

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЙ ФАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НА ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ И СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА.

Т.В. Бойко, В.И. Мартынов. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

На основании принципа «золотой пропорции» выдвинута гипотеза о влиянии соотношений фаз на свойства пенобетона. Приведены результаты ряда экспериментов, подтверждающие выдвинутую гипотезу.

Из многих пропорций, которыми издавна пользовался человек при создании гармонических произведений, существует одна обладающая уникальными свойствами. Она отвечает такому делению целого на две части, при котором отношение большей части к меньшей равно отношению целого к большей части. Эту пропорцию называют «золотой». [1]

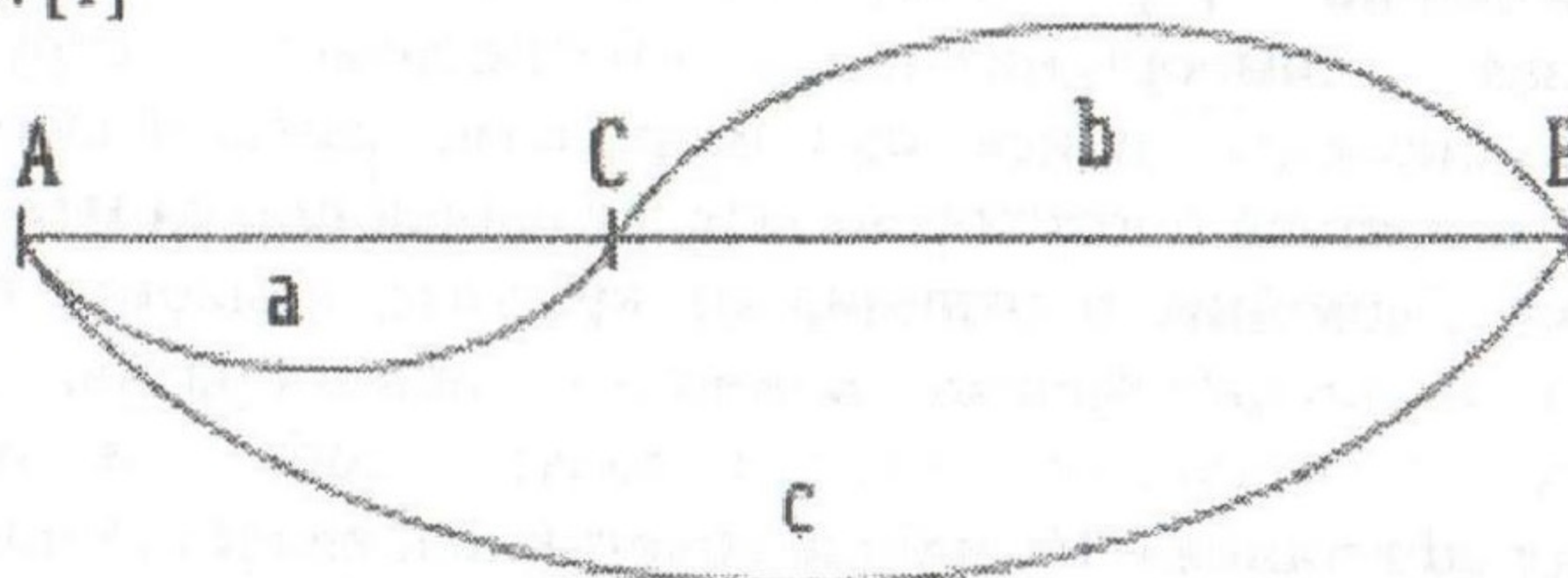


Рис. 1. Золотое сечение отрезка $a : b = b : c$ или $c : b = b : a$

Древнейшие сведения о золотой пропорции относятся ко времени расцвета античной культуры. О ней упоминается в трудах великих философов Греции Пифагора, Платона, Эвклида. Французский математик Люка впервые назвал числовую последовательность 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13... (п2) числами Фибоначчи и открыл не менее фундаментальную последовательность 2, 1, 3, 4, 7, 11...,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F(n)}{F(n-1)} = \Phi = 1,618...$$

которая тоже связана с золотой пропорцией. Отношение соседних чисел Люка по мере удаления от начала последовательности в пределе стремится к золотой пропорции.

Такое отношение мы можем наблюдать, начиная со строения молекул воды, человека, животных, растений, созданными человеком памятниках архитектуры, таких как египетские пирамиды (рис.2), Парфенон (рис. 3), Георгиевский собор.[1]

