

## ФИЗИЧЕСКИЙ И МЕХАНИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР ЯЧЕИСТЫХ АВТОКЛАВНЫХ БЕТОНОВ И МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИИ

**Аль Хашими Омар Исмаел Мохаммед**

аспирант

Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, Белгород

**Аннотация.** Представлен комплексный анализ состава, структуры и свойств ячеистых автоклавных бетонов ограждающих конструкции зданий и сооружений. Дана методика определения модуля деформации ячеистого автоклавного бетона с учетом карбонизации и требований для поддержания ремонтных свойств и сейсмостойкости. Предложен порядок определения ползучести ячеистого автоклавного бетона с учетом его карбонизации диоксидом углерода в атмосфере.

**Ключевые слова:** бетон, железобетон, напряжение, повторная загрузка, деформация-нормальное сечение, диаграмма.

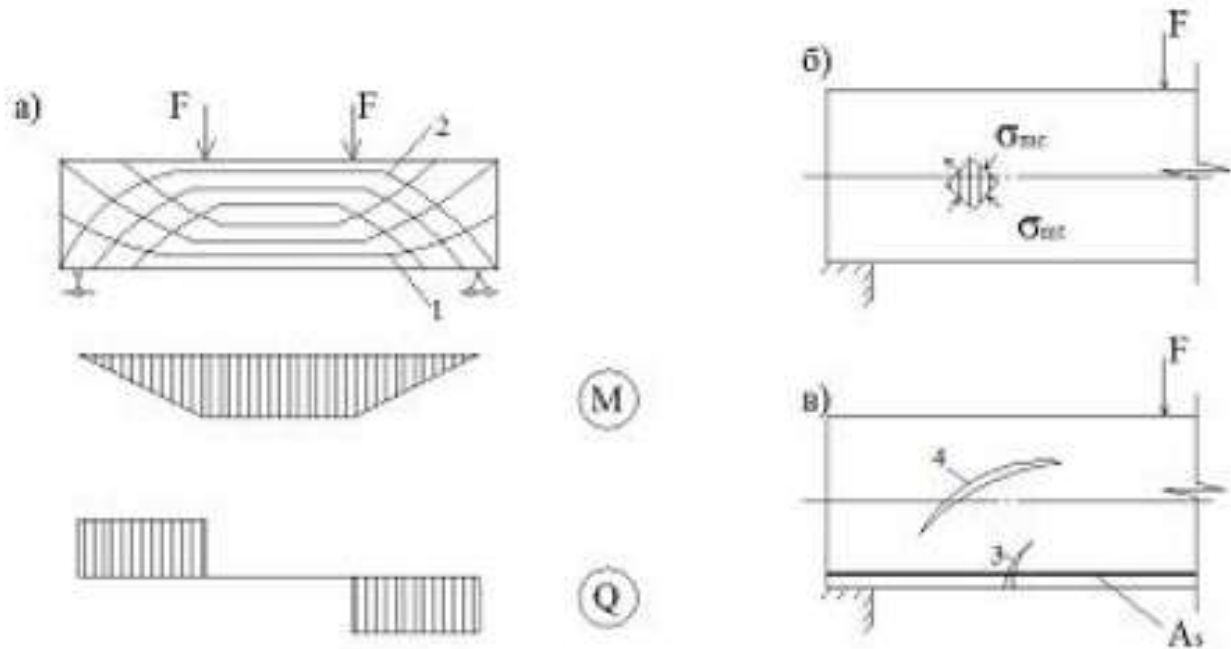
Железобетон – это искусственный композиционный материал, в котором целесообразно использовать свойства бетона, которые хорошо устойчивы к сжимающим силам и арматуре из стали, углеродного волокна, дерева и т.д. Например, пучок, который слабо поддерживается на двух опорах, обрушивается при относительно низких нагрузках. В результате в нижней зоне растяжения бетон достигает своей предельной прочности на растяжение, и в нем образуются трещины, тогда как в верхней сжатой зоне прочность бетона все еще далека от максимальной. Если в растянутую зону ввести небольшое количество стальных прутков (обычно до 3 % бетонной секции), все достигнутые усилия растягивающего напряжения в бетоне и железобетонных несущих балках увеличиваются во много раз. Поэтому при расчете и строительстве железобетонных конструкций обычно растягивающее усилие переносятся на армирующие, а сжимающие силы на бетон.

