

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА И ИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Мартынов В.И., Выровой В.Н., (Одесская государственная академия строительства и архитектуры), Мартынова Е.Б. (Одесский государственный аграрный университет), Орлов Д.А., Ветох А.М. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Основываясь на объективных природных явлениях, предложено рассматривать строительные композиционные материалы в виде системы. Руководствуясь общесистемными закономерностями, намечены пути улучшения свойств ячеистых бетонов. На примере пенобетона неавтоклавного твердения приведены экспериментальные доказательства, теоретических предпосылок.

Объективность и непредвзятость являются основными требованиями научного познания. Однако в любой области познания избежать определенной доли субъективизма невозможно, поскольку в этом процессе задействован человеческий фактор. Одной из составляющих познания является феноменология – наука о явлениях, постигаемых субъектом в опыте при помощи чувств [1]. В рамках феноменологического подхода при решении материаловедческих задач широкое применение получили два:

- традиционный. В этом случае исследования проводятся по пути следования от составляющих к целому, от простого к сложному, от элементов к системе. Наиболее часто при этом используются модели типа „черный ящик”. В этих моделях фиксируются входные и выходные сигналы, исключая, по возможности, или минимизируя уровни „шума”. При этом внутреннее строение объекта исследований экспериментатором не принимается во внимание. Реализуется причинно-следственная цепочка: СОСТАВ → ТЕХНОЛОГИЯ → СВОЙСТВО;

- системный. При системном подходе мысль экспериментатора движется от сложного к простому, от целого к составным частям, от системы к элементам (принцип декомпозиции объекта) [2]. Основное внимание уделяется внутреннему строению объекта. Реализуется причинно-следственная цепочка: СОСТАВ → ТЕХНОЛОГИЯ →

СТРУКТУРА → СВОЙСТВО. Из чего следует, что свойства объекта определяются его структурой.

При этом необходимо помнить, что вся наука основана на договорных соглашениях. Поэтому весьма важной является четкость определений и понятий. В нашем случае под „системой” будем понимать наиболее часто встречаемое определение. Система – есть совокупность взаимосвязанных элементов объединенных общностью цели и функциональной целостностью. Одним из основных признаков понятия „система” является наличие структуры, что означает наличие в системе взаимосвязанных или взаимодействующих элементов. В этом смысле понятие „система” и „структура” являются тождественными.

В работах [3,4] „цементный камень”, „ячеистый бетон” предложено рассматривать в виде системы, состоящей из отдельных структурных блоков. Основанием для подобного представления послужило некое, по-видимому универсальное свойство природы, проявляющееся на материальных объектах, т.н. кластерное строение различной масштабной иерархии. Визуально подобное явление можно наблюдать на обезвоженных почвах, высохших озерах, горах, цементном камне, выдержанном в танинсодержащих растворах и пр.

Выделение объекта исследований в виде системы позволяет свести его свойства к общим системным закономерностям. А именно, к количественным и качественным характеристикам отдельных элементов, а также характеристикам связей между ними. Под количественными характеристиками структурных элементов (кластеров) подразумевается их общее количество, размер, распределение элементов по размерам. Под качественными - характер их поверхности.

Поскольку отдельные элементы объекта разделены между собой трещинами их можно рассматривать, как связующие конструктивные элементы (характеристики связей). В них также можно выделить ряд количественных характеристик таких как, общий объем (площадь), ширина, общая протяженность.

Можно предположить, что механическая прочность определяется, с одной стороны количеством, размером и конфигурацией структурных блоков, общей протяженностью и шириной трещин, а с другой, силой сцепления блоков между собой. Исходя из этого, высказаны предположения, что для повышения механической прочности строительных композитов необходимо стремиться к получению структур с, как можно большим количеством структурных блоков малых размеров, соединенных между собой тонкими трещинами с возможно большей их протяженностью. Если рассматривать структуру композиционных строительных материалов, как систему взаимосвязан-

ных структурных блоков, механическую прочность можно увеличить за счет изменения характера связей системы. Первый путь – система с жестким характером связей. Для этого необходимо увеличить силу сцепления между структурными элементами. Это возможно, например, за счет объемного армирования дисперсными волокнами. Второй путь – сделать систему динамичной. Системы с динамичным характером связей, как правило, более долговечны за счет лучшей адаптации к условиям эксплуатации. Этот путь связан с управлением процессами, происходящими на границе раздела фаз. Взаимодействие близлежащих и контактирующих между собой структурных элементов (твердая фаза) через трещины (газ, жидкость). Динамику в данном случае системе может придать снижение сил трения (сцепления) между элементами. В механике подобные действия реализуются за счет введения различных смазок, подшипников „качения”, амортизирующих и пружинящих элементов и пр. В настоящее время этот путь практически, кажется трудно реализуемым, поскольку требует соответствующих приборов, оборудования и методик позволяющих визуализировать и изучать процессы, происходящие на границах раздела между структурными элементами.

