

УДК 691.328.5

**Мухаметрахимов Р.Х.** – аспирант

E-mail: [muhametrahimov@mail.ru](mailto:muhametrahimov@mail.ru)

**Изотов В.С.** – доктор технических наук, профессор

E-mail: [v\\_s\\_izotov@mail.ru](mailto:v_s_izotov@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

**Гревцев В.А.** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

**Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых**

## **ФИБРОЦЕМЕНТНЫЕ ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СМЕШАННОГО ВЯЖУЩЕГО**

### **АННОТАЦИЯ**

Разработан состав эффективного цементно-волокнистого материала, модифицированного добавками каолина и полиакриламида (ПАА). Проведены исследования процесса контракции и тепловыделения при гидратации ПЦ с модифицирующими добавками. Исследованы физико-технические свойства фиброцементных образцов с добавлением каолина и ПАА. Описана структура ФЦП на основе модифицированного смешанного вяжущего.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** фиброцементные плиты, целлюлозные волокна, модифицированное смешанное вяжущее.

**Mukhametrakhimov R.Kh.** – post-graduate student

**Izotov V.S.** – doctor of technical sciences, professor

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

**Grevcev V.A.** – candidate of mathematical sciences, senior research fellow

**Central Research Institute of Geology of Non-Metallic Minerals**

## **FIBER CEMENT SLAB ON THE BASIS OF MODIFIED MIXED CEMENTING**

### **ABSTRACT**

The composition of the effective cement-fiber material modified with kaolin and polyacrylamide (PAA). The studies of contraction and heat during hydration of PCs. The physico-technical properties of fiber-cement samples with the addition of kaolin and PAA. Described the structure of FTP based on a modified mixed binder.

**KEYWORDS:** fiber cement boards, cellulose fibers, modified mixed binder.

Значительным резервом повышения эффективности строительства является снижение материалоемкости и использование вторичных ресурсов при производстве строительных материалов. Это становится возможным при широком применении прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий, последовательном сокращении расхода материальных и трудовых ресурсов на единицу продукции. В целях ресурсосбережения целесообразно наращивать темпы использования древесных отходов и эффективных строительных материалов на их основе [1]. К таковым относятся фибролит, арболит, цементно-стружечные плиты, скопобетон, ксилолит, фиброцемент.

Фиброцементные плиты (ФЦП) представляют собой искусственный композиционный каменный строительный материал, получаемый в результате затвердевания смеси, состоящей из цемента, волокон ( $\approx 5-20$  % от массы цемента) и воды. Наиболее распространенным видом фиброцемента являются асбестоцементные изделия. Однако асбестовые волокна относятся к канцерогенным материалам, поэтому во многих странах мира, особенно в тех, в которых отсутствуют природные запасы асбеста, ведутся исследования, направленные на частичную или полную замену асбеста другими видами волокон органического или неорганического происхождения.

Проблема замены асбеста (полностью или частично) в производстве асбестоцементных изделий другими видами волокон давно привлекала внимание специалистов. Исследования в этой области ведутся во многих странах, в том числе и у нас. На основе проведенной ВНИИ-проектасбестцементом работы по созданию цементно-волокнистых изделий с частичной (до 50 %) заменой асбеста целлюлозными волокнами на Воскресенском комбинате «Красный строитель» были изготовлены асбестоцеллюлозноцементные листы, предназначенные для внутренней отделки зданий [2].

Наиболее значительный эффект может быть достигнут при внедрении новых безасбестовых цементно-волоконных материалов на действующих традиционных технологических линиях по производству асбестоцементных листов с максимальным использованием имеющегося оборудования.

Матрица в армированных композициях придает изделию необходимую форму, создает монолитный материал. Объединяя в одно целое многочисленные волокна, матрица позволяет композиции воспринимать различного рода внешние нагрузки (растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг и т.д.). В то же время матрица сама принимает участие в создании несущей способности композиции, обеспечивая передачу усилий на волокна [3].

Существующие фиброцементные плиты содержат в своем составе 80-90 % цемента и 10-20 % различных добавок, что, безусловно, не в полной мере отвечает экономичности, конкурентоспособности и прогрессивности технологии производства. Для повышения эффективности фиброцементных материалов автоклавного твердения представляет интерес модифицирование фиброцементной матрицы введением в состав активной минеральной добавки – каолина.

