

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУКТУРО-ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНОБЕТОНА И РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ.**

**А.М.Ветох, В.И.Мартынов** (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*).

**Представлен анализ экспериментов по исследованию кинетики структурообразования пенобетона, влияние времени затвердевания смеси на свойства пенобетона**

**Введение.** В последнее время достаточно широкое распространение получила общая теория систем. По мнению ее основоположника Л.Берталанфи [1] общая теория систем способствует решению задач интеграции научных знаний, на ее основе строится новый подход к проблеме единства научного знания, вместо редукционизма выдвигается идея перспективизма т.е. единства науки на основе изоморфизма законов в различных областях.

Большинство примеров применения системного анализа основано на представлении объекта в виде самоорганизующихся систем. Самоорганизующимся системам присущи следующие признаки: стохастичность поведения, нестационарность отдельных параметров и процессов, непредсказуемость поведения, способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, сохраняя при этом свойства целостности, возможность из множества вариантов поведения выбора наилучшего.

Образование структур, сопровождающееся неравновесными условиями их организации по определению И. Р. Пригожина [2] получили название диссипативных структур (от латинского *dissipatio* - рассеяние, разрушение). К особенностям диссипативных структур относятся наличие флуктуаций (также от латинского *fluctuatio* - непрерывное движение, колебание). Эти колебания вызваны различными градиентами. В композициях на основе минеральных вяжущих это градиенты концентраций новообразований, градиенты плотности, температуры, влажности и пр. Другой особенностью диссипативных структур является самопроизвольное образование организованных структур вдали от равновесного состояния (равновесия из хаоса). Новые структуры качественно отличаются от первоначальных и образуются скачкообразно в т.н. точках (зонах) бифуркаций. В этих точках поведение системы из предсказуемого (детерминированного) становится вероятностным (стохастическим).