Для экспериментального подтверждения намеченных путей, был проведен эксперимент, целью которого являлось увеличение силы сцепления структурных элементов между собой за счет дисперсного армирования пенобетона неавтоклавного твердения.

Для решения поставленной цели, был реализован трехфакторный эксперимент с применением математических методов планирования эксперимента. Эксперимент проводили согласно стандартному плану Бокса-Бенкина типа В-3.

В современной практике пенобетона неавтоклавного твердения широкое применение получила технология объемного армирования материала дисперсными волокнами полимерной фибры [5]. Известны также случаи армирования пенобетона кокосовыми волокнами [6]. В Украине ежегодно в агропромышленном секторе выращивается достаточное количество технических сельскохозяйственных культур, таких как лен, конопля и пр. отходами, при переработке которых являются различные волокна. В эксперименте в качестве армирующих элементов были использованы волокна конопли (далее органическая фибра).

В качестве переменных факторов в эксперименте были выбраны:  $X_1$  – количество органической фибры;  $X_2$  – длина волокон органической фибры;  $X_3$  – диаметр расплыва (или водоцементное отношение) раствора по вискозиметру Суттарда.

Расчет составов производили из условия получения 6 л пенобетонной смеси, или 6 образцов пенобетона в форме цилиндров диаметром и

высотой 100мм, средней плотностью в сухом состоянии  $500 \text{ кг/м}^3$ . Перед получением пенобетонной смеси отбирали пробы растворной составляющей и формовали образцы-призмы размером 40x40x160 мм по три штуки в каждой строке плана эксперимента.

Разопалубленные образцы выдерживали в камере нормального твердения в течение 28-ми суток, после чего подвергали испытаниям. Для образцов растворной части определяли прочность на растяжение при изгибе и прочность при сжатии. Образцы пенобетона вначале взвешивали во влажном состоянии, затем высушивали до постоянной массы и снова взвешивали. После этого определяли влажность, среднюю плотность в сухом состоянии и прочность при сжатии в сухом состоянии. Величина средней плотности пенобетона свидетельствует, что его можно отнести к марке 500 по плотности.

На основании, полученных результатов вначале были построены корреляционные зависимости между прочностью пенобетона и прочностью растворной составляющей при сжатии. Приведенные на рис.1 результаты эксперимента подтверждают ранее приводимые результаты, что между прочностью пенобетона и прочностью растворной составляющей (при  $T/\Gamma - \text{const.}$ ) не существует прямой корреляционной связи. Таким образом, в «пенобетоне», как системе проявляются такие качества системы как неаддитивность (несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её компонентов) и эмерджентность (возникновения нового).

