы в виде балочек размером 40х40х160 и уплотняли на виброплощадке в течение ≈1 мин. Далее образцы помещали в пропарочную камеру на 12 часов с температурой 80–85<sup>0</sup>С. Спустя 7 суток испытывали прочность на изгиб полученных образцов. Для определения использовался пресс Quasar 50, при испытаниях нагрузку постепенно увеличивали до разрушения образцов. Спустя 28 суток определяли прочность на сжатие, при испытаниях нагрузку также постепенно увеличивали до разрушения образцов.

Для определения водопоглощения образцов их взвешивали на весах. Затем образцы помещались в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм, температура воды в емкости составляла  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Через 24 часа после погружения образцов в воду их вынимали из воды, вытирали тканью, взвешивались на весах; на основании чего и определяли водопоглощение полученных материалов.

Истираемость цементно-полиамидных образцов определяли в возрасте 7 суток (ГОСТ 13087-81). Образцы для испытаний на круге истирания имели форму куба с ребром длиной 70 мм. Образцы испытывали сериями. Число образцов в серии три. Их устанавливали в специальные гнезда круга истирания. К каждому образцу (по центру) прикладывали сосредоточенное вертикальное усилие 300 Н, что соответствует давлению 60 кПа. На истирающий диск равномерным слоем насыпали первую порцию 20 г шлифзерна 160–200 мкм (ГОСТ 3647-80). После установки образца и нанесения на истирающий диск абразива включали привод круга и производили истирание. Через каждые 30 м пути истирания, пройденного образцами (28 оборотов на истирающем круге типа ЛКИ-2), истирающий диск останавливали. С него удаляли остатки абразивного материала и истертого в порошок бетона и насыпали на него новую порцию абразива и снова включали привод истирающего круга. Указанную операцию повторяли пять раз, что составляет один цикл испытаний (150 м пути испытания). После каждого цикла испытаний образец вынимали из гнезда, поворачивали на  $90^{\circ}$  в горизонтальной плоскости (вокруг вертикальной оси) и проводили следующие циклы испытаний. Всего проводили 4 цикла испытаний для каждого образца (общий путь истирания равен 600 м).

После четырех циклов испытания образцы вынимали из гнезд, обтирали сухой тканью, взвешивали и по потере массы на  $1 \text{ см}^2$  оценивали сопротивление истиранию исследуемых образцов.

#### Результаты исследований

Проведенные эксперименты показали, что оптимальный состав миксвещающего: П/Ц=0,056, что составляет 5% полиамида и П/Ц=0,026, что составляет 2,5% поливинилхлорида. Именно при таком соотношении наблюдается повышение предела прочности при изгибе полиамид-цементного материала на 47,7%, а поливинилхлорид-цементного на 40% (рисунок 1). Следует отметить, что при содержании в полученном материале 2,5% полиамида наблюдается повышение прочности при сжатии на 2,4% (рисунок 2).

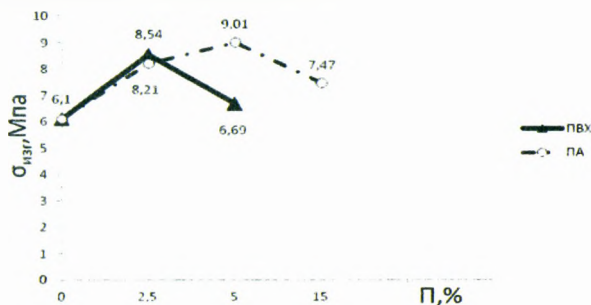


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при изгибе цементно-полиамидных образцов от содержания полимера

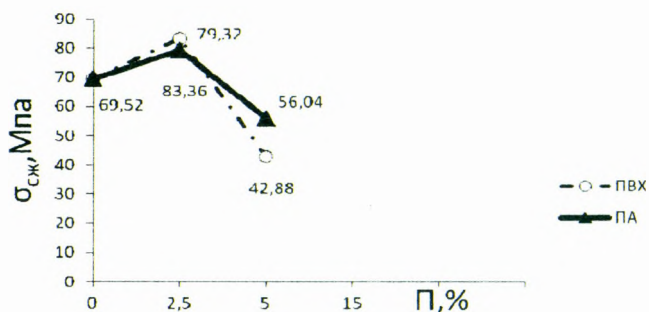


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности при сжатии цементно-полиамидных образцов от содержания полимера

Это можно объяснить тем, что полимерное связующее образует упругие прослойки между кристаллическими новообразованиями цементного вяжущего, адсорбируясь на его поверхности и благодаря высоким адгезионным свойствам органического связующего, повышает прочность и деформативность материала при изгибе. При дальнейшем увеличении содержания полимерной составляющей (более 5% ПА и 2,5% ПВХ) наблюдается снижение предела прочности полученных образцов на изгиб, что объясняется ослаблением внутренней структуры минеральной матрицы цементно-полимерных образцов. Полученные результаты подтверждаются также уменьшающимися значениями средней плотности (рисунок 3). Это также можно объяснить тем, что истинная плотность полиамида 1010–1140 кг/м<sup>3</sup>, поливинилхлорида 1350–1430 кг/м<sup>3</sup>, а цемента 3000–3200 кг/м<sup>3</sup>.