На рисунке 1 показаны направления основного (т.е. максимального) сжатия  $\sigma_{mc}$ , а основное растягивающее напряжение  $\sigma_{mt}$ , возникающее из состояния плоского напряжения под действием нормального и касательного напряжений, действует под углом к оси. Если основные растягивающие напряжения  $\sigma_{mt}$  превышают значения удельного сопротивления прочности на разрыв  $R_{bt}$ , на арматуру, продольную, поперечную и, в общем, возможную изогнутость, наклонены трещины и силы. При дальнейшем увеличении нагрузки наклонные трещины открываются, и на заключительной стадии элемент разрушается из-за дробления бетона над верхней частью наклонной трещины и развития напряжений в поперечных стержнях – зажимах до предельных значений, тогда как напряжения в продольной арматуре могут не достигать предельных значений.

Существует два типа наклонных трещин:

- трещины первого типа начинаются с протянутой кромки элемента сначала в нормальном сечении, а затем наклоняются вдоль траектории основных сжимающих напряжений;

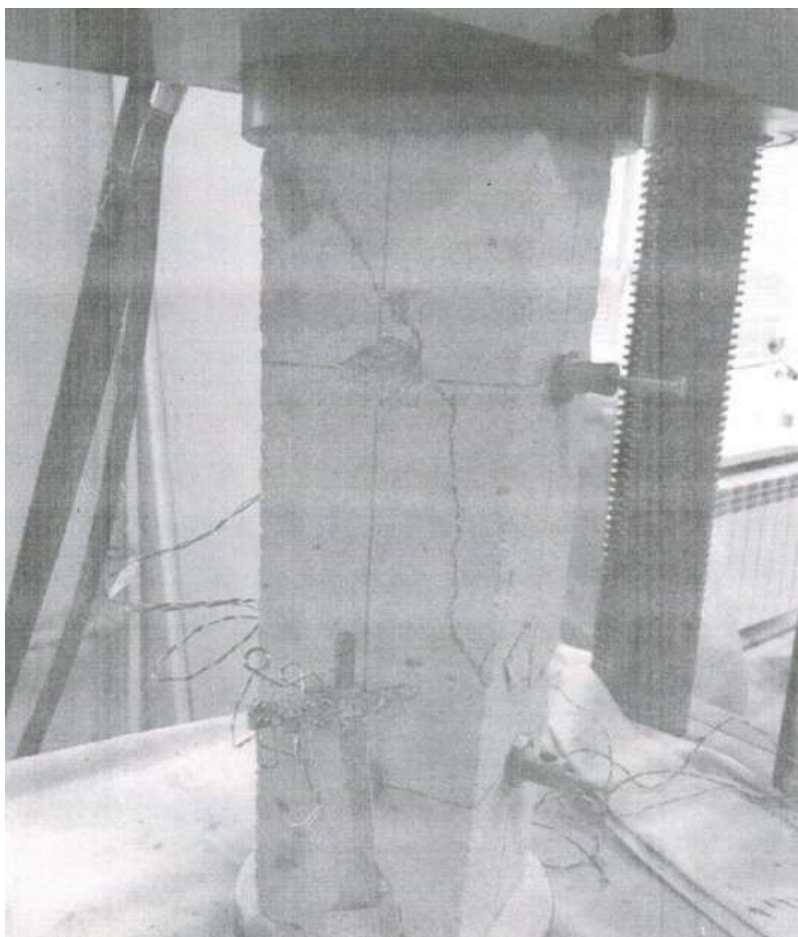
- трещины второго типа образуются в средней зоне поперечного сечения. Причиной их возникновения являются основные растягивающие напряжения  $\sigma_{mt}$ .



- а – расчетная схема балки, линии действия главных растягивающих  $\sigma_{mt}$  (1) и главных сжимающих  $\sigma_{mc}$  (2) напряжений, эпюры M и Q
- б – напряженное состояние наклонного сечения
- в – типы наклонных трещин (3 – первый тип, 4 – второй тип)

**Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние изгибаемых балок в приопорных зонах**

В [4] подробно рассмотрено напряженно-деформированное состояние наклонных участков железобетонных балок и их прочность. В [1], [2], [3] приведены данные о прочности наклонных участков в балках с газобетонами. Этот материал с точки зрения изучения данного вопроса имеет некоторые преимущества, а именно отсутствие большого агрегата, что позволяет использовать тензодатчики с малой базой в гнездах и, следовательно, более точно интерпретировать результаты измерений.

