

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Savenkov A.I., Baranova A.A., Gorbach P.S. Confronto di forza e matrix schiuma su schiumogeni sintetici e di protein ITALIAN SCIENCE REVIEW. March, № 3 (12), 2014.

2. Савенков А.И. О природе высоковольтной импульсной активации. (тезисы) Современные технологии и научно - технический прогресс - Тезисы докладов научно -

технической конференции – Ангарск: АГТА, 2002.

3. Савенков А.И. О природе электрохимической активации затворителя. (тезисы) Современные технологии и научно - технический прогресс - Тезисы докладов научно - технической конференции – Ангарск: АГТА, 2001.

УДК 691.32

*Горбач Павел Сергеевич,*  
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: gorbachps@mail.ru

*Савенков Андрей Иванович,*  
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: savenkov\_andrey@mail.ru

*Плосконосова Алена Олеговна, Бухаров Алексей Александрович,*  
магистранты кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет».

#### ДИНАМИКА РОСТА ПРОЧНОСТИ МАТРИЦЫ ПЕНОБЕТОНА С ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕМ

*Gorbach P.S., Savenkov A.I., Ploskonosova A.O., Bukharov A.A.*

#### THE GROWTH IN THE STRENGTH OF THE MATRIX CONCRETE FOAMING AGENT

**Аннотация.** В статье рассмотрен рост прочности матриц пенобетона: контрольной и с введенным в состав синтетическим и протеиновым пенообразователем нового поколения. Показано соотношение прочностей матриц и оптимальный срок твердения.

**Ключевые слова:** пенобетон, матрица пенобетона, прочность на сжатие.

**Abstract.** The article considers the growth of strength of foam concrete matrices: control and introduced into the composition of synthetic and protein foaming agent of a new generation. Shows the ratio of the strengths of matrices and the optimal time of hardening.

**Keywords:** foam concrete, foam concrete matrix, compressive strength.

Пенобетон как современный и перспективный строительный материал находит применение для устройства стенового ограждения, утепления кровель и перекрытий.

Важным технологическим требованием к бетону является сокращение времени схватывания и набора прочности, что ускоряет строительный процесс.

Известно, что наличие поверхностно-активных веществ в цементном коллоиде затрудняет процесс схватывания и снижает прочность [1]. Отрицательное влияние ПАВ на рост прочности количественно с максимальной возможной достоверностью для пенобетона низких марок по плотности можно оценить на цементной матрице. Матрицей ячеистого бетона является цементный камень

без заполнителя или с минимальным его количеством. Таким образом, при работе с матрицей исключается фактор организованной пористости, который может являться помехой в чистоте эксперимента [2].

Прочность на сжатие пенобетонного изделия напрямую зависит от прочности составляющей его матрицы. Как основа пенного тела, она в малоизмененном виде является материалом тонких межпоровых перегородок. При добавлении в состав цементного раствора поверхностно активных веществ (ПАВ), коэффициент поверхностного натяжения раствора снижается, что в свою очередь делает технологически возможным формирование мелкопористой структуры ячеистого бетона. Но в присутствии поверх-

ностно активных веществ в данном пеноцементном растворе замедляются сроки схватывания массива и рост его прочности. Такое замедление обусловлено тем, что ПАВ создают на поверхности сольватных оболочек зерен цемента тонкий адсорбционный слой, дающий одноименные заряды частиц и инициирующий стерический эффект отталкивания [1].

В настоящее время под стерическим эффектом понимается электрохимическое взаимодействие, которое выражается в образовании препятствия ходу реакции гидратации, оказываемое заместителем, в результате изменения валентных углов и координационного числа реакционного центра. При этом затрудненность пространственного сближения молекул рассматривается как важнейший фактор, сдерживающий проявление энергии активации. Для процессов, происходящих в цементных коллоидах, по современным представлениям, стерический эффект во многих случаях трактуется как препятствие, которое создает заместитель, например, поверхностно-активное вещество для сольватации реакционных центров, которыми являются поверхности цементных зерен. Стерические эффекты заместителей могут проявляться и по-другому, например, путем ингибирования процесса формирования новообразований [3].

Поскольку стерический эффект частично ингибирует реакцию гидратации, то, как указано выше, присутствие вблизи реагирующих атомов поверхностно активных веществ может препятствовать сближению этих атомов и затруднить реакцию или вообще сделать ее невозможной. Следовательно, практически все пенообразователи вызывают замедление реакции взаимодействия клинкерных минералов с затворителем, и меняют скорость образования гексагональных гидратных фаз, особенно это касается самого активного минерала цементного клинкера - алита ( $C_3A$ ). Причем большие дозировки добавок оказывают более существенное влияние на кинетику кристаллизации гидратных новообразований и в меньшей мере влияют на фазовый состав. В растворах пенообразователей взаимодействие  $C_3A$  с водой протекает не полностью, и даже спустя 28 суток процесса гидратации в системе частично остается исходный алит.

