

## ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗОБЖИГОВОЙ ЧЕРЕПИЦЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Бул жумушта цемент-волластониттуу композициянын аралашмасынын негизинде эксплуатациялык касиети жогору куйгузулбогон черепица алынган анын ( $R_{\text{сыноо}} = 8,01-10,34$  МПа; сууга туруктуулугу – 25-30; суу откробойт).*

*В работе разработана новая строительная смесь для получения безобжиговой черепицы на основе цементно-волластонитовой композиции. Изделия обладают достаточно высокими эксплуатационными характеристиками ( $R_{\text{изг}} = 8,01-10,34$  МПа;  $M_{\text{рз}} - 25-30$ ; водонепроницаемы).*

*The opportunity reception of burnless tiles on the base of concrete composition, epitome of maintenance characteristics ( $R = 8,01-10,34$  МПа;  $M_{\text{rs}} - 25-30$ ; waterproof) developed in this work.*

За последние годы в структуре строительства в нашей республике произошел значительный сдвиг по возведению многоэтажных и малых гражданских зданий, в том числе индивидуальных жилых домов.

По данным отдела строительства мэрии г.Бишкек, доля индивидуального домостроения в общем объеме введенного жилья возросла от 6 % (1995) до 20 % (2008) и имеет тенденцию к дальнейшему увеличению. По данным Департамента индивидуального жилищного строительства, только в г.Бишкеке построено более 12 тыс. индивидуальных жилых домов.

Структурный сдвиг в жилищном строительстве отрицательно сказывается на обеспеченности этого сектора строительными материалами, и, в первую очередь, материалами для устройства кровли. Если для устройства

фундаментов и стен индивидуальных жилых домов пригодны материалы, используемые при строительстве многоэтажных зданий, то при устройстве кровли каждого малого здания требуется индивидуальный подход.

Кровельные материалы, используемые в современных домах, должны соответствовать требованиям по прочности, долговечности, высокой огнестойкости, стойкости к агрессивным средам, высоким декоративным качествам, низким затратам на устройство и дальнейшей эксплуатации, экологической чистоте материала и др.

Современные кровельные материалы не отвечают вышеперечисленным требованиям: асбестоцементные листы обладают низкими декоративными качествами, невысокой прочностью и разрушаются под воздействием кислой среды. В ряде европейских стран их применение запрещено по экологическим требованиям. Керамическая черепица подвержена разрушительному воздействию щелочей и лишайников, цветовая гамма ограничена, имеет высокую стоимость из-за энергоемкой технологии производства; металлические плоские листы требуют значительных затрат как на устройство несущих конструкций, так и на эксплуатацию кровли; рулонные мягкие кровли и листы на основе битума не долговечны и требуют сплошной обрешетки кровли.

Анализ свойств различных кровельных материалов показывает, что изыскание наиболее подходящего материала, отвечающего всем требованиям, предъявляемым к кровельным материалам, является актуальным. Проведенные работы посвящены исследованию и разработке новой сырьевой смеси с использованием местных материалов: портландцемента КЦШК М400, золы-уноса отходов ТЭЦ г.Бишкек и волластонитовой породы Макмальского месторождения.

Вопрос использования золы как добавки в портландцемент и бетон достаточно исследован. Однако совместное использование портландцемента, золы и волластонита мало исследовано и требует дальнейшей апробации для

выпуска различных строительных материалов, в том числе безобжиговой черепицы.

Безобжиговая цементно-песчаная черепица производится из мелкозернистого бетона (МБЗ).

Мелкозернистый бетон является одним из эффективных видов бетона в виду того, что появляется возможность использования отходов промышленности (зол, шлаков), повышается долговечность изделий.

МБЗ практически применим для широкой номенклатуры изделий из бетона и железобетона. Исключение могут составлять наружные стеновые панели, изготавливаемые из легкого и ячеистого бетонов, а также несущие конструкции длиной 12 м и более (строительные балки, фермы и т.д.).

Исследования Ю.М.Баженова, А.В.Волженского послужили толчком к развитию технологии МЗБ в бывшем СССР. В настоящее время одним из перспективных направлений производства бетонных и железобетонных изделий считается изготовление их из МЗБ.

Свойства МЗБ определяются соотношением компонентов П:Ц, водопотребностью смеси, способом уплотнения, свойствами используемого песка и цемента, использованием добавок и способом ускорения твердения бетона.

При прочих равных условиях МЗБС менее подвижна, чем обычная бетонная смесь [14]. При равных В/Ц подвижность МЗБ меньше, чем обычной бетонной смеси. Так, при В/Ц=0,55 подвижность МЗБС составляет 2 см, а обычной бетонной смеси – 4 см, при В/Ц = 0,65 – соответственно 7 и 9,5 см.

