

Пикула А.И.

В связи с широким применением ячеистых бетонов при строительстве зданий различного назначения в Республике Беларусь большой практический интерес представляет вопрос об изменении их свойств в процессе длительной эксплуатации. В настоящее время ещё не имеется достаточно экспериментальных данных и практических наблюдений об изменчивости свойств ячеистых строительных материалов как имеющих непосредственный контакт с окружающей средой, так и «запертых» внутри конструкции.

В связи с высокой степенью переработки исходного сырья и своеобразной технологической уникальностью каждого производства автоклавных ячеистобетонных изделий (используемые составы, режимы тепловой обработки, оборудование и технология) перенос и интерпретация данных, полученных в одних условиях, на продукции одного производителя вряд ли случаев не может являться репрезентативным для всего класса данных материалов с аналогичными свойствами и отражать их общую тенденцию.

В общем виде имитационная модель целевого показателя качества автоклавных ячеистобетонных изделий может быть представлена в виде:

$$R_{real} = R_{target} \left(\sum_1^i \omega_i f \left(\frac{\alpha_i}{\alpha_{target}} \right) \right) \left(\sum_1^k \omega_k f \left(\frac{\beta_k}{\beta_{target}} \right) \right) \left(\sum_1^l \omega_l f \left(\frac{Y_l}{Y_{target}} \right) \right) \left(\sum_1^m \omega_m f \left(\frac{\delta_m}{\delta_{target}} \right) \right)$$

Где: R_{real} – моделируемый показатель качества;

R_{target} – максимальное практически полученное значение данного показателя качества ячеистобетонных изделий при аналогичных сырьевых, технологических параметрах производства, конструктивных особенностях применения, выполняемых функциях в конструкции и установившихся воздействиях;

α_i – характеристики сырьевых ресурсов;

α_{target} – характеристики сырьевых ресурсов, использованных при получении R_{target} ;

ω_i – весовой коэффициент, характеризующий значимость данной характеристики сырьевых ресурсов для достижения R_{target} ;

β_k – параметры технологии производства;

β_{target} – параметры технологических процессов, использованных при получении R_{target} ;

ω_k – весовой коэффициент, характеризующий значимость данной характеристики технологии производства для достижения R_{target} ;

Y_l – конструктивные особенности применения и выполняемые (назначенные) функции ячеистобетонных изделий в конструкции;

Y_{target} – характеристики конструктивных особенностей применения и выполняемых функций ячеистобетонных изделий, использованных при получении R_{target} ;

ω_l – весовой коэффициент, характеризующий значимость данной характеристики конструктивных особенностей применения и выполняемых функций для достижения R_{target} ;

δ_m – характеристики произошедших воздействий на ячеистобетонные изделия к моменту определения R_{real} ;

δ_{target} – характеристики произошедших воздействий на ячеистобетонные изделия, использованные при определении R_{target} ;

ω_m – весовой коэффициент, характеризующий значимость данной характеристики произошедших воздействий на ячеистобетонные изделия к моменту определения R_{real} при достижении R_{target} . Данная модель требует разносторонней вероятностной оценки каждой из характеристик с назначением весовых коэффициентов ω_i , характеризующих значимость каждого из параметров, таких, чтобы:

$$\sum_1^i \omega_i = 1; \sum_1^k \omega_k = 1; \sum_1^l \omega_l = 1; \sum_1^m \omega_m = 1$$

Из основных характеристик сырьевых ресурсов для производства ячеистобетонных изделий можно выделить:

- сроки схватывания, наличие добавок, активность, удельная поверхность, вид помола, характер поверхности частиц (функция вида помола), водопотребность, химический состав, усадочные деформации используемых вяжущих и их производных;
- активность, удельная поверхность, химический состав, вид помола, характер поверхности кремнеземистого компонента;
- активность, удельная поверхность, химический состав, вид помола, характер поверхности и наличие добавок ПАВ газообразователя;
- химический состав, наличие примесей в воде.

Из основных технологических характеристик можно выделить:

- состав ячеистобетонной смеси (соотношение кремнеземистого компонента и вяжущего вещества),
- В/Т (водотвёрдое соотношение);
- количество обратного шлама в составе смеси с высокой степенью гидратации.
- фазовый состав и основность образуемых гидросиликатов кальция;
- режимы автоклавной обработки;
- температурные перепады;
- наличие динамических воздействий;
- условия складирования готовой продукции и её упаковка.