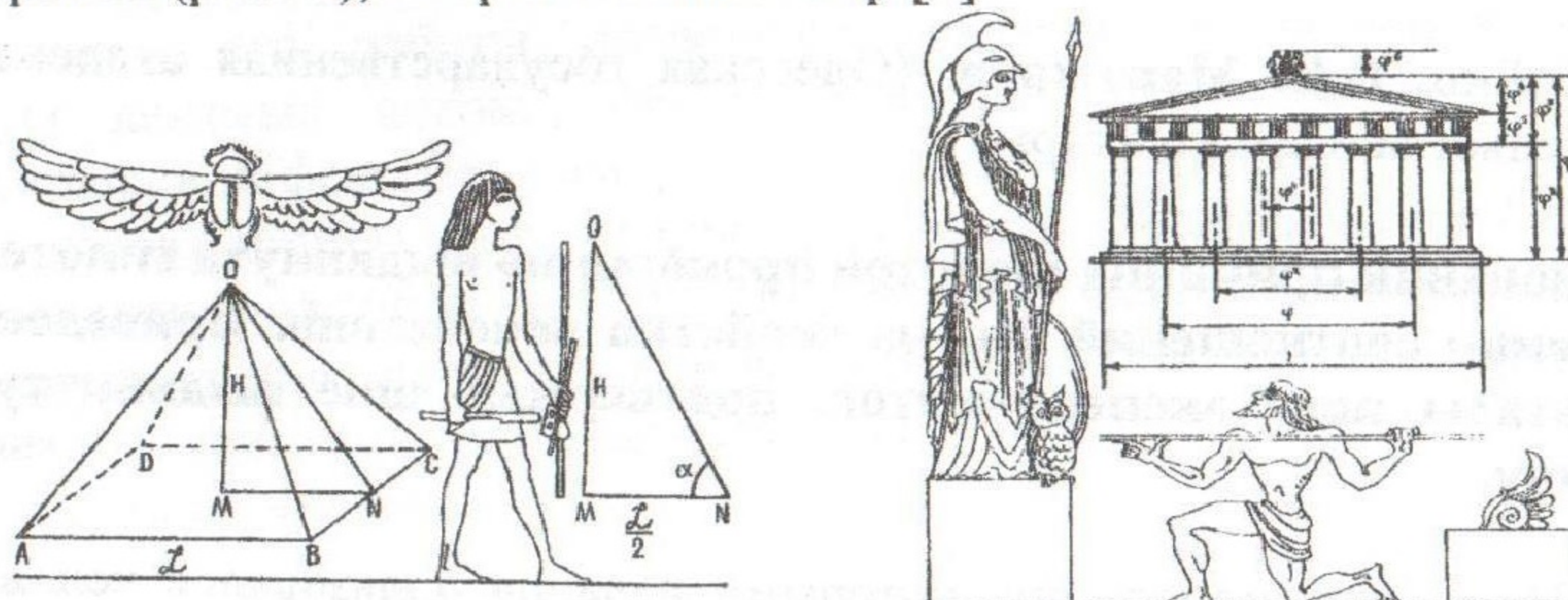
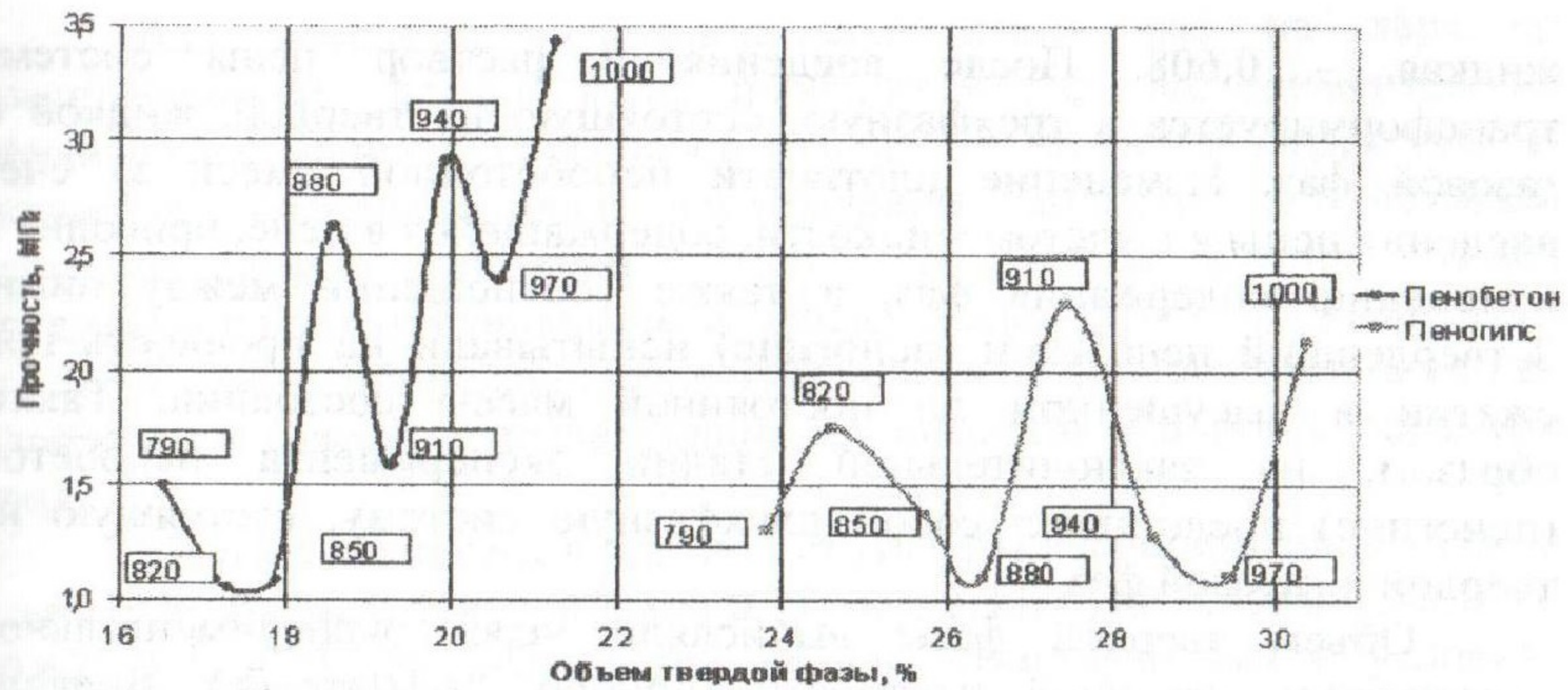


Рис. 2. Пирамида Хеопса Рис. 3. Парфенон.