Прочностные характеристики МЗБ, в первую очередь, зависят от его состава Ц:П и В/Ц. С увеличением расхода цемента прочность повышается. Однако при пониженных В/Ц прочность образцов проходит через максимум и снижается из-за недоуплотнения бетонной смеси ввиду ее недостаточной удобоукладываемости.

На прочность МЗБ определенное влияние оказывает его плотность, которая обеспечивается, при прочих равных условиях, правильным подбором В/Ц. Чем больше расход цемента, тем меньше оптимальные значения В/Ц, при котором МЗБ имеет наибольшую прочность и плотность. И, наоборот, с уменьшением расхода цемента оптимальная прочность и плотность МЗБ достигается при более высоких значениях В/В.

Отличительная особенность МЗБ – это повышенный расход цемента, снижение которого может быть достигнуто использованием зол ТЭЦ, отсевов песка.

В Киевском инженерно-строительном институте были проведены исследования по получению МЗБ для изготовления фигурных элементов мощения при использовании в качестве заполнителя мелкого песка и уплотняющей добавки – золы-уноса Ладыжинской ГРЭС.

Проведение исследований по изучению влияния макро- и микрозаполнителей, водосодержания и пластифицирующих добавок на основные физико-технические свойства МЗБ показало, что при использовании в качестве заполнителя с модулем крупности 1,58, в смеси с гранитным отсевом и золой-уносом Ладыжинской ГРЭС при соотношении, обеспечивающем максимальную плотность, имеется возможность получить фигурные элементы мощения марки 400.

Многочисленные труды научных и инженерно-технических работников строительной отрасли посвящены вопросу использования золы в производстве бетона. Используя золу ТЭЦ, можно управлять процессами структурообразования, регулировать подвижность бетонной смеси, скорость твердения и прочность в заданном возрасте.

Основными рычагами управления являются доля золы в смешанном вяжущем, удельный расход золоцементного вяжущего в бетоне и водовяжущий фактор.

В настоящее время золу-унос используют в бетоне по трем направлениям: зола как добавка взамен части цемента; зола взамен части

песка; зола в качестве самостоятельного компонента (активного микрозаполнителя).

Так как основные золы с высоким содержанием оксидов кальция обладают способностью к самостоятельному твердению, которая еще более усиливается при щелочной активации, а кислые золы обладают достаточно высокой гидравлической активностью, то первоначально золы нашли применение в бетоне как частично заполняющий цемент компонент. При этом количество вводимой золы невелико (до 10-20 % от массы цемента, что составляет 20-50 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона). При этом водопотребность бетонной смеси изменялась незначительно. Замена 20-25 % цемента (при расходе 280-360 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона) золой-уносом Запорожской или Ладыжинской ГРЭС с удельной поверхностью 3000-4000 см<sup>2</sup>/г приводит к некоторому снижению водопотребности. При использовании золы высокого качества (высокая дисперсность, отсутствие или низкое содержание несгоревших угольных частиц) такое явление наблюдается и при более высоких долях замены цемента. Снижение водопотребности бетона было отмечено даже при замене в его составе до 57 % цемента золой Южно-Кузбасской ГРЭС с удельной поверхностью 4500 см<sup>2</sup>/г при общем расходе вяжущего до 350 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Основной задачей проведенных работ по изысканию новой строительной смеси является получение изделий с высокими прочностными показателями, повышение качественных эксплуатационных свойств и расширение местной сырьевой базы.

В условиях производства ССПП ОАО «Кыргызалтын» была изготовлена опытная партия безобжиговой черепицы на основе предлагаемой сырьевой смеси из местного сырья. Изготавливалась франкфуртская черепица на действующей на предприятии установке. Размер черепицы 420x330x13 мм.

В качестве сырьевых материалов были использованы портландцемент М400; зола БТЭЦ; измельченная волластонитовая порода Макмальского месторождения, песок Ивановского месторождения.

За базовый состав сырьевой смеси был принят разработанный в лабораторных условиях состав, %: цемент- 15; зола – 25; волластонит – 50, песок - остальное.

Предварительно цемент с золой и песком был перемешан в лабораторной шаровой мельнице, а волластонит измельчен отдельно до дисперсности, соответствующей максимальному диаметру частиц( $d_{max}$ ), равному 0,125 мм.

Дозирование материалов производилось вручную. Сырьевая смесь готовилась в лабораторной бетономешалке.