Ранее выполненные нами исследования [4, 5] позволили получить фиброцементные плиты автоклавного твердения на основе целлюлозного волокна средней плотностью 1500-1600 кг/м<sup>3</sup> и пределом прочности при изгибе до 25 МПа, водопоглощением – 15 %.

Цель настоящих исследований состояла в повышении физико-технических характеристик ФЦП путем введения в состав вяжущего активной минеральной добавки – каолина – и модифицированием полученной композиции добавкой ПАА. ПАА является не только флокулянт, но и эффективным связующим. Заряженные положительно за счет амидных и карбоксильных групп молекулы ПАА способствуют связыванию целлюлозных волокон [6].

Для подтверждения теоретических выводов проведены физико-механические испытания образцов-плиток контрольного состава, с добавлением каолина в состав вяжущего (3, 9, 18, 27, 36, 45 %) и ФЦП с добавлением ПАА в количестве 0.05, 0.10, 0.15 % от массы цемента.

Исследования влияния различных видов добавок ПАА на кинетику гидратации ПЦ выполнено нами в работе [7], определена наиболее эффективная марка ПАА – «Besfloc 4046», выбранная нами для данного исследования.

Кинетику процесса гидратации цемента изучали путем систематического определения количественного показателя кинетики тепловыделения и контракции портландцемента системы и последующего анализа изменения его во времени. На гидратацию полиминеральных цементов влияет много факторов, поэтому кинетику гидратации цемента изучали параллельно на одних и тех же образцах двумя методами и сопоставляли полученные результаты.

Исследования тепловыделения проводились термосным методом с использованием измерительного комплекса «Термохрон Ревизор TCR-#» с частотой регистрации температуры 15 минут, результаты приведены на рис. 1а, 1б.

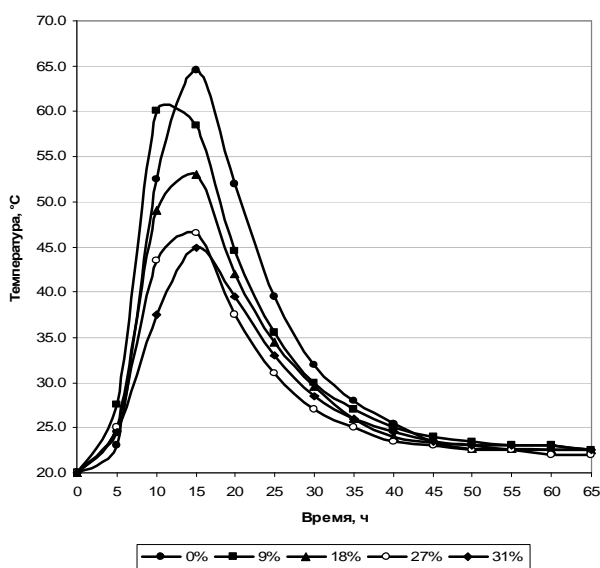


Рис. 1а. Кинетика тепловыделения смешанного вяжущего

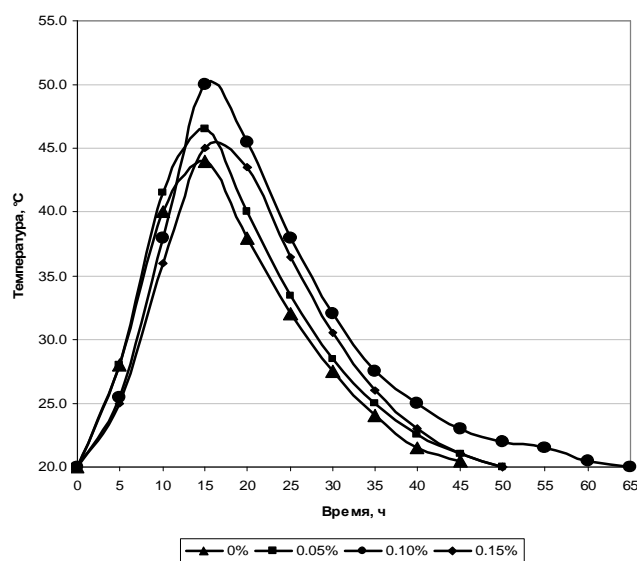


Рис. 1б. Кинетика тепловыделения цементного теста с добавкой ПАА

Исследования тепловыделения при гидратации ПЦ показали, что введение ПАА в цементное тесто (рис. 1б) в зависимости от концентрации оказывает различное влияние на ход и кинетику гидратации портландцемента. Достижение температурного максимума на кривых гидратации портландцемента с содержанием ПАА до 0,1 % свидетельствует об интенсификации гидратации в начальный период твердения. Увеличение количества ПАА в составе более 0,1 % приводит к замедлению процесса гидратации цемента и снижению температурного максимума. Также и удельное тепловыделение портландцемента во все сроки гидратации растет с увеличением содержания ПАА до 0,1 % и снижается при дальнейшем увеличении его дозировки.