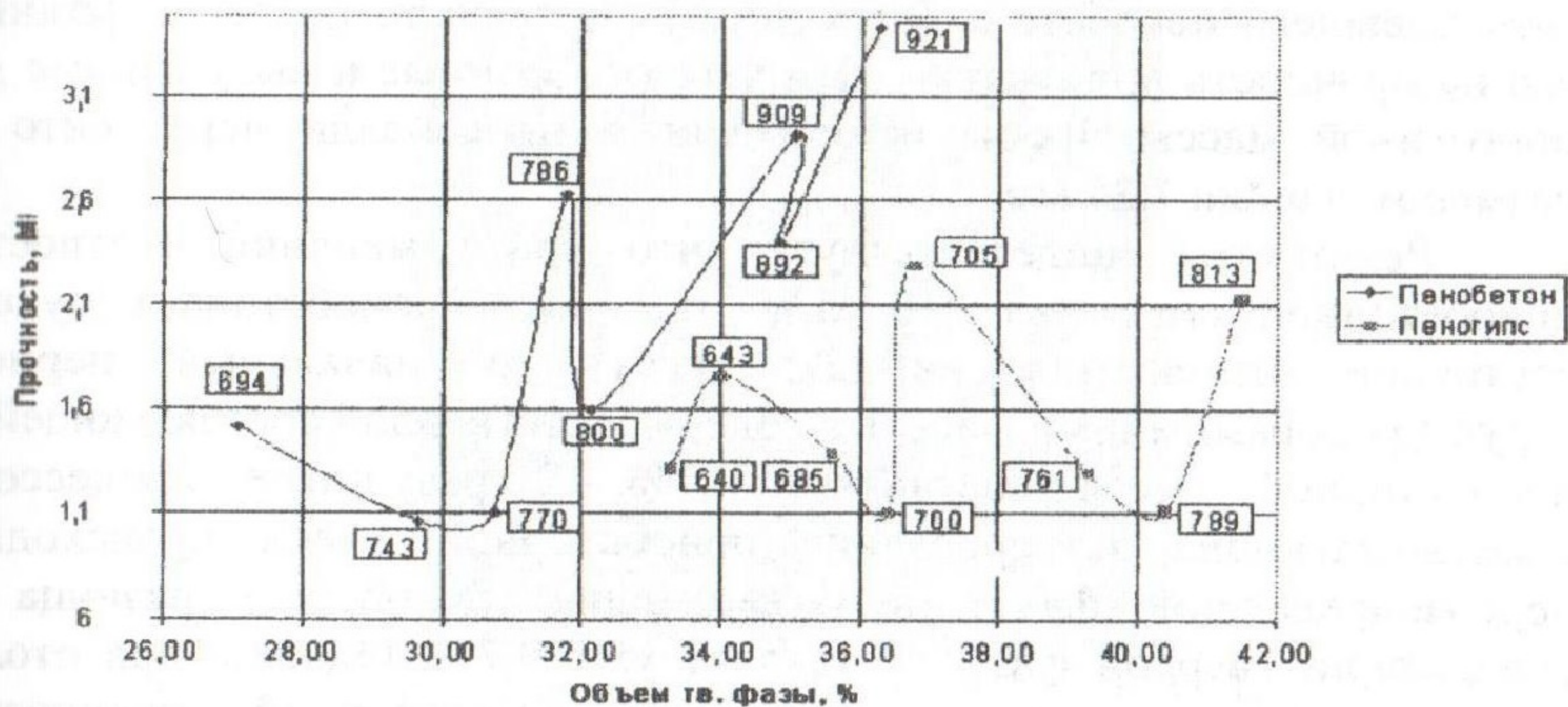
Многие композиционные строительные материалы в процессе их создания проходят стадию структурной самоорганизации.[3]

По мнению [2] белорусского ученого Э.М. Сорокко «...структурная самоорганизация обеспечивает структурную стабильность системы, поиск соразмерности, самосогласованности, гармоничности состава противоречивых, различающихся между собой компонентов». Гармония в отличие от красоты, является явлением объективным и подразумевает единство многообразия, согласия разногласного, соотношения частей между собой и целым в определенных сочетаниях. Подобное сочетание и является принципом кратных отношений, более известном под названием «золотого сечения» или «золотой пропорции».[2] В ячеистых бетонах в качестве противоречивых компонентов могут рассматриваться твердая, жидкая и газовая фаза. На основании этого нами выдвинута гипотеза о влиянии соотношений фаз на свойства пенобетона.

На рисунке 4 приводятся результаты эксперимента, в котором ставилась задача определения влияния соотношений фаз на разных стадиях структурообразования пенобетона на его прочностные свойства.



а).



б).

Рис. 4. Влияние содержания твердой фазы на прочность пенобетона и пеногипса в
а). пенобетонной смеси, б). пенобетоне

Содержание твердой фазы в пенобетонной (пеногипсовой) смеси и в затвердевшем пенобетоне (пеногипсе) регулировали за счет изменения плотности пенобетонной смеси, которую, в свою очередь, изменяли количеством вводимой в растворную смесь пены. Было приготовлено восемь составов с плотностью пенобетонной смеси, кг/м³: 790, 820, 850, 880, 910, 940, 970, 1000. В начальный период система (строительный раствор) состояла из двух фаз – твердой (цемент, гипс) и жидкой (вода). На этой стадии приготовления пенобетона соотношение между твердым веществом и жидкостью составляло 0,5 по массе. Содержание по объему твердая фаза – 0,392,

жидкая – 0,608. После введения в раствор пены система трансформируется в трехфазную, состоящую из твердой, жидкой и газовой фаз. Изменение плотности пенобетонной смеси за счет введения пены и с учетом жидкости, содержащейся в пене, приводит к изменению содержания фаз, а также соотношений между ними. Затвердевший пенобетон (пеногипс) испытывали на прочность при сжатии в высушенном до постоянной массы состоянии. Таким образом, на заключительной стадии эксперимента пенобетон (пеногипс) представлял собой двухфазную систему, состоящую из твердой и газовой фаз.

Объем твердой фазы вычисляли через экспериментальное определение истинной плотности (прибор Ле-Шателье). Вначале определяли истинную плотность вяжущего. Истинную плотность затвердевшего пенобетона (пеногипса) определяли после испытания его на прочность при сжатии. Для чего отобранные и высушенные до постоянной массы пробы измельчали и просеивали через сито с размером ячейки 1.25 мм.

Результаты свидетельствуют, что при изменении плотности пенобетонной смеси на 210 кг/м^3 плотность пенобетона в сухом состоянии изменяется на 225 кг/м^3 . В начальный период структурообразования разность в содержании твердой составляющей в пенобетонной смеси составляет 4,7%. В результате процессов, сопровождающих затвердевание пенобетонной смеси происходит перераспределение фаз и в затвердевшем пенобетоне разница в содержании твердой фазы составляет уже 9,7%. Однако, при столь незначительном изменении фазовых соотношений прочность пенобетона изменяется более чем в три раза (от 1,1 до 3,4 МПа). Такая же тенденция наблюдается и в пеногипсе.

Графики свидетельствуют, что прочность пенобетона не имеет монотонной зависимости от содержания твердой фазы, а носит волновой, колебательный характер. Пиковые точки, отражают состояние системы, при которых она максимально реализует свои внутренние ресурсы.

Исследования влияния соотношений фазовых составляющих на физико-механические свойства ячеистых бетонов, позволит определить наиболее благоприятные условия организации структур, а выявленные закономерности и эмпирические зависимости могут быть использованы при проектировании составов ячеистых бетонов с требуемыми свойствами, что значительно сократит процесс подбора составов.