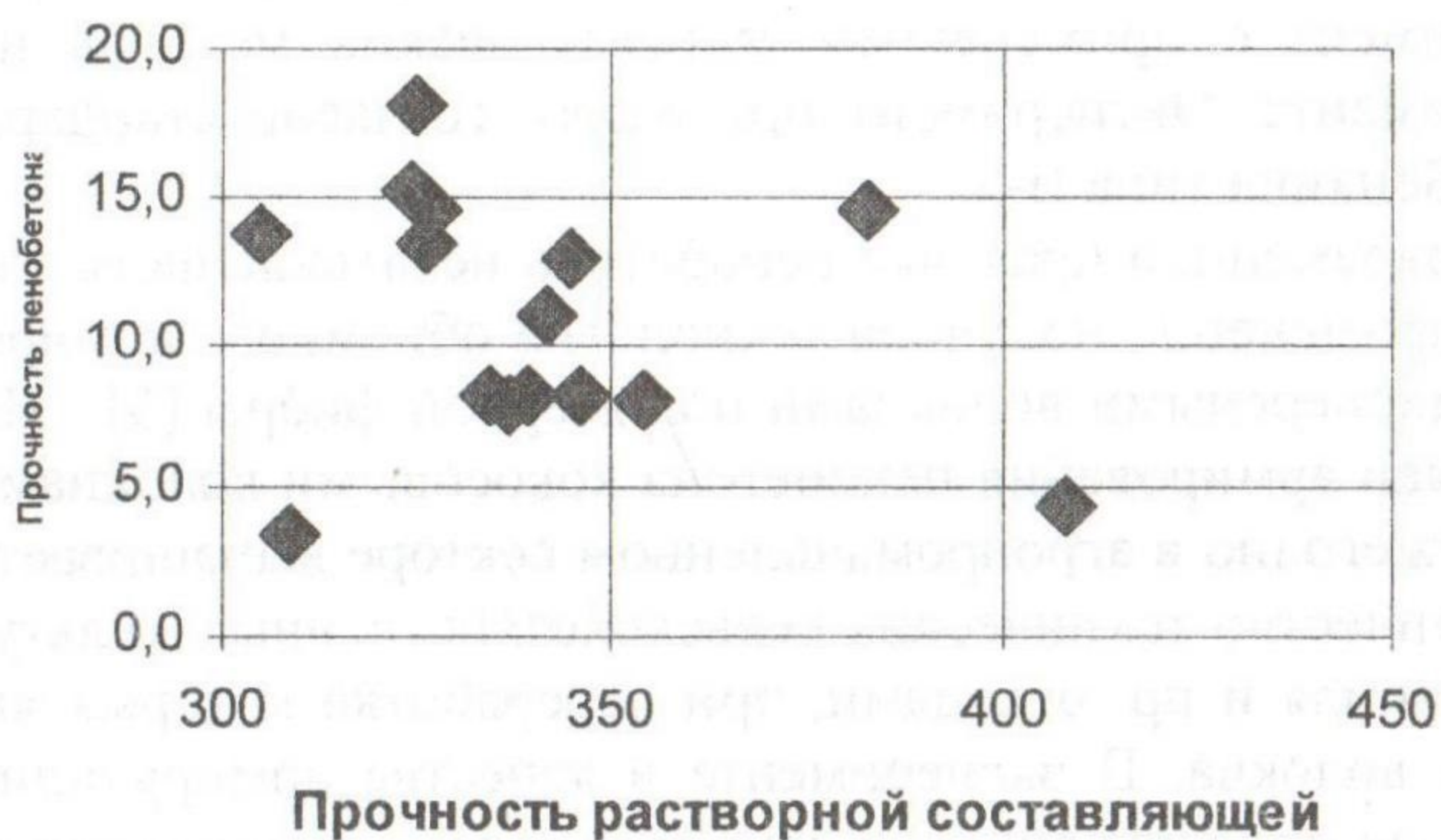


Рис 1. Корреляционное поле прочности пенобетона и прочности растворной составляющей (при сжатии)

Прочностные характеристики растворной составляющей и пенобетона были обработаны на персональном компьютере в системе COMPEX. В результате получены адекватные математико-статистические модели этих свойств. Далее на основании математических моделей были построены графические зависимости исследуемых свойств от переменных факторов, а также установлены характер и степень влияния этих факторов на прочность пенобетона (рис. 2, 3).