Введение каолина в количестве 9 % от массы цемента незначительно снижает удельное тепловыделение, однако при содержании каолина более 9 % снижение температурного максимума и удельного тепловыделения выражено значительно (рис. 2б). На наш взгляд, это связано главным образом с уменьшением количества наиболее активной фазы – портландцемента.

Исследования процесса контракции смешанного вяжущего и контракции ПЦ с добавками ПАА проводили на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз» НПП Интерприбор в соответствии с методиками МИ 2486-98 и МИ 2487-98. Результаты приведены на рис. 2.

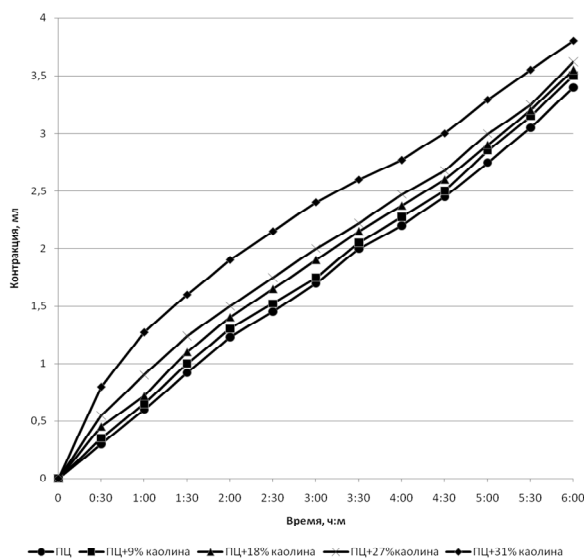


Рис. 2а. Контракция теста смешанного вяжущего

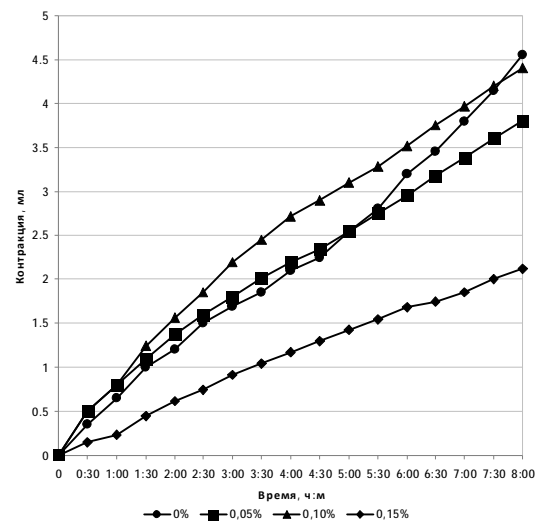


Рис. 2б. Контракция цементного теста с добавкой ПАА

Как видно из рис. 2, введение добавки каолина в количестве 9, 18 и 27 % не оказывает существенного влияния на процесс контракции вяжущего, а с увеличением концентрации добавки до 31 % контракция повышается, что свидетельствует о положительном влиянии активной минеральной добавки на процесс гидратации портландцемента и обуславливает увеличение объема и скорости гидратных новообразований за данный период. Введение ПАА в количестве 0,05-0,1 % не оказывает существенного влияния на процесс контракции ПЦ, однако с увеличением концентрации добавки более 0,1 % процесс контракции ПЦ замедляется, вследствие чего удлиняется индукционный период гидратации.

Физико-механические испытания ФЦП подтвердили теоретические выводы. Получена математическая зависимость предела прочности при изгибе ФЦП от содержания каолина в составе матрицы, которая выражается полиномом третьей степени следующего вида:  $R_{изг} = -9E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,273x + 10,36$ ; согласно которой максимальные показатели достигаются при содержании каолина 22-31 % от массы ПЦ. Введение в состав 9, 18, 27 % каолина повышает предел прочности при изгибе ФЦП автоклавного твердения на 27, 36 и 42 % соответственно. Увеличение содержания добавки каолина более 31 % приводит к снижению прочности.

В ходе экспериментальных исследований отмечено, что введение в состав более 0,10 % ПАА затрудняет фильтрационную способность фиброцементной массы при прессовании из-за высокой водоудерживающей способности композиции.