Для определения влияния содержания фаз на характер распределений твердой фазы проводился ряд экспериментов на физических моделях материалов плотной и пористой структуры. В качестве материала для изготовления моделей использовали водоглиняную суспензию. Для ее приготовления глина предварительно отмучивалась с целью удаления частиц кварцевого песка и других примесей. После отмучивания, глина высушивалась до постоянной массы с последующим её помолом в порошкообразный вид.

Модели композитов плотной структуры изготавливались в двух сериях с объемом твердой фазы 0,27; 0,3; 0,33; 0,36; 0,39; и 0,61; 0,64; 0,67; 0,7; 0,73. Их общий вид на 11 сутки хранения в условиях окружающей среды при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ представлен на рис. 5

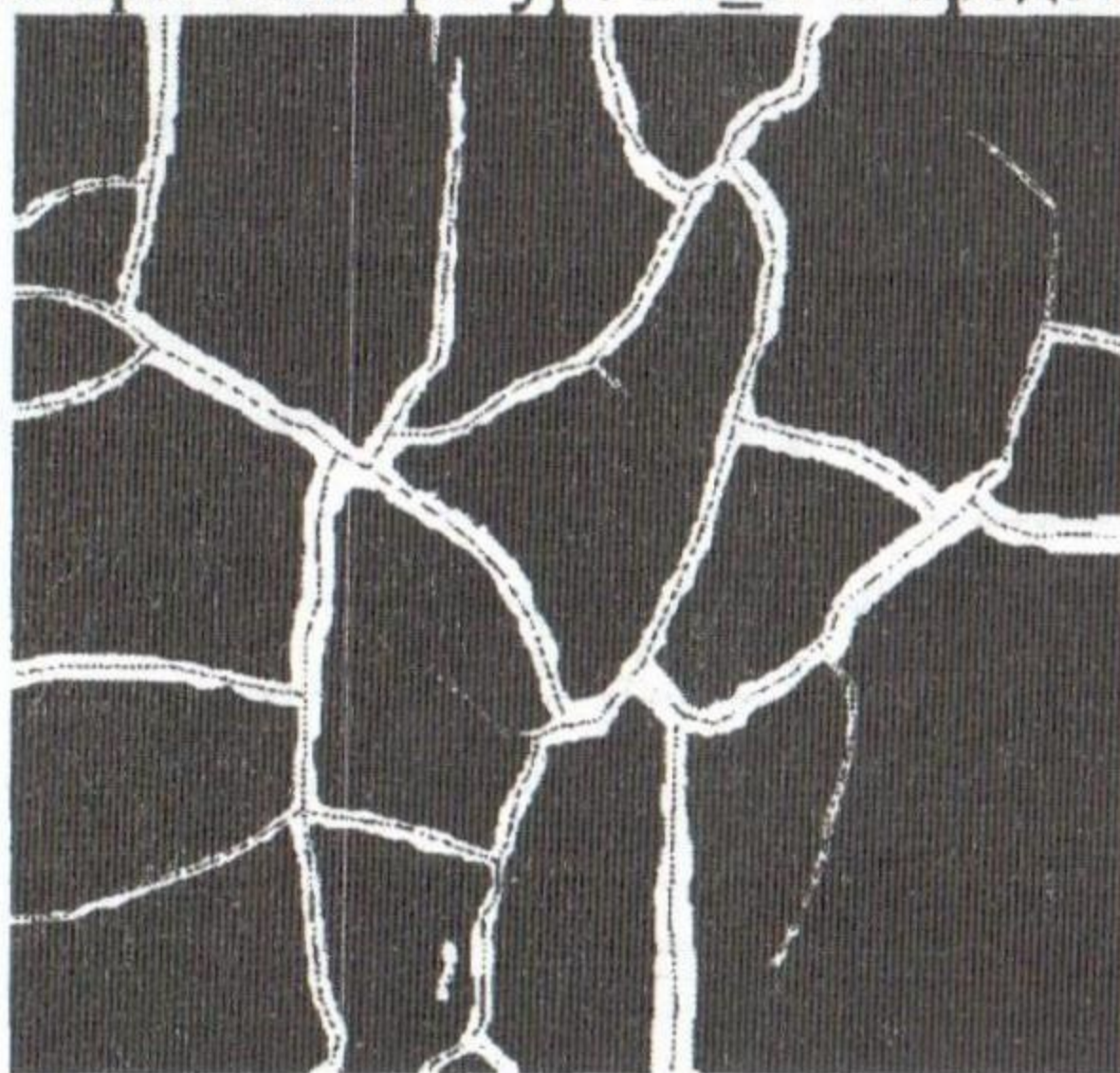
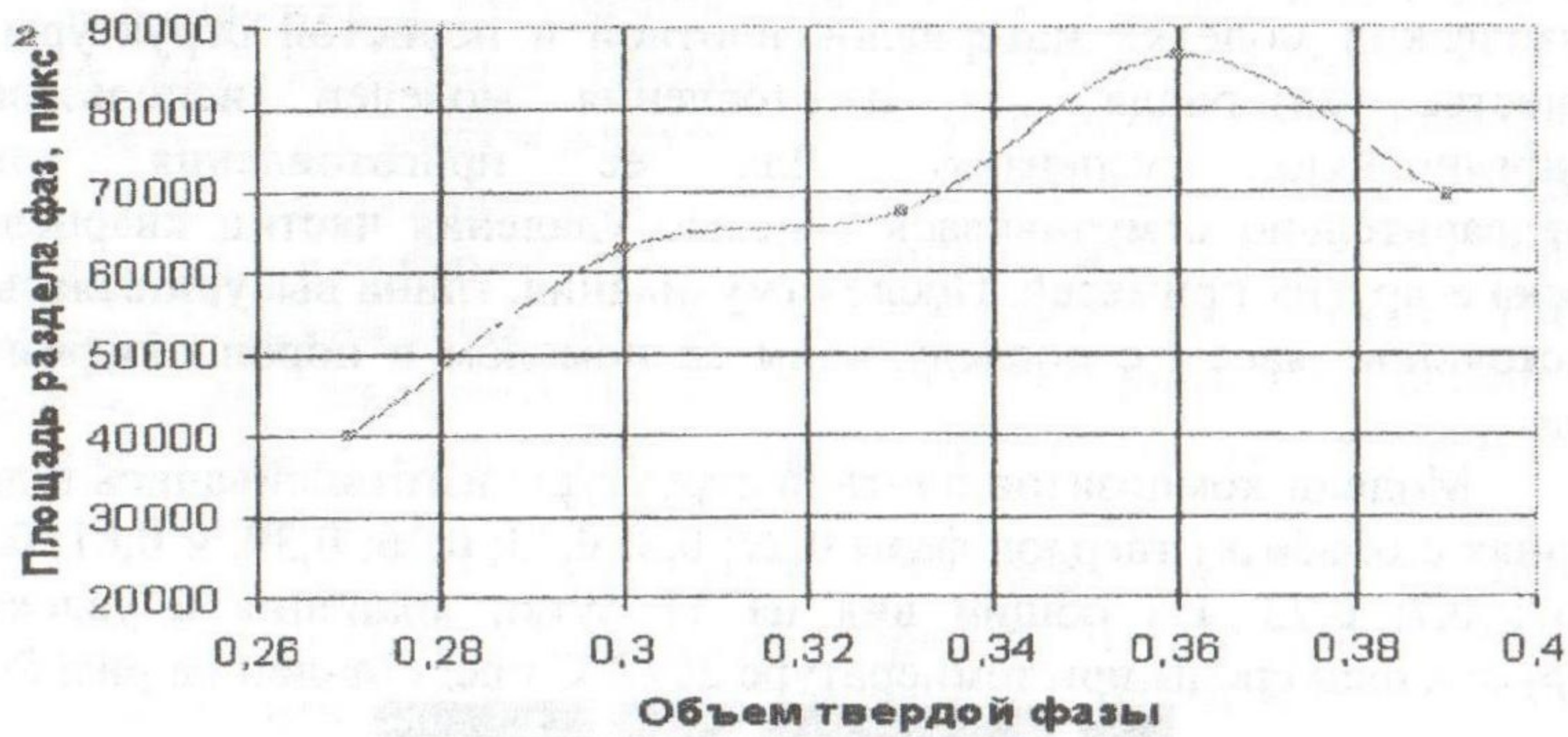