Формование образцов черепицы производилось путем регулирования толщины полученных образцов (13 мм). Через сутки после формования образцы подвергались тепловлажностной обработке в пропарочной камере предприятия по режиму 2-8-2 при температуре 75-80 °С.

Испытание образцов производилось путем отбора требуемого по ГОСТу количества изделий.

Масса во влажном состоянии составляет  $m = 4,355$  кг. После сушки образцов при температуре 60 °С в сушильном шкафу в течение 6 часов масса составляет 3,85 кг. Масса образца, высушенного в естественных условиях,  $m = 3,88$ . Масса 1 м<sup>2</sup> составляет 38,6 кг.

Были проведены испытания пропаренных образцов через 28 суток твердения.

Размеры образцов определялись металлической линейкой и штангенциркулем с точностью до 1 мм.

Размеры черепицы: 420x330x13 мм.

Искривления поверхности и ребер определялись измерением с точностью до 1 мм наибольшего зазора между поверхностью и ребром

свободно лежащей черепицы и выверенной поверхностью опорной плоскости.

Искривлений поверхности и ребер не имеется.

Испытание прочности черепицы на изгиб производилось следующим образом.

Перед испытанием нижняя поверхность выравнивалась по уровню двумя поперечными полосами из гипсового раствора шириной 2-3 см, расположенными в местах опирания черепицы на опоры. На верхней поверхности посередине черепицы таким же образом делалась одна поперечная полоса на месте приложения нагрузки.

Испытываемая черепица укладывалась на двух жестких параллельных опорах с расстоянием между опор 300 мм на прессе марки ПСУ-125.

Разрушающая нагрузка передавалась через брусок посередине между опорами и равномерно распределялась по всей линии соприкосновения бруска с черепицей.

Показания силометра 1500 кгс.

$$R_{\text{изг}} = 3PL/2bh^2 = 3 \cdot 1500 \cdot 300 / (2 \cdot 300 \cdot (13)^2) = 12,1 \text{ МПа.}$$

Вес 1 м<sup>2</sup> покрытия из черепицы в насыщенном водой состоянии определялся следующим образом.

Образцы черепицы укладывались в сосуд с водой при комнатной температуре 20 °С ±5°С в один ряд подкладки так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха черепицы на 2 и более см, выдерживались в течение 2 часов и взвешивались с точностью до 1 г. Затем еще выдерживались дважды в воде и взвешивались с целью достижения постоянного веса. Средний вес одной черепицы в насыщенном состоянии

$$m = 4,4156 \text{ кг;}$$

$$1 \text{ м}^2 = 10 \text{ шт.}$$

$$\text{Вес } 1 \text{ м}^2 \text{ черепицы равен } m = 44,16 \text{ кг.}$$

Водонепроницаемость черепицы определялась следующим образом.

На лицевой поверхности черепицы приклеивался сосуд стеклянный с трубкой диаметром 25 мм, заполненный водой с помощью гипсовой замазки. Таким образом образцы выдерживались в течение суток. На нижней стороне не появилась капля воды. Черепица водонепроницаема.

Морозостойкость черепицы определялась по ГОСТ 7025.

Черепица выдержала 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Физико-механические характеристики изделий приведены в табл.1

Таблица 1

Физико-механические характеристики безобжиговой черепицы

Размеры черепицы, мм	m <sub>w</sub> , кг	Масса после сушки		R <sub>изг</sub> , МПа	Масса 1 м <sup>2</sup> покрытия, в кг	Мрз	Водонепроницаемость
		m <sub>1</sub> , в шкафу	m <sub>2</sub> в ест. усл.				
421x331x13,1	4,360	3,82	3,87	12,5	44,2	25	Водонепроницаема
420,5x330x13	4,350	3,79	3,81	12,7	44,4	25	Водонепроницаема
420x330,5x13	4,370	3,83	3,90	12,6	44,5	25	Водонепроницаема

Как видно из данных табл.1, полученные изделия характеризуются улучшенными эксплуатационными свойствами.

Использование волластонитовой породы в составе смеси для получения безобжиговой черепицы способствует повышению качественных характеристик изделий. Этот факт можно объяснить особенностями гидратации предлагаемой смеси, в которой в качестве заполнителей используются зола БТЭЦ и волластонитовая порода Макмальского месторождения. Зола БТЭЦ является весьма активным компонентом благодаря химико-минералогическому составу и шероховатой поверхности частиц. Минеральный состав золы весьма сложный. Активность золы зависит от количества стеклофазы. Кроме того, имеющиеся в составе силикаты и алюминаты кальция гидратируются в процессе твердения массы.