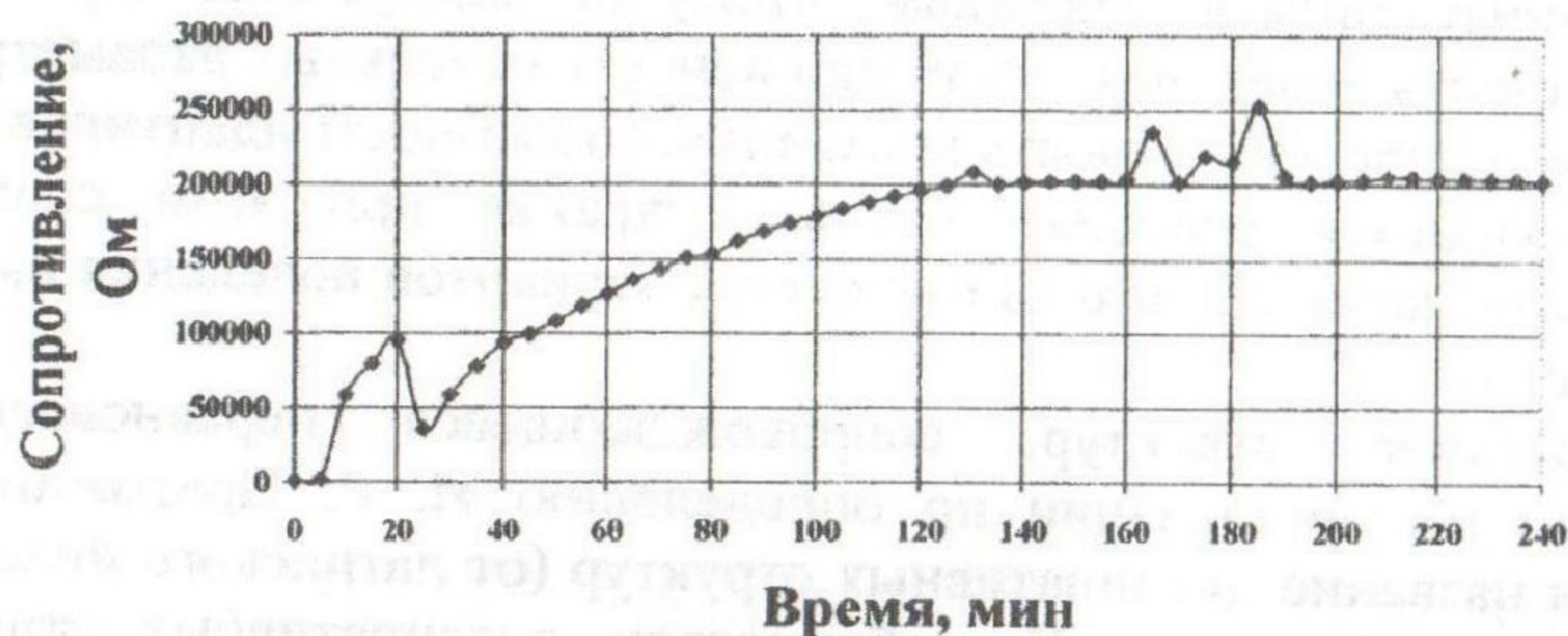


Вследствие этого, высказана гипотеза, что пенобетон, на начальной стадии структурообразования, представляет собой самоорганизующуюся диссипативную структуру. Такие структуры проявляют характерные свойства: в состоянии неустойчивости они могут казаться чувствительными к малейшим случайным отклонениям в среде.

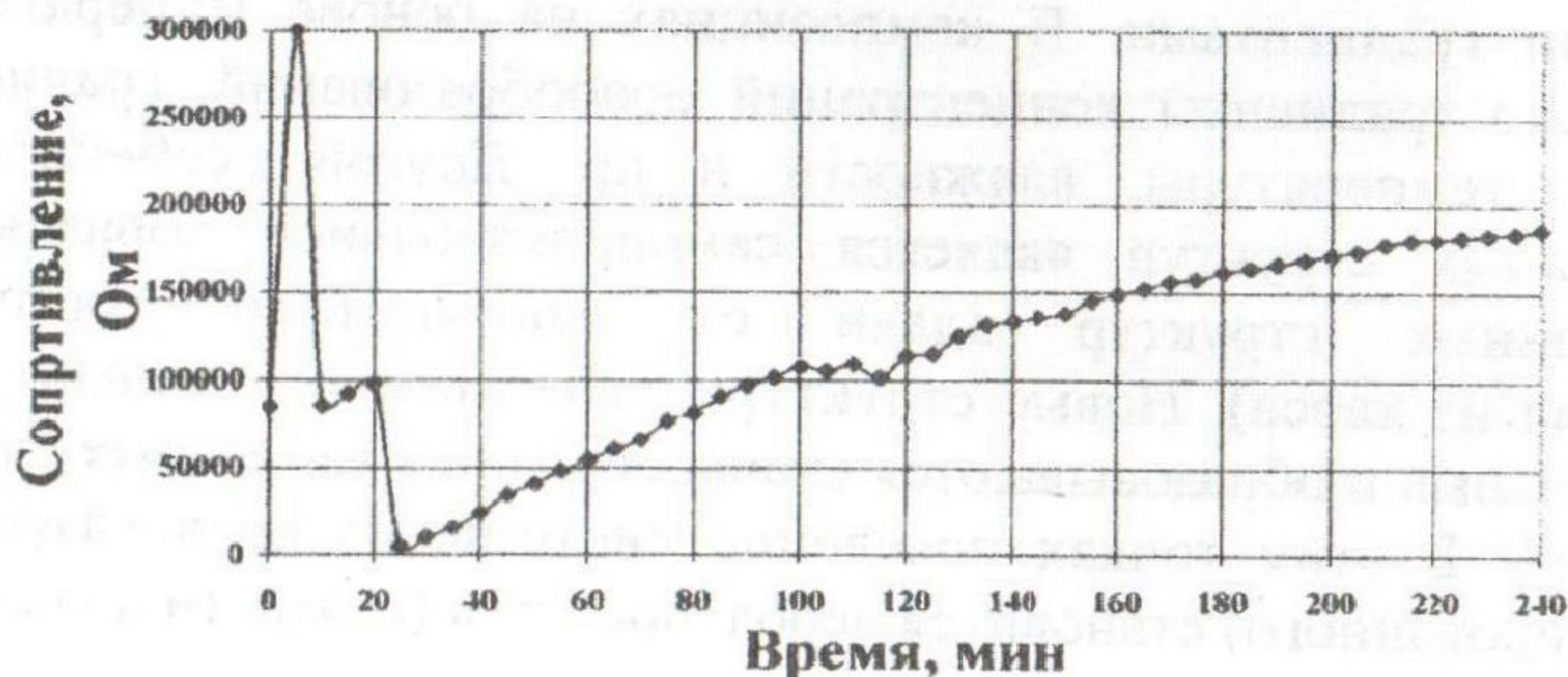
Целью работы является исследование процесса структурообразования пенобетона и разработка способов управления его структурой и свойствами.