Рис. 5. Общий вид модели материала плотной структуры.

Каждая из структур фиксировалась при помощи цифровой фотокамеры с последующей компьютерной обработкой. Определяли следующие характеристики: площадь раздела фаз, площадь твердой фазы, общую протяженность границ раздела фаз и их среднеарифметическую ширину. В качестве метрической единицы измерения была выбрана компьютерная единица размерностью в 1 пиксель – наименьшая единица двумерного цифрового изображения в растровой (точечной) графике. Все полученные данные сводились в таблицы, строились графики. . Графики, показывающие характер распределения твердой фазы в материалах плотной структуры изображены на рис. 6.

Зависимость площади раздела фаз от количества твердой фазы в объеме.



Зависимость площади раздела фаз от кол-ва твердой фазы в объеме.

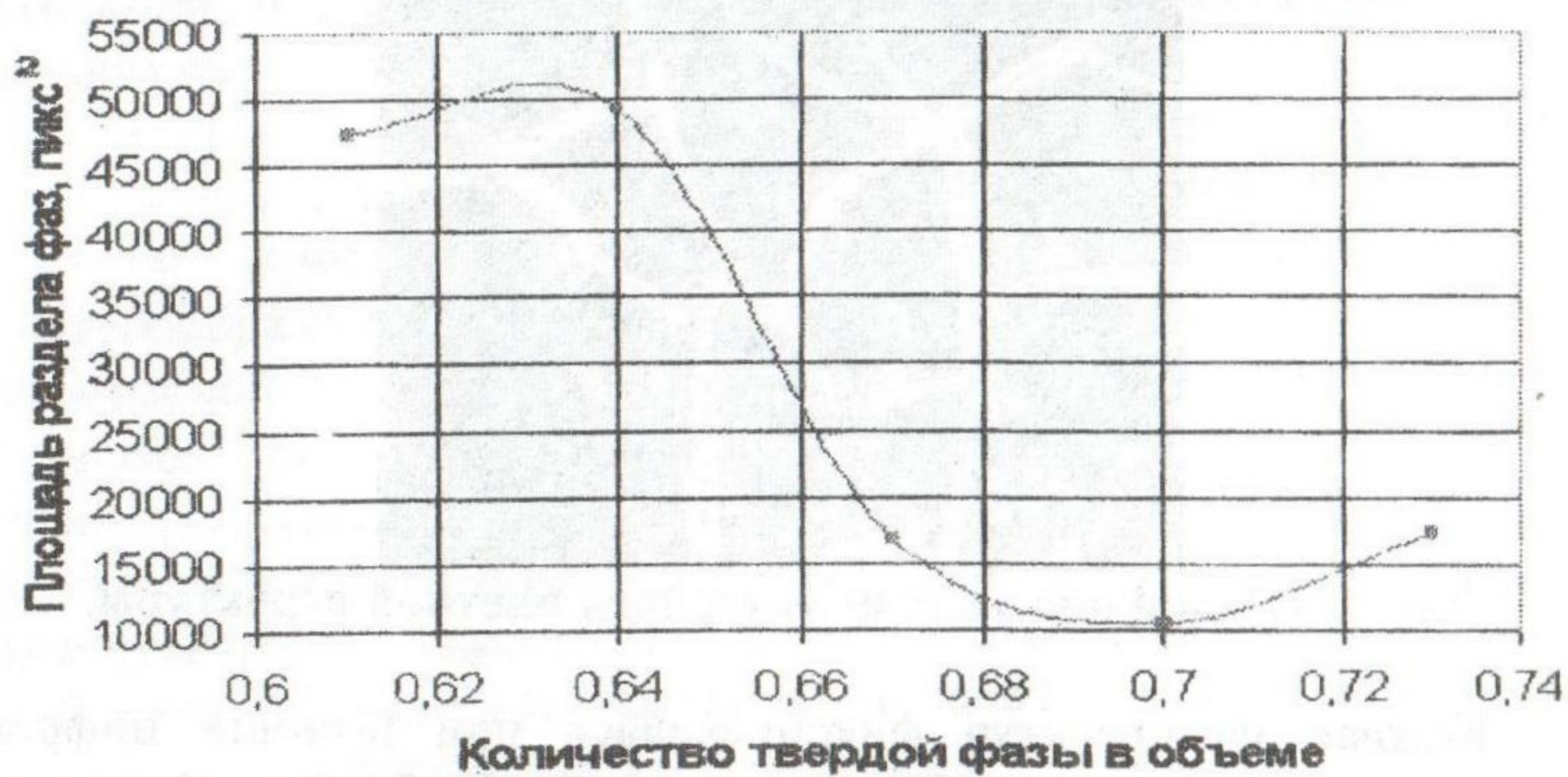


Рис. 6. Характер распределения твердой фазы на моделях материала плотной структуры.