Известно, что активация зольной составляющей происходит при совместном помолу с цементом. Поэтому предварительное смешивание и



помол золы с цементом также способствуют активации зольных частиц, которые принимают участие в гидратации цементнозольной композиции.

Особая роль в процессе гидратации отводится волластонитовой породе. Как было установлено, в породе содержится 30-35 % волластонита и 50-60 % карбонатов. Установлено, что благодаря кристаллической структуре и химическому составу ( $\text{CaO SiO}_2$ ) волластонит обладает сродством к клинкерным минералам, которые и способствуют процессу твердения и набора прочности. Кроме того, удлиненные кристаллы волластонита играют роль каркаса и затравки для твердеющей массы. Содержащиеся в породе карбонаты кальция и магния в процессе дробления и помола активизируются, в процессе гидратации способствуют упрочнению контактной зоны цементного камня с заполнителем ввиду образования гидрокарбоалюминатов кальция.

- Кристаллическая структура волластонита повышает прочность цементного камня на излом, что весьма важно для черепицы.

- Вытянутые удлиненные кристаллы волластонита играют роль каркаса и затравки при кристаллизации новообразований при гидратации клинкерных минералов.

Выводы:

- Установлена возможность получения безобжиговой черепицы на основе цементно-волластонитовой композиции, обладающей достаточно высокими эксплуатационными характеристиками ( $R_{\text{изг}} = 8,01-10,34$  МПа,  $M_{\text{рз}} = 25-30$ , водонепроницаемы).

- Ввиду особенностей структуры и химико-минералогического состава волластонита использование его в качестве наполнителей обусловлено активным участием его в процессе структурообразования композитов, при этом волластонит играет армирующую роль в этих композициях, обеспечивая повышенные прочностные показатели на изгиб.

- Установлено, что использование более крупных игольчатых кристаллов волластонита (фракции 0,125 мм) способствует большей

консолидации смеси за счет пластифицирующего действия на смеси существенно повышает сопротивляемость изделий изгибающим (растягивающим) нагрузкам. Мелкие фракции волластонита, обладая также адсорбционными и структурообразующими свойствами, способствуют повышению прочности на сжатие.

- Результаты проведенных опытно-промышленных испытаний показали, что на основе местных сырьевых материалов получена безобжиговая черепица, соответствующая по физико-механическим свойствам требованиям действующей технической документации (ТУ575620-001-00824646.99). Технические условия. Цементно-песчаная черепица.

Использование в качестве сырьевых материалов некондиционной по содержанию волластонита волластонитовой породы, обладающей химико-минералогическим сродством к клинкерным минералам портландцемента, способствует повышению качественных и эксплуатационных характеристик безобжиговой черепицы и снижению расхода цемента.

Замена части дорогостоящего цемента золой, которая является отходом промышленности, способствует снижению себестоимости продукции и попутному решению экологической проблемы.

Расчет экономической эффективности выпуска безобжиговой черепицы показывает, что экономическая эффективность составляет 80510 сомов при условии выпуска 10 000 м<sup>2</sup> черепицы.

### **Список литературы**

1. Мороз И.П. Технология строительной керамики. - Киев: Вища школа, 1972. - 411 с.
2. Попов К.Н., Каддо М.Б., Современные материалы // Кровельные строительные материалы. – 1999. - № 12. - С. 5-7.
3. Обустройство и ремонт. – 2004. -.№ 3. - С. 12-14.

4. Бетоны на основе золы и шлаке ТЭЦ и комплексное использование их в строительстве. //Сб.докл.Всес.научно-технической конф. – Новокузнецк, 1990. Т. 1-2.
5. Караханиди С.Г. Использование природных сырьевых материалов и попутных продуктов промышленности в производстве строительных материалов. //Обз.информ. КыргызНИИТИ, 1990.
6. Баженов Ю.И. Высокопрочный мелкзернистый бетон для армоцементных конструкций. -М.: Стройиздат, 1963. - С.128.
7. Пути использования вторичных ресурсов для производства строительных материалов и изделий: Тезисы докл. весоюзн.совещания. - Чимкент, 1986.
8. Абдыкалыков А.А. Экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполненных композиционных материалов.- Бишкек, 1999.
9. Абдыкалыков А.А., Абылов С.А. Безобжиговая черепица на основе цементно-воластонитовой композиции //Материалы научно-техн. конф. «Проблемы развития малых городов и п.г.т. в КР». – Бишкек: Кыргызпатент, 2002. - С.94-96.
10. Воластонит. - М.: Наука, 1982.
11. Жекишева С.Ж., Калманов Д.К. и др. Воластонитовые породы Кыргызской Республики и перспективы их использования. - Бишкек: Илим, 1994.