Из основных конструктивных особенностей применения и выполняемых функций можно выделить:

- использование ячеистобетонных изделий как конструкционный, конструкционно-теплоизоляционный или теплоизоляционный материал;
- наличие пароизоляционных покрытий в конструкции стены;
- симметричность влаго-теплообмена с разных сторон блоков;
- наличие градиентов влагосодержания, температуры, давлений внутри материала при строительстве или эксплуатации;
- кладка на клей или на раствор;
- наличие мостиков холода, возможных плоскостей конденсации и сбора влаги;
- возможность непосредственного попадания атмосферных осадков.

Из основных характеристик произошедших внешних воздействий на ячеистобетонные изделия можно выделить:

- частота и продолжительность воздействий атмосферных осадков содержащих CO_2 , SO_2 ;
- степень развития коррозионных повреждений и усадочных деформаций (фотографии шлифов ячеистого бетона блоков разного возраста и времени воздействий атмосферных осадков приведены на рисунках 1 и 2);
- фазово-химический состав бетона;
- условия при транспортировании, хранении на месте применения (нагрев, высушивание или увлажнение при транспортировании);
- внешние атмосферные воздействия (систематическое увлажнение и высыхание), местные перегревы (продолжительность сохранения высоких градиентов температуры и (или) влажности);
- нагрузки на стены;
- исчерпание ресурса морозостойкости при замерзании и оттаивании в зимнее время (особенно при превышении критической влажности);
- достигнутые коэффициенты самоторможения процессов коррозии во времени.

В настоящее время в связи с определёнными экономическими проблемами в экономике Республики Беларусь в 2011, 2014-2015 гг. появилась возможность исследовать ряд не законченных построек из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения, изготовленных по СТБ1117 [1] из конструкционно-теплоизоляционного бетона, соответствующего требованиям СТБ1570 [2], подвергавшихся непосредственному воздействию слабоагрессивных атмосферных осадков, в пределах городской застройки Бреста.

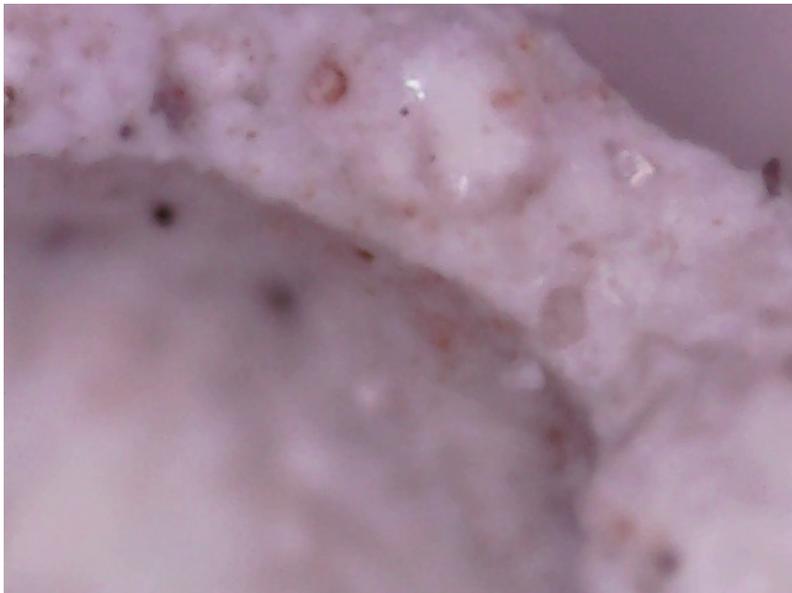


Рисунок 1. Вид поверхностей пор ячеистобетонных изделий одного из производств Брестской области (Возраст 6 месяцев. Четкие контуры пор. М1:1000)

Рисунок 2. Вид поверхностей пор ячеистобетонных изделий одного из производств Брестской области (Возраст 30 месяцев.

Не защищённые конструкции стен. Размытые контуры пор, покрытые вымытыми влагой солями М1:1000)



Все исследованные бетоны по классификации СТБ1570 [2] относились к конструкционно-теплоизоляционным бетонам на смешанном вяжущем и имели согласно маркировки аналогичные характеристики: класс бетона В2.5, плотность D500, морозостойкость F35.

Пример внешнего вида исследованных ячеистобетонных блоков приведён на рисунке 3.