Графики показывают, что на обоих интервалах существуют максимумы значений. В интервале 0,27-0,39 максимум виден при объеме твердой фазы приблизительно в районе 0,36, а в интервале 0,61-0,73 при 0,64.

Пористые модели изготавливались с объемом твердой фазы 0,3; 0,33; 0,36 и меняющемся процентном содержании пор 23,19; 27,8; 33,39; 40 и 45%. Пористость создавалась макропорами сферической формы диаметром 25 мм. Межпоровые перегородки заполнялись водоглиняной суспензией.

После заполнения формы размером 250x250x10 мм водоглиняной суспензией и приобретения определенной структурной прочности из форм удаляли имитаторы пор. Общий вид модели с порами и после дегидратации жидкости представлен на рис. 7. Результаты представлены в табл.1. Графики, характеризующие распределение твердой фазы в материалах пористой структуры показаны на рисунках 8.

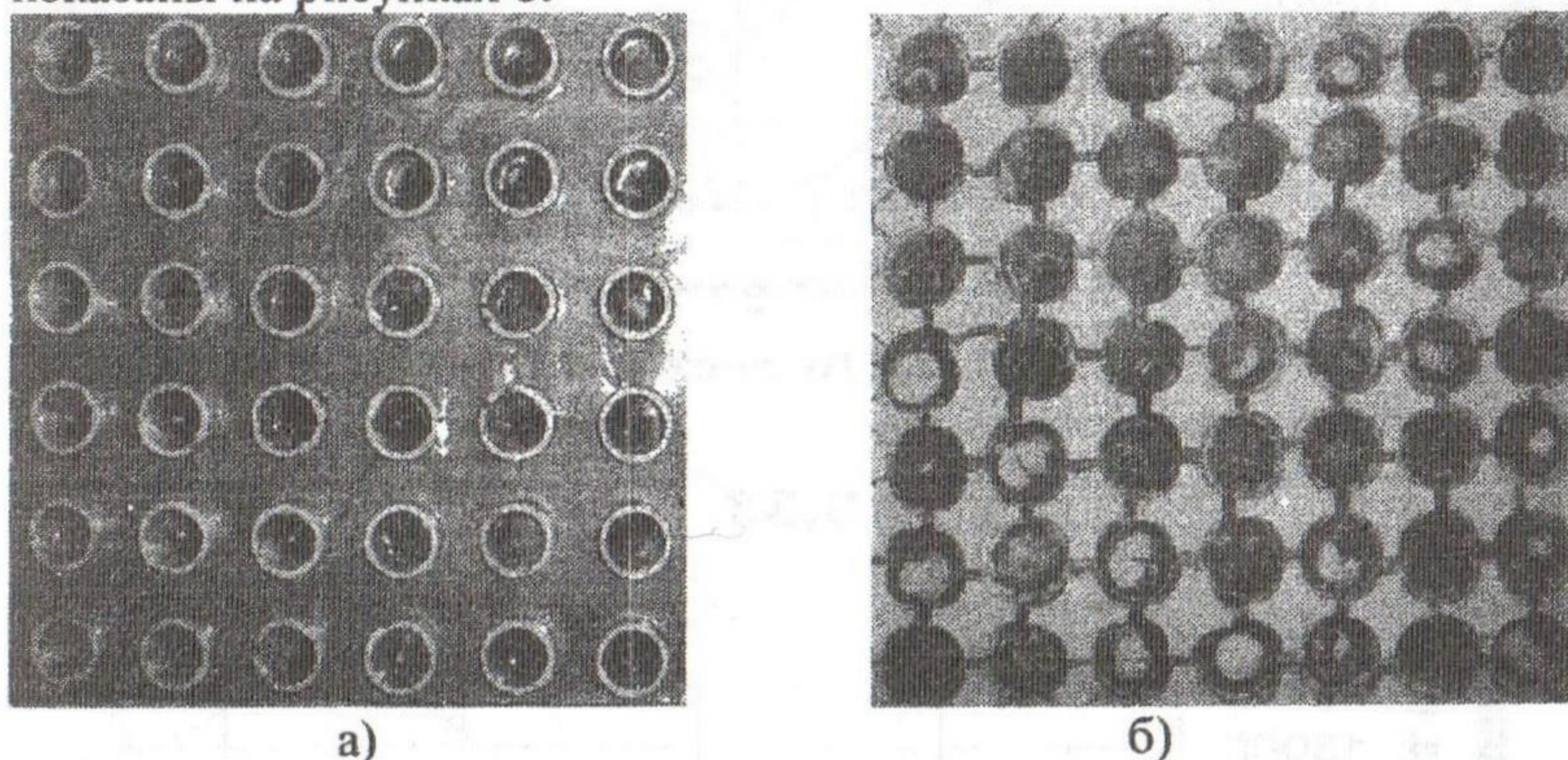
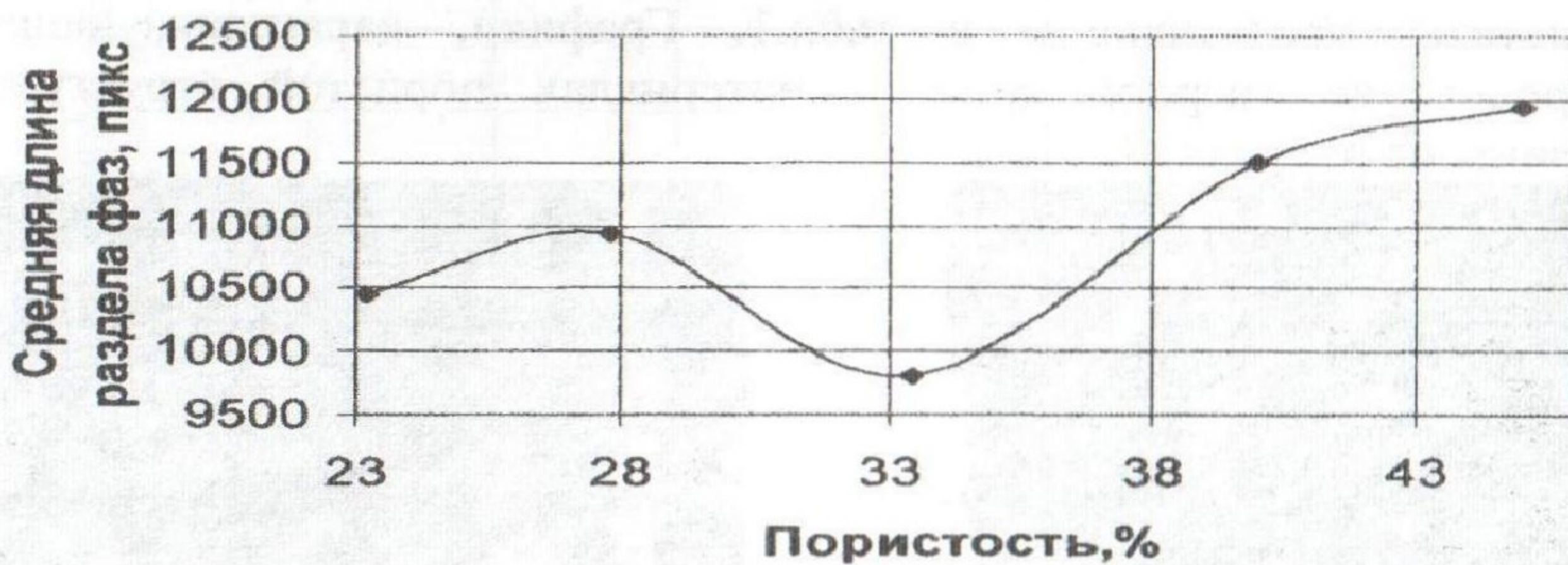