Было высказано предположение, что затрудненность срастания новообразований,

вызванная наличием пенообразователя, приводит к разрыхлению структуры цементного камня, формированию сообщающихся микропор и соответственно, явному снижению плотности и прочности.

По результатам предварительных экспериментов, полученным при определении прочности матрицы в зависимости от концентрации пенообразователей в образцах с содержанием ПАВ различной природы, проведенных ранее на базе лаборатории кафедры ПГС, показано, что стерический эффект в цементной матрице выражается в снижении плотности и прочности примерно по экспоненциальной закономерности. Подтверждена тенденция к снижению прочности и плотности при росте концентрации пенообразователя. Практически все пенообразователи вызвали снижение плотности, а значит, разрыхление камня матрицы. Данный эффект четко показывает затруднение срастания новообразований и ведет к изменению микропористости цементного камня в сторону увеличения, а прочности – в сторону снижения. Согласно правилу Таубе, активность пенообразователя в цементной системе зависит от длины молекулярной цепочки действующего вещества. У белковых ПАВ молекула состоит из тысяч атомов, возможно, поэтому меньше всех прочность потеряли образцы, содержащие протеиновый пенообразователь Омпор.

Для оценки динамики набора прочности проведены эксперименты на цементной матрице пенобетона, содержащей в своем составе поверхностно-активные вещества (ПАВ). В качестве ПАВ были использованы протеиновый пенообразователь Омпор и синтетический пенообразователь ПентаПАВ. Эти компоненты имеют разный химический состав и по-разному могут влиять на процесс твердения.

В связи с этим, возникает вопрос об уточнении кинетики гидратации, которую можно оценить по прочности матрицы, содержащей ПАВ, в течение стандартного срока твердения и в дальнейшем. Исследования динамики прочности проводились на образцах балочках  $40 \times 40 \times 160$  мм. В состав цементного раствора без заполнителя вводился ПАВ в количестве 0,5 % к массе цемента по сухому веществу. Параллельно изготавливались контрольные балочки, не содержащие ПАВ. После распалубливания балочки набирали прочность в камере нормального твердения в течение 3, 7, 14, 28, 56 суток. В эти

сроки из партии образцов отбирались очередные пробники и производились испытания половинок балочек на прочность при сжатии.

По полученным результатам были построены графики роста прочности в 3, 7, 14, 28 и 56-суточном возрасте матрицы на цементах М400 и М600, имеющей в составе ПАВ, и контрольной (рисунки 1, 2).

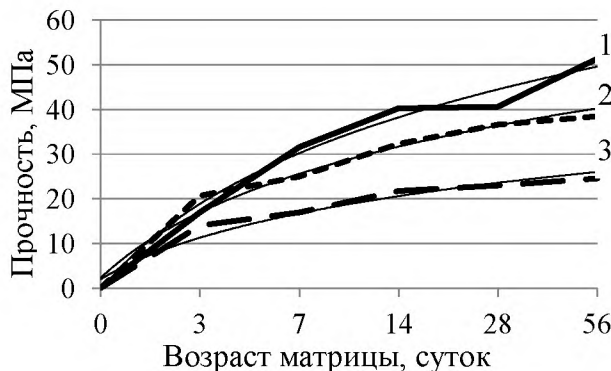


Рисунок 1 – Сравнительный график динамики роста прочности матрицы на цементе М400, контроля и с содержанием пенообразователя: 1– контрольный образец, 2 – с добавлением Омпора, 3 – с добавлением ПентаПАВ.

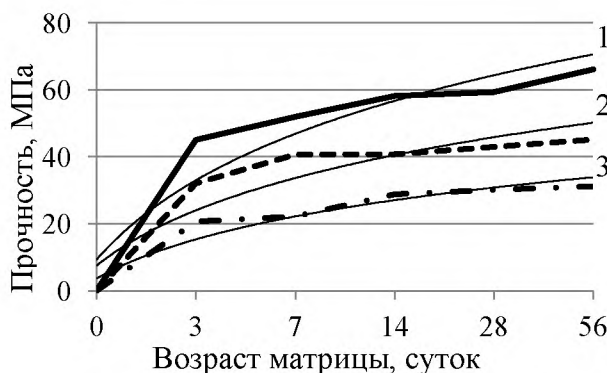


Рисунок 2 – Сравнительный график динамики роста прочности матрицы на цементе М 600, контроля и с содержанием пенообразователя: 1– контрольный образец, 2 – с добавлением Омпора, 3 – с добавлением ПентаПАВ.

В целом, можно утверждать, что величина промежуточных значений прочности цементного камня матриц в стандартном 28-суточном временном диапазоне адекватно описывается логарифмической моделью:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28} \quad (1)$$

где  $R_n$  – прочность матрицы на сжатие, МПа;  $n$  – сутки.

Данная математическая модель роста прочности не противоречит известным закономерностям [3].