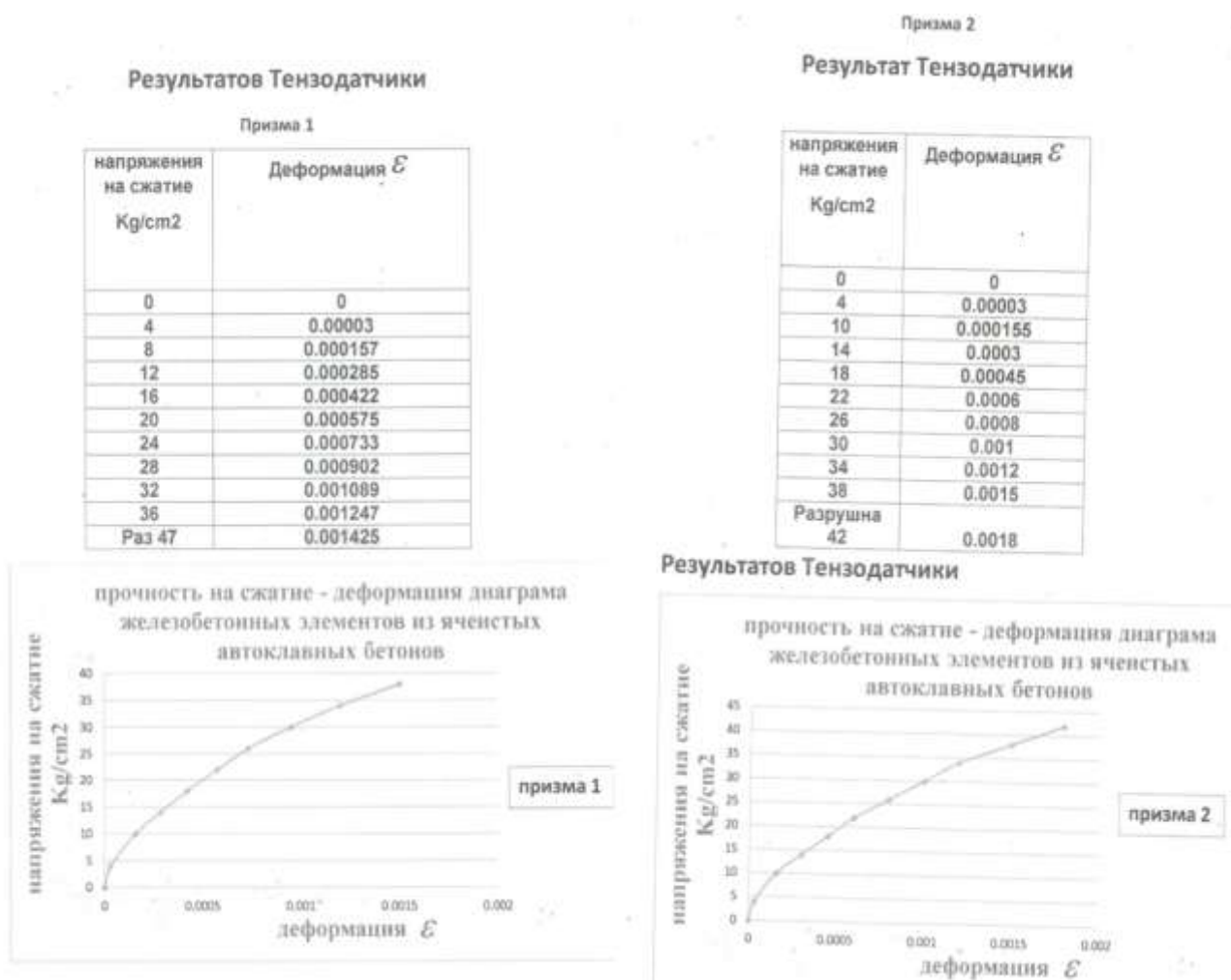


**Рис. 2. Предельное состояние**

В любом строительном материале происходят процессы необратимых структурных превращений цементирующих веществ и изменения их эксплуатационных свойств. В то же время происходящие изменения носят конструктивный и разрушительный характер. И о том, какой процесс будет решающим в тот или иной период изменения материала, зависит продолжительность его оперативной «жизни». В процессе эксплуатации материал находится под воздействием внутренних «спонтанных» процессов и внешних механических, физико-климатических и химических воздействий рабочей среды.