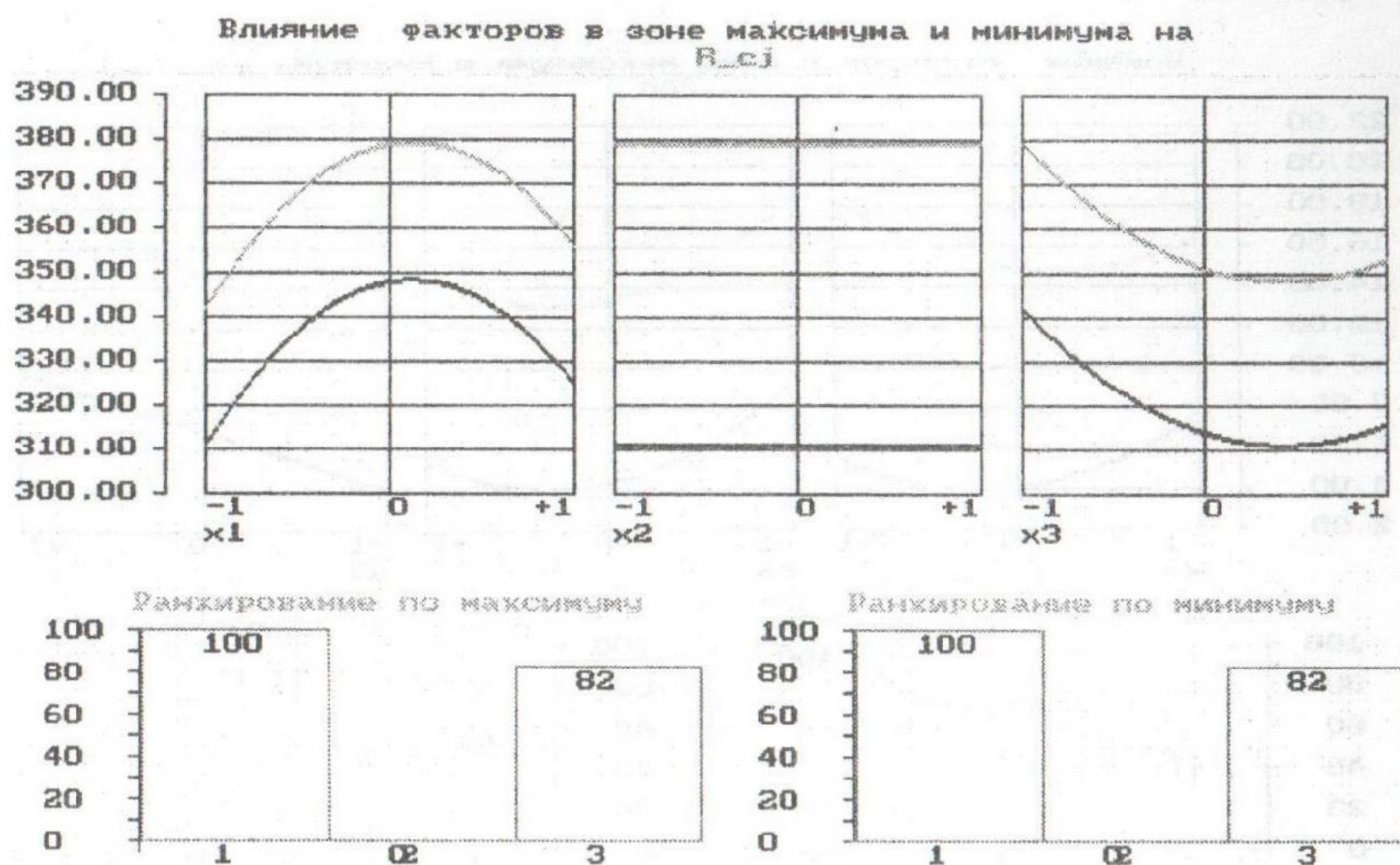


Рис.2. Степень и характер влияния факторов на прочность при сжатии растворной составляющей

Графические зависимости, отражающие степень и характер влияния исследуемых факторов на прочность растворной составляющей и прочность пенобетона, свидетельствуют о том, что влияние одних и тех же факторов на разных объектах проявляются не одинаково. Увеличение объемной концентрации фибры на растворной составляющей имеет четко выраженный оптимум, в то время как длина волокон не оказывает никакого влияния на прочность. С увеличением диаметра расплыва раствора прочность растворной составляющей снижается (правило водоцементного отношения). Наибольшее влияние на прочность растворной составляющей как в зоне максимальных, так и в зоне минимальных значений оказывает содержание органической фибры. В пенобетоне наибольшее влияние на прочность оказывает диаметр расплыва раствора по вискозиметру Суттарда (водосодержание). Однако и

два других фактора вносят существенный вклад в изменение прочности. Но в отличие от растворной составляющей повышение водосодержания не снижает, а увеличивает прочность пенобетона (правило В/Ц отношения не соблюдается). На втором месте по степени влияния находится фактор  $X_2$  – длина волокон фибры. С увеличением длины волокна прочность пенобетона снижается. Содержание фибры в пенобетоне в зоне максимальных значений приводит к некоторому увеличению его прочности.