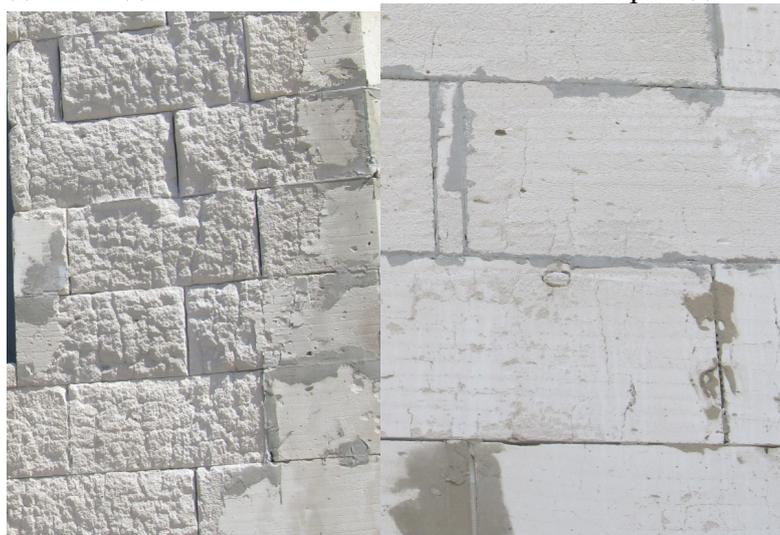


Рисунок 3. Вид наружных поверхностей ячеистобетонных изделий одинаковых декларируемых характеристик различных производителей. (Изделия находились в аналогичных условиях эксплуатации одного населённого пункта)