Спонтанные изменения выражаются в дальнейшем развитии процессов синтеза новообразований, перекристаллизации уже сформированных гидросиликатов кальция в более стабильные формы. Принудительные процессы тесно связаны с условиями окружающей среды (со-

став материала, давление, температура) и выражаются в метаморфизме, т.е. в изменении химического состава, минералогии и дисперсности новых образований цементирующего материала. Спонтанные и вынужденные процессы происходят одновременно, и материал переходит из состояния с относительно высоким энергетическим потенциалом в более стабильное состояние с уменьшенным запасом внутренней энергии [1; 2].



**Рис. 3. Экспериментальное исследование изгибаемых железобетонных элементов из ячеистых автоклавных бетонов**

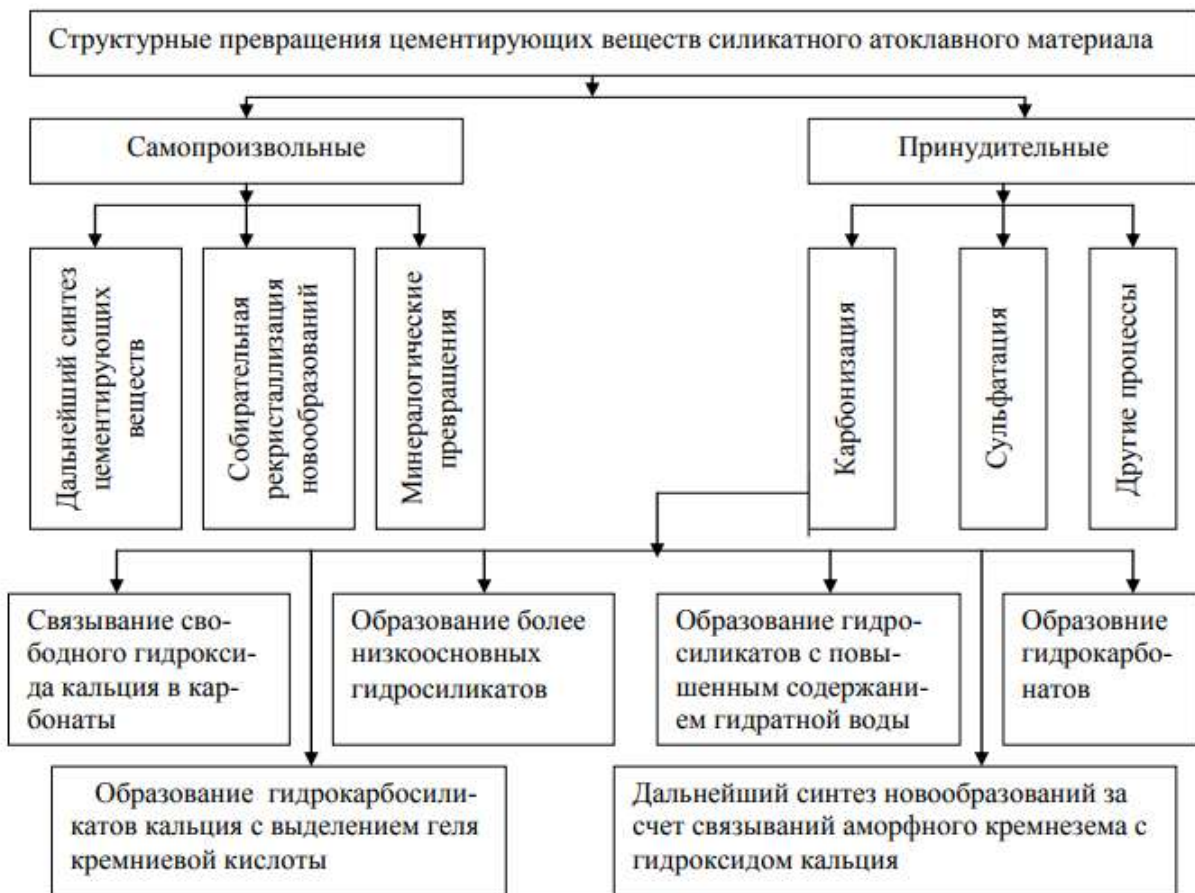
Чтобы определить роль каждого компонента в процессах, происходящих в материале, т.е. отдельные спонтанные и вынужденные процессы, целесообразно изучить поведение силиката газа в условиях «закры-