Рис. 7. а) начальный вид модели; б). вид модели после дегидратации.

Таблица 1.

Объем твердой фазы, доли ед.	Пористость, %	ср. S тв. фазы, пикс ² .	ср. S раздела фаз, пикс ²	средн. длина р.ф., пикс	сред. ширина р.ф., пикс
0,3	23,19	250630	83242	10447	7,97
	27,8	201805	64126	10930	5,87
	33,39	157013	49763	9795	5,08
	40	150545	53204	11494	4,63
	45	111928	56253	11946	4,71
0,33	23,19	176781	64632	10620	6,09
	27,8	138366	67025	9398	7,13
	33,39	120918	70460	10582	6,66
	40	113574	56301	14042	4,01
	45	118780	51912	12913	4,02
0,36	23,19	247721	71281	8405	8,48
	27,8	180940	73062	10018	7,29
	33,39	166339	67762	14159	4,79
	40	129924	63679	10877	5,85
	45	113131	51778	11301	4,58

0,3



0,33



0,36

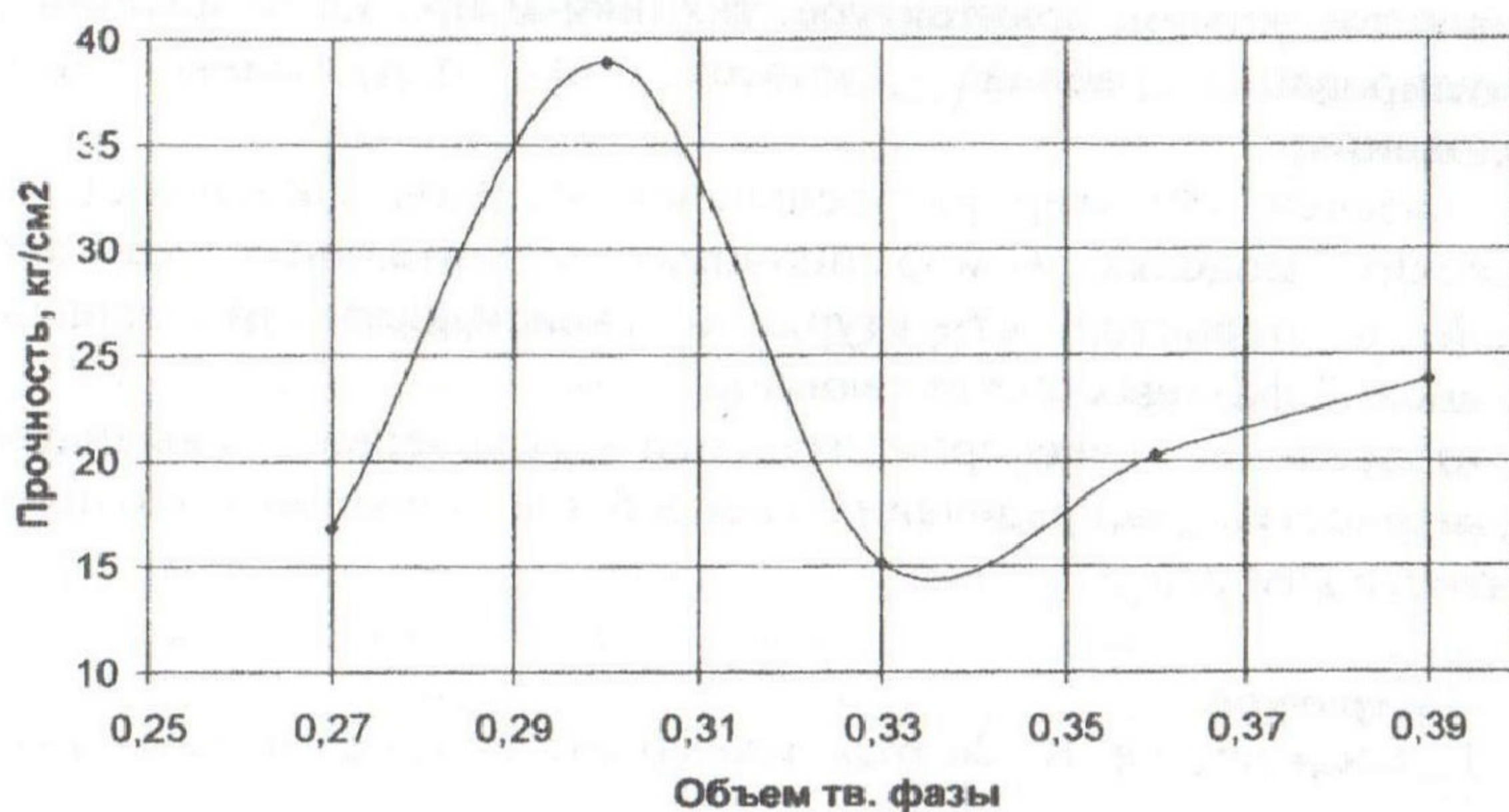


Рис. 8. Характер распределения твердой фазы на моделях материала пористой структуры.