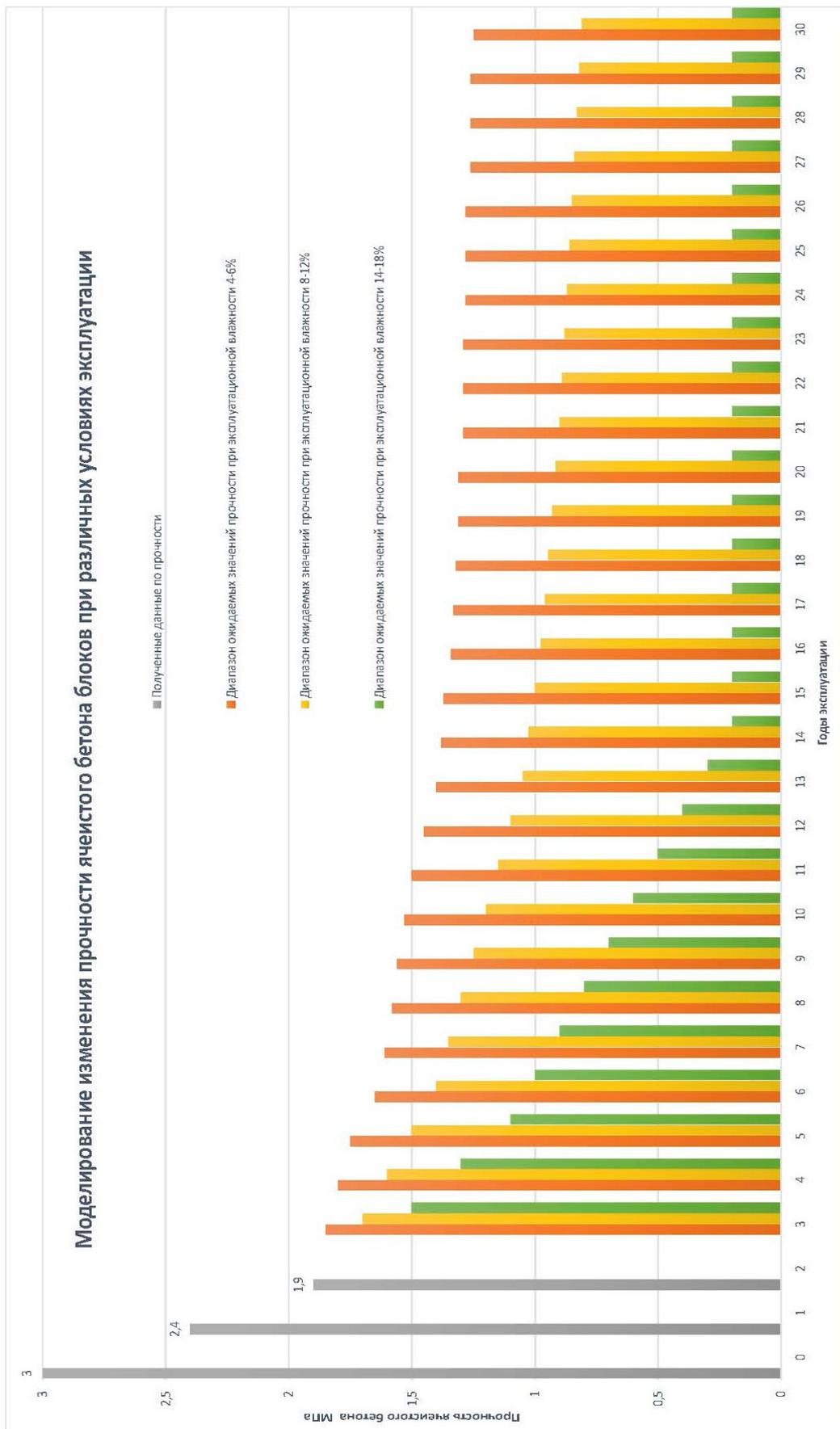


Рисунок 4.

Результаты моделирования изменения прочности при сжатии ячеистого бетона блоков при различных условиях эксплуатации.

Таким образом, после сбора и всестороннего анализа параметров для выше приведённой модели становится возможной приближённая прогностическая оценка ряда показателей качества ячеистобетонных изделий, например, границ прочностных показателей в зависимости от эксплуатационной влажности. Прогнозное моделирование ориентировочной прочности ячеистого бетона с учётом полей градиентов потенциала циклических процессов переноса влаги и тепла с развитием механических напряжений и деформаций в программной среде системно-динамического моделирования «PowerSiim»[12], в соответствии с механизмами и допущениями, приведёнными в [3] -[11], а также с учётом текущего состояния и местонахождения объекта, приведено на рисунке 4. Структура модели сведена к 4 потоковым подмоделям:

- а) характеристики сырьевых ресурсов;
- б) параметры технологии производства;
- в) конструктивные особенности применения и выполняемые (назначенные) функции ячеистобетонных изделий в конструкции;
- г) характеристики произошедших воздействий на ячеистобетонные изделия.

Каждой из подмоделей соответствовало множество отдельных блоков многофакторного анализа (факторы в каждом блоке подбирались с учетом максимальной корреляции) с возможностью неограниченного масштабирования.

Таким образом, даже учитывая минимальные эффекты взаимодействия между подмоделями при известных начальных условиях производства и реальными данными о текущем состоянии материала возможно в первом приближении оценить потенциал материала и перспективы его эффективной дальнейшей эксплуатации.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТБ 1117-98 Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия
2. СТБ 1570-2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия».
3. В. М. Москвин, Ф. М. Иванов. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты, под общ. Ред. В.М. Москвина. - М.: Стройиздат, 1980. - 536 с.
4. А. И. Артеменко. Органическая химия для строительных вузов. – М.: изд. «Высшая школа», 1987. – 430 с.
5. Ф. Фрессель. Ремонт влажных и поврежденных строительных сооружений. - М.: ООО «Пэйнт-0 Медиа», 2006. – 320 с.
6. Аниканова Т.В., Рахимбаев Ш.М., Кафтаева М.В К вопросу о механизме углекислотной коррозии строительных материалов Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5 (часть 1) – С. 19-26
7. Факторы влияющие на долговечность наружных стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. Рыхленок Юлия Анатольевна, Крутилин Антон Борисович.
8. Баутина Е.В. Оценка состояния ячеистого силикатного бетона в ограждающих конструкциях жилых зданий с длительным сроком эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Воронеж, ВГАСУ, 2006. – 26 с.
9. Бутт Ю.М. Долговечность автоклавных силикатных бетонов / Ю.М. Бутт, К.К. Куатбаев. – М.: Стройиздат, 1966. – 216 с.
10. Бутт Ю.М. Карбонизация гидросиликатов кальция / Ю.М. Бутт, А.А. Майер, Л.Н. Рашкович, О.И. Грачева, Д.М. Хейкер // Сборник трудов РосНИИМС.– 1960. –№ 17. –236 с.
11. Рахимбаев Ш.М. Методы оценки коррозионной стойкости цементных композитов / Ш.М Рахимбаев, Н.М. Тольпина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. –№ 3. – С. 23–24.
12. <http://www.powersim.com/>