Наибольшая прочность получена на матрицах, изготовленных на цементе М600. Модель динамики прочности матрицы, содержащей в своем составе пенообразователь Омпор, описывается уравнением:

$$R_n = 23,839 \ln n + 7,424, \quad (2)$$

Прирост прочности можно оценить по первой производной функции уравнения (1). После дифференцирования данной модели получается следующее выражение:

$$R_n' = \frac{23,839}{n} \quad (3)$$

Анализируя уравнение (3), можно получить значение прироста прочности. Так после 28 суток твердения он составляет 0,8, а это меньше одного процента. Такой прирост незначителен, следовательно, дальнейшее выдерживание образцов в камере нормального твердения нецелесообразно. Считая, что динамика роста прочности контрольной матрицы, не содержащей ПАВ, является эталонной, то для сравнения аналогичного процесса у матриц, имеющих в составе пенообразователи, было определено соотношение прочностей матриц согласно (4) в разные сроки твердения по точкам 3, 7, 14, 28, 56.

$$\frac{R_n(\text{матрица+ПАВ})}{R_n(\text{матрица})} \approx const \quad (4)$$

Выяснилось, что эти отношения в течение срока твердения остаются величиной, близкой к постоянной. Для матрицы с пенообразователем Омпор это отношение примерно 0,7. Аналогичные соотношения выявлены и на матрицах на цементе М400, хотя у него клинкерный состав отличается от состава цемента М600. Следовательно, потеря прочности в присутствии ПАВ, образовавшаяся в первые сутки твердения, остается неизменной и в дальнейшем. Стерический эффект отталкивания, затруднивший схватывание и формирование кристаллических сростков цементного камня в начале твердения, далее уже не проявляется.

Определено, что в течение времени стандартного твердения 28 суток, соотношение текущих прочностей матриц, содержащих ПАВ, к прочности контрольной матрицы остается величиной примерно постоян-

ной. Оно составляет в среднем 0,5 - для матриц с синтетическим пенообразователем и 0,7 - для матриц с протеиновым. Исходя из этого, можно утверждать, что процесс набора прочности пенобетона аналогичен такому же процессу для тяжелого бетона, составляющего 28 суток в нормальных условиях.

Для определения любых промежуточных и конечных значений фактической прочности матрицы достаточно ввести поправочный коэффициент, учитывающий ослабление, вызванное наличием ПАВ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахова, Л.Д. Технологии пенобетонов. Теория и практика. – М.: АСВ, 2010.
2. Баранова А.А., Савенков А.И. Свойства матрицы пенобетона на синтетическом и протеиновом пенообразователях // Совре-

менные технологии и научно-технический прогресс: - Ангарск: АГТА. 2014. т.1 №1 – с. 44.

3. Домокеев А.Г. Строительные материалы. Учебник. - М.: Высшая школа, 1982.

УДК 656.02

*Лебедева Ольга Анатольевна,  
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
тел.: 89526326611, e-mail: kravhome@mail.ru*

### МОДЕЛЬ СТРУКТУРИРОВАННОГО СПРОСА ДЛЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТОКА СЫРЬЕВЫХ ТОВАРОВ

*Lebedeva O.A.*

### MODEL OF STRUCTURED DEMAND FOR INTERREGIONAL FORECASTING OF RAW OF GOODS

**Аннотация.** В статье рассматривается прогнозирование товарных потоков и факторы, применение которых позволит обеспечить более точную оценку спроса на грузовые перевозки для региональных моделей. Приведены основные характеристики землепользования и оценки привлекательности спроса.

Задача межрегионального прогнозирования потока сырьевых товаров может решаться посредством внедрения модели структурированного спроса. Выбор модели и ее переменных зависит от характера доступных данных о перевозочном процессе.

**Ключевые слова:** модель, спрос, транспорт, прогнозирование, грузовые перевозки.

**Abstract.** The article discusses the forecasting of commodity flows and factors affecting them, the use of which will allow for a more accurate assessment of the demand for freight traffic for regional models. The main characteristics of land use and assessment of attractiveness are given.

The task of inter-regional forecasting the flow of commodities can be solved by implementing a structured demand model. The choice of model and its variables depends on the nature of the available data on the transportation process.

**Keywords:** model, demand, transport, forecasting, freight transport.

Возрастает интерес к прогнозированию товарных потоков и факторов, влияющих на них, в условиях растущей глобализации и требований к устойчивости работы транспортной сети. Хотя большинство исследований по данной тематике было обусловлено экономическим интересом и макроэкономической политикой, рост потребностей в своевременных поставках товаров с

минимальными издержками приводит к разработке новых методов и моделей прогнозирования потока сырьевых товаров, в частности, на межрегиональном уровне.

Сложность этой проблемы обусловлена отсутствием данных о грузовых перевозках.

Прогнозирование грузовых и товарных потоков имеет тенденцию базироваться