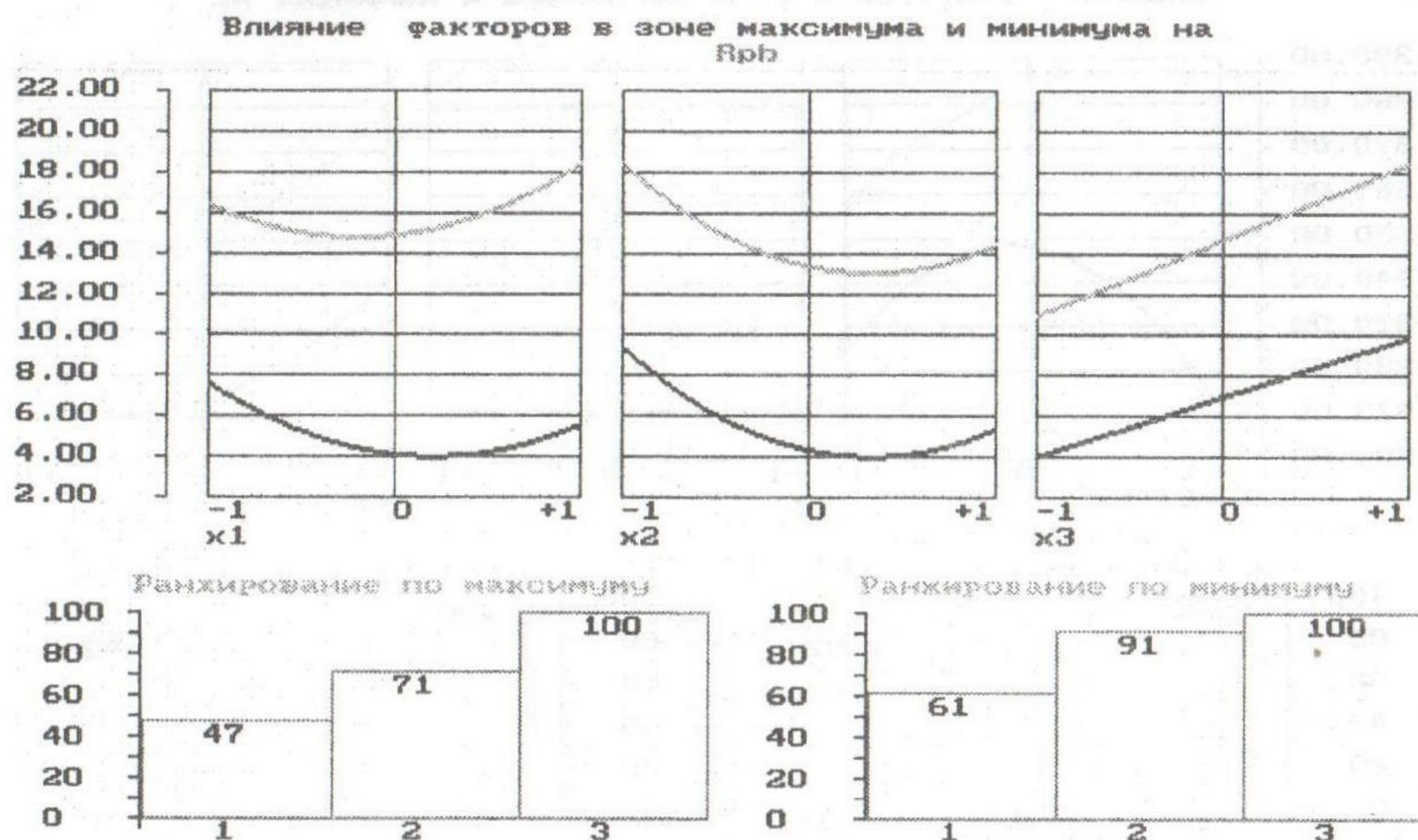


Рис. 3. Степень и характер влияния факторов на прочность пенобетона

### Выводы

Таким образом, эксперимент подтвердил высказанное предположение о возможном управлении прочностью пенобетона за счет более жесткого сцепления структурных блоков дисперсным армированием волокнами органической фибры. С другой стороны, результаты свидетельствуют, что имеются достаточные резервы для повышения прочности пенобетона. Среди них поиск оптимальных сочетаний между длиной волокон и их объемной концентрацией. Другой путь связан с

возможной обработкой волокон специальными растворами, повышающими адгезию волокон с цементным тестом.

### *Литература*

1. Философский словарь. М.: Издательство политической литературы, 1987. С.588.
2. И.В. Прангвишвили. Системный подход и общесистемные закономерности. М.: СИНТЕГ. 2000. С.521.
3. В.И. Мартынов, В.Н. Выровой, Д.А., Орлов, А.М. Ветох Структурообразование и свойства ячеистых бетонов. Ресурсо-экономні матеріали, конструкції будівлі та споруди. Збірник наукових праць. Рівне. 2006. С. 90-96.
4. В.И. Соломатов, В.Н. Выровой., В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: «Будивэльнык». – 1991. – 143 с.
5. Моргун Л.В. Свойства фибропенобетонов, армированных полиамидными волокнами. Дисс. к. т. н. Ленинград. ЛИСИ, 1986.-169 с.
6. Нгуен Тан Нган. Автореф. дис. канд. техн. наук. – М., 2005. – 21 с.