Методика и результаты экспериментов. Для экспериментального обнаружения автоколебаний в затвердевающей пенобетонной смеси был использован метод Бобрышева-Соломатова [3] – измерение электрического сопротивления пенобетонной смеси. Пенобетонную смесь соответствующего состава помещали в изоляционный полиуретановый цилиндр высотой 100мм и диаметром 45мм. Электрическое сопротивление измеряли при помощи прибора «MULTIMETER DT-830B». Замеры производили через каждые 5 минут.

В/Ц=0,35



В/Ц=0,45





$В/Ц=0,55$

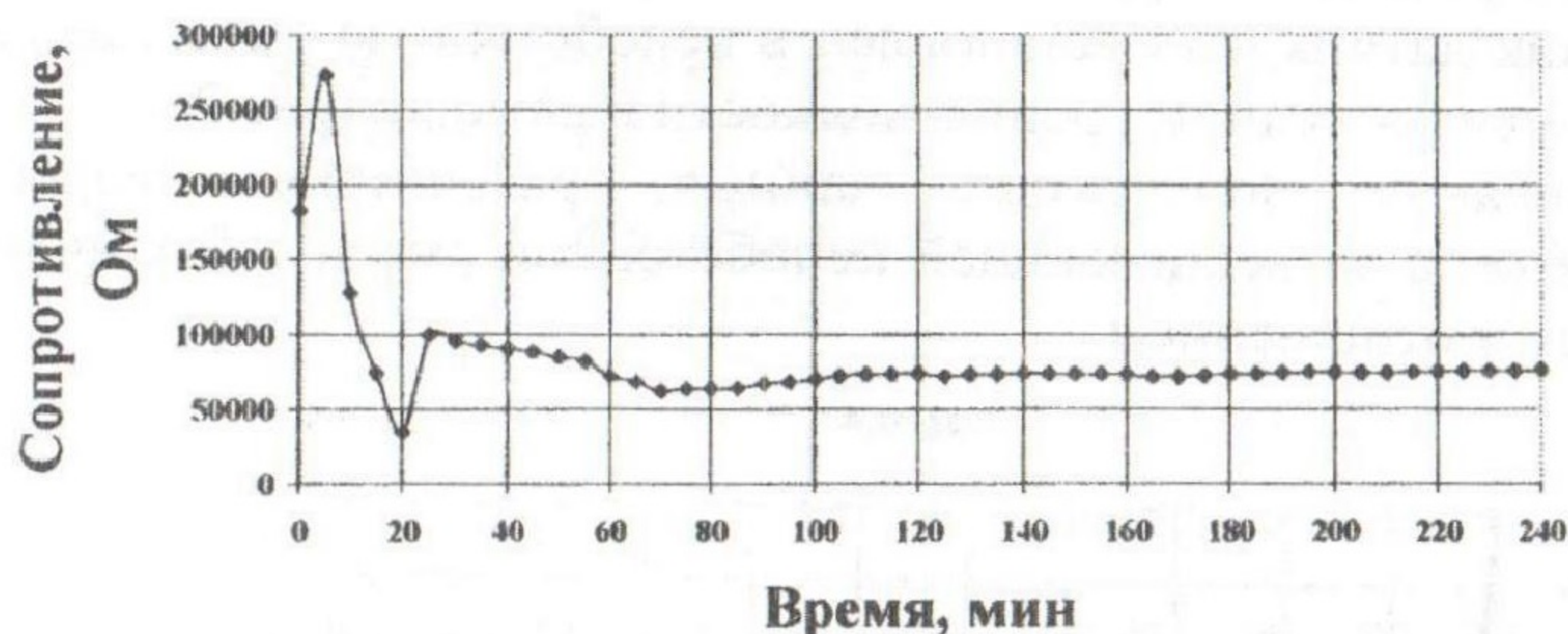


Рис.1. Влияние фазовых соотношений на электросопротивление пенобетонной смеси.

На графиках показаны зависимости электрического сопротивления от водоцементного отношения.

Рассматривая график с  $В/Ц=0,35$ , можно отметить, что в первые 20 минут происходит резкое увеличение сопротивления, затем следующие 5 минут — уменьшение, далее наблюдается плавное увеличение сопротивления в течение 25-160 мин. После этого следует волновое изменение сопротивления (165-190 мин.). В последующий промежуток времени (190-300 мин.) происходит стабилизация электрического сопротивления.

Подобный характер кинетики изменения электросопротивления затвердевающей смеси при  $В/Ц=0,45$  и  $0,55$ .

В другом эксперименте исследовалась скорость изменения объёма затвердевающей пенобетонной смеси. Для этого в пенобетонную смесь помещали датчик.