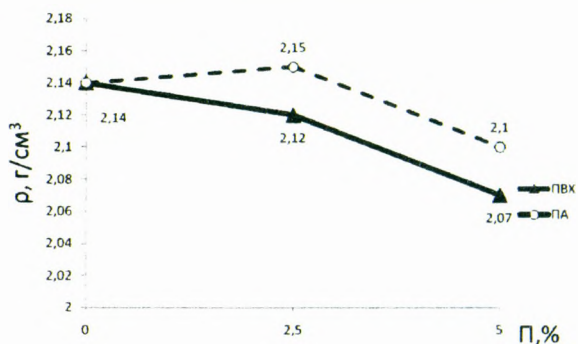


Рисунок 3 – Зависимость средней плотности цементно-полимерных образцов от содержания полимера

При содержании в цементно-полиамидном материале полимера более 2,5% увеличивается их водопоглощение в среднем на 18% вследствие того, что часть воды адсорбируется на частицах органического гидрофильного полиамидного связующего. В отношении ПВХ-цементных образцов при увеличении содержания полимера до 5% наблюдается уменьшение водопоглощения на 57,5%, что можно объяснить гидрофобностью этого полимера (рисунок 4).

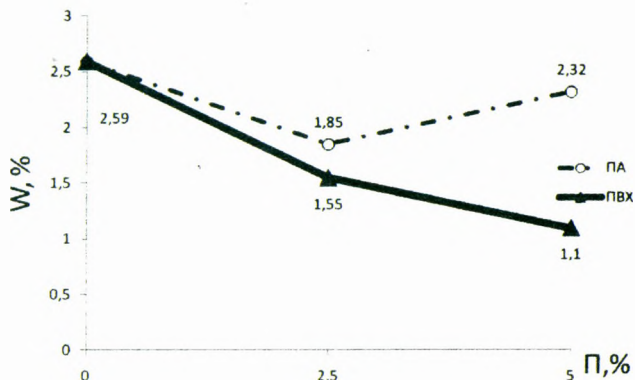


Рисунок 4 – Зависимость водопоглощения цементно-полимерных образцов от содержания полимера

Особенностью цементно-полиамидных материалов является их высокая износостойкость. Сопротивление истиранию возрастает с увеличением содержания в них полимерных добавок. Материал с содержанием вторичного полиамида в количестве 5 % (в пересчете на сухое вещество) массы цемента по износостойкости составляет  $0,18 \text{ г/см}^2$ , что свидетельствует о достаточно высокой износоспособности разработанного материала и следовательно, возможности применения его в дорожном строительстве.

Таким образом, при сравнении композиционных материалов, модифицированных вторичными ПА и ПВХ, пришли к выводу, что можно получить новые импортозамещающие материалы с повышенной прочностью на изгиб на 40–50%; улучшенными гидрофизическими свойствами и трибологическими характеристиками. Следовательно, оптимальная область применения цементно-полиамидных материалов: для конструкций, работающих на изгиб; для тонкослойных и дорожных покрытий и антифрикционных материалов, а ПВХ-цементные материалы помимо названных областей применения можно использовать для получения адгезивных и гидроизоляционных составов при отделочных и ремонтных работах.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
2. Баженов, Ю.М. Бетонполимеры. – М.: Стройиздат, 1983. – 472 с.
3. Попова, М.Н. Структура и свойства вторичных полиолефинов и поливинилхлорида: дис...д-ра хим. наук: 02.00.04/ М.Н. Попова. – М., 2011. – 380 л.
4. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: учеб. пособие / А.С. Клишков П.С. Беляев, М.В. Соколов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
5. Попова, М.Н. Строительные материалы и изделия на основе вторичного поливинилхлорида: дис...д-ра хим. наук: 05.23.05 / М.Н. Попова. – М., 1988. – 158 л.
6. Попов, К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики. – М.: Высш. шк., 1987. – 72 с.
7. Гринин, А.С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.