Зависимости относительного предела прочности при изгибе ФЦП на основе модифицированного смешанного от количества добавки ПАА приведены на рис. 3.

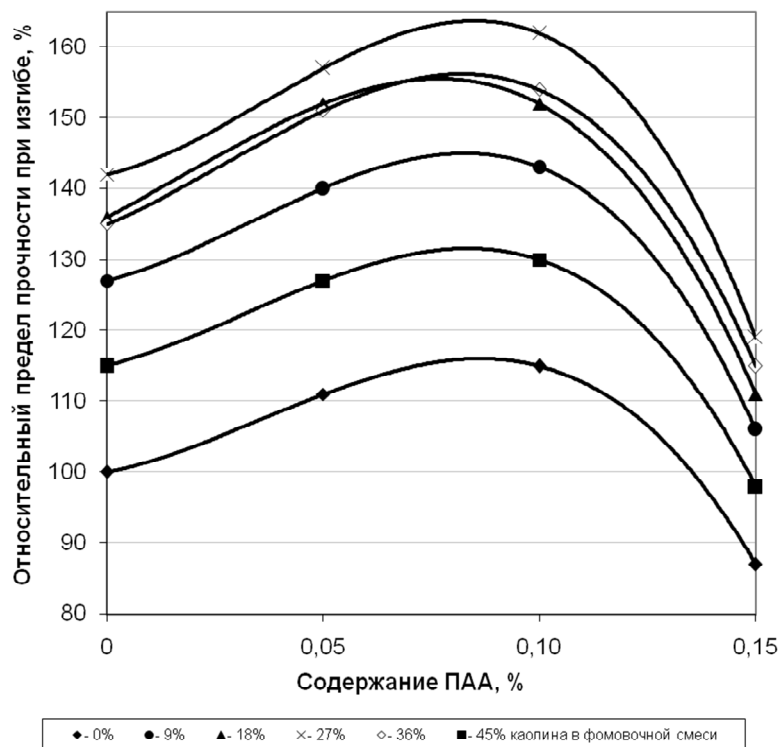


Рис. 3. Зависимость относительного предела прочности при изгибе ФЦП на основе модифицированного смешанного вяжущего от количества добавки ПАА

Контактную зону матрицы и целлюлозного волокна изучали с помощью растровой электронной микроскопии. Исследования проведены на растровом электронном микроскопе РЭМ-100У.

Как следует из электронно-микроскопических снимков (рис. 4, 5), структура ФЦП представляет собой пряди тонких волокон целлюлозы, соединяющихся в монолит продуктами гидратации смешанного вяжущего. Наличие волокон целлюлозы обуславливают прочность и жесткость конгломерата, связующее предохраняет волокно от агрессивных явлений окружающей среды, обеспечивает взаимодействие между волокнами при механических и других воздействиях. На рис. 4 (x50) видна общая картина структуры цементно-волоконистой плиты на участке излома. Структура характеризуется сравнительно однородным, хаотическим распределением целлюлозных волокон с отдельными включениями частиц песка. Волокна расположены преимущественно параллельно плоскости прессования, этим объясняется повышенная прочность при изгибе. При увеличении x1000 (рис. 5) видны скопления безформенных субмикрористаллических структур, представляющих низкоосновные гидросиликаты кальция, отличающиеся высокой степенью дисперсности.

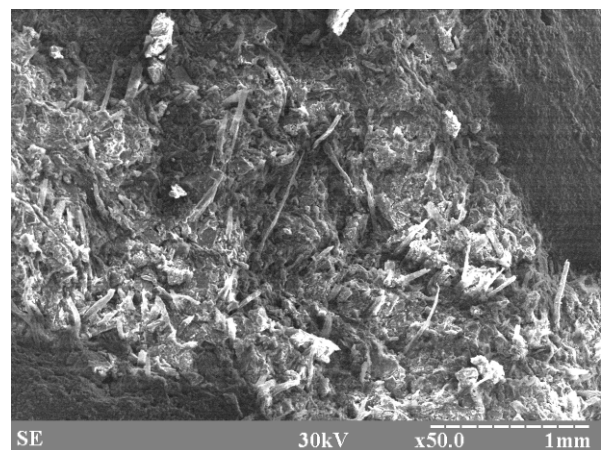
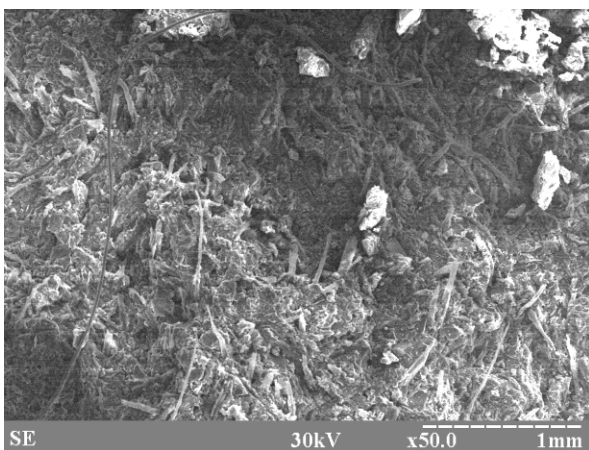