тых» и «открытых» физико-химических систем. В этом случае «замкнутая» система понимается как модель, в которой массовый обмен с окружающей средой исключается, что позволяет рассматривать изменения состава и структуры цементирующих веществ только под влиянием внутренних факторов – параметров состояния структуры. В «открытой» системе процессы в материале происходят в результате физико-химического воздействия рабочей среды на материал.

Исследованы объекты модели (замкнутая система) и действия (открытая система). Создание условий «закрытой» системы обеспечивалось путем хранения исследуемых образцов в герметичных контейнерах при частичном давлении водяного пара  $P / P_0 = 0,98$  и температуре 20-2 °С при отсутствии действия  $CO_2$  и других агрессивных экологических реагентов. Реальные объекты исследования характеризовались различными типами отделки, плотностью и толщиной структур, исходным составом исходной смеси и режимами гидротермической обработки, которые влияли на производство силиката газа с различным начальным состоянием структуры цементирующего агента, влажности и срока службы.

Как показывает опыт изучения природы изменений в составе, структуре и свойствах силиката газов вмещающих структур, химический фактор, в частности карбонизация, наиболее активен из факторов окружающей среды, которые вызывают изменение свойств силикатных автоклавных материалов. Действие химического фактора сопровождается глубокой химико-минералогической реорганизацией цементирующего вещества материала, т.е. метаморфизма. Степень карбонизации зависит от многих факторов: начального состояния микроструктуры цементированного вещества, плотность бетона, влажность и т.д. Зависимость скорости карбонизации силиката в условиях производства обусловлена различной начальной микроструктурой его цементирующего вещества. При уменьшении плотности бетона увеличивается скорость поглощения

двуокиси углерода бетоном, что связано с высокой газопроницаемостью бетона и низкой плотностью. Низкая плотность вызывает одновременную карбонизацию по всему объему материала, а бетон высокой плотности карбонизируется по слоям, что вызывает увеличение напряжений в центре структуры и образование трещин во внешних слоях [1; 3] , Наибольшее влияние на скорость карбонизации бетонов имеет их влажность. Разложение гидросиликатов кальция и рост кристаллов карбоната кальция происходит в растворе, поэтому материал в высушенном состоянии практически не зависит от карбонизации [1].



**Рис. 4. Схема структурных превращений цементирующих веществ силикатного автоклавного материала**

Когда углекислый газ подвергается воздействию новообразований, возможны следующие процессы: связывание свободного гидроксида

кальция с карбонатами, образование гидрокарбонатов кальция с выделением силикагеля, гидролиз опухолей с образованием низших основных гидросиликатов, дальнейший синтез новообразований путем связывания аморфного диоксида кремния с гидроксидом кальция, образование гидросиликатов с повышенным содержанием гидратированной воды, образование гидрокарбонатов.

### **Список использованных источников**

1. Балугев Л.И. Структурные факторы стабильности свойств автоклавных материалов во времени: Дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2016. 221 с.
2. Виталов Ю.П. О некоторых современных проблемах строительного материаловедения // Изв. вузов. Строительство. Серия «Физико-химические проблемы строительного материаловедения». 2014. № 1. С. 39-42.
3. Казанцев Е.М. Управление процессами структурообразования и качеством силикатных автоклавных материалов: Дисс...д-ра техн. наук. В 2 т. Воронеж, 2013. Т. 1. 523 с.
4. Кирлицкий М.Ю. Испытание бетона: Справ. пособие. М.: Стройиздат, 2014. 360 с.
5. Олихаев М.Г. Неразрушающие методы контроля качества железобетонных конструкций. М.: Высш. шк., 2015. 79 с.