Графики показывают, что в выбранных интервалах существуют максимумы значений, что позволяет сделать вывод о существовании определенных изменений структуры в этих промежутках.

Для выявления закономерностей распределения твердой составляющей был проведен опыт на примере цементного камня. Для этого заформовывались образцы балочек размером 4x4x16см с различным содержанием твердой фазы: 0,27; 0,3; 0,33; 0,36; 0,39; 0,61; 0,64; 0,67; 0,7; 0,73. С дальнейшей выдержкой их при нормальных условиях при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и испытанием на прочность при сжатии. Результаты приведены на графиках. рис. 9.

При содержании твердой фазы 0,27 - 0,39



При содержании твердой фазы 0,61 - 0,73

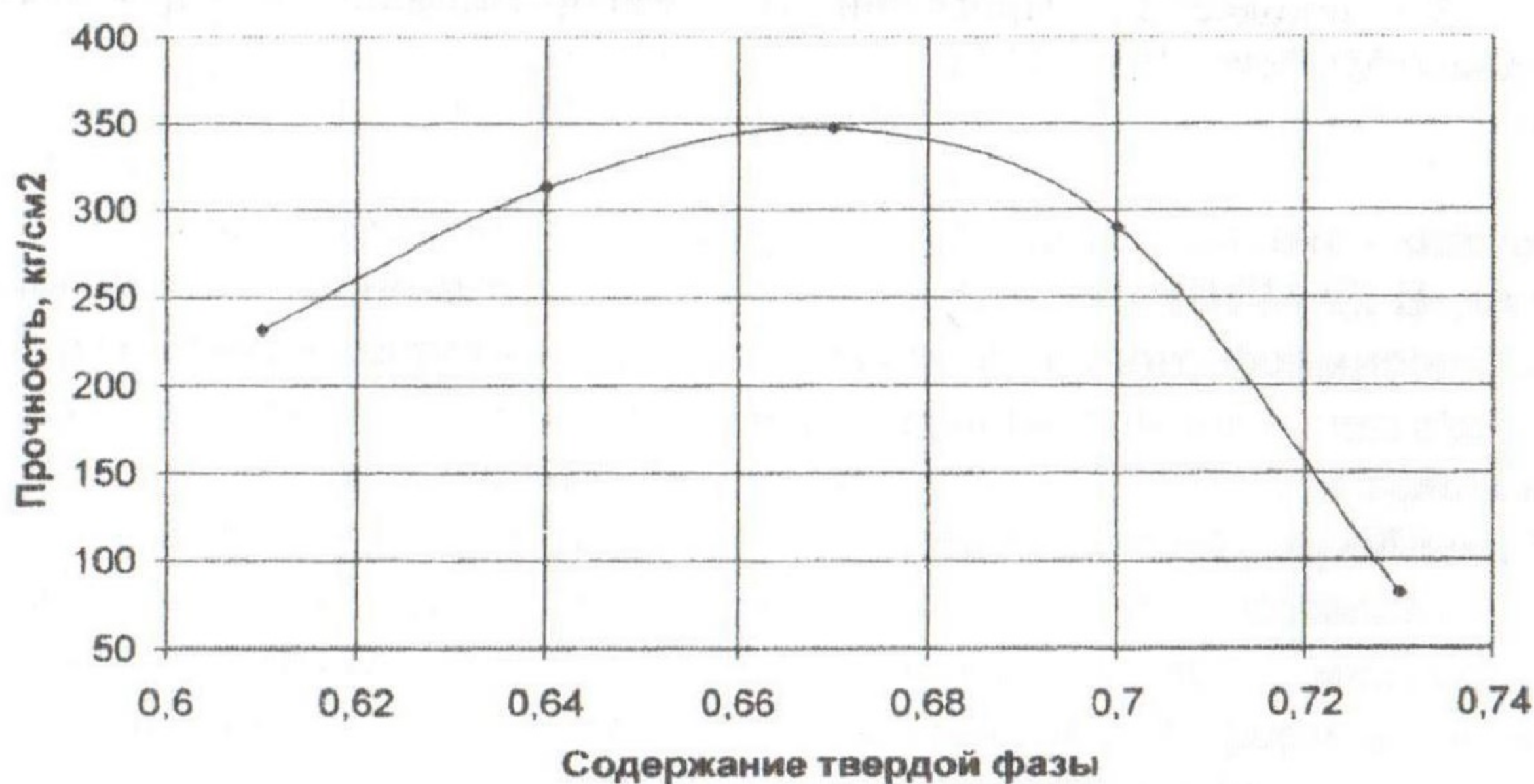


Рис. 9. Прочность цементного камня.

На графиках так же видны максимумы прочности как и в цементном камне так и в пенобетоне по объему твердой фазы приблизительно 0,3.

Дальнейшее уменьшение интервала позволит более определенно говорить о закономерностях в характере распределения твердой фазы и влиянии на прочностные характеристики материалов.

Общие выводы:

- проанализированы литературные данные о роли «магических цифр» в процессах самоорганизации биологических систем, геологии, минералогии, химии, архитектуре, техники и пр., на основании чего сформулирована рабочая гипотеза и определены методы исследования;

- изучен характер распределения твердой составляющей на физических моделях композиционных строительных материалах плотной и пористой структуры в зависимости от начальных соотношений фазовых составляющих;

- проведена экспериментальная проверка, выявленных закономерностей распределения твердой составляющих на примере цементного камня.

Литература.

1. Васютинский Н. Золотая пропорция. Москва, Молодая гвардия. 1990г. 235 с.
2. Сороко Э.М. Структурная гармония систем. Минск, Наука и техника, 1984, 263 с.
3. Николас Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с