Рис. 4. Общая картина излома цементно-волоконистой плиты (x50)

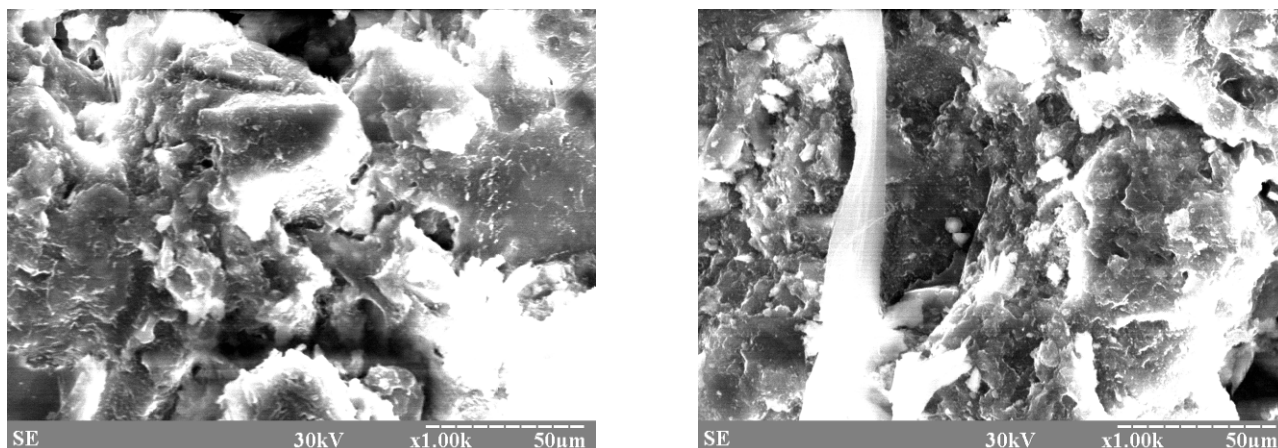


Рис. 5. Волокнистые образования гидросиликатов кальция (x1000)

**Выводы.** Выполненные исследования показали возможность повышения эффективности фиброцементных плит автоклавного твердения модификацией вяжущего. Установлено, что ведение в состав активной минеральной добавки – каолина в количестве 18-27 % – увеличивает предел прочности при изгибе ФЦП на 27-45. Модифицирование композиции добавкой ПАА в количестве 0,05-0,10 % от массы цемента увеличивает предел прочности при изгибе на 10-15 % и улучшает технологические свойства фиброцементной суспензии и свежееотформованных листов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наназшвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
2. Григорьева Л.С., Рабей М.Б., Сулейман О.В., Фишер И.М. Цементно-волоконистые изделия с частичной заменой асбеста целлюлозным волокном // Строительные материалы, 1992, № 10. – С. 25-26.
3. Композиционные материалы волокнистого строения. Уч. пособие. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1970. – 403 с.
4. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния состава матрицы фиброцементного композиционного материала на его физико-технические свойства // Сборник статей Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», г. Пенза, 2010. – С. 136-138.
5. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Технология получения цементно-волоконистого композиционного материала для изготовления фиброцементных плит // Сборник статей 8-ой международной научно-технической конференции «Материалы и технологии XXI века». – Пенза, 2010. – С. 105-106.
6. Комаров В.И. Влияние расхода катионного полиакриламида в кислой и щелочной средах на вязкоупругие свойства бумаги // Известия вузов. Лесной журнал, 2001, № 4. – С. 86-97.
7. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Структура и свойства модифицированных фиброцементных композиций // Материалы XV академических чтений РААСН – международной научно-технической конференции. – Казань, 2010. – С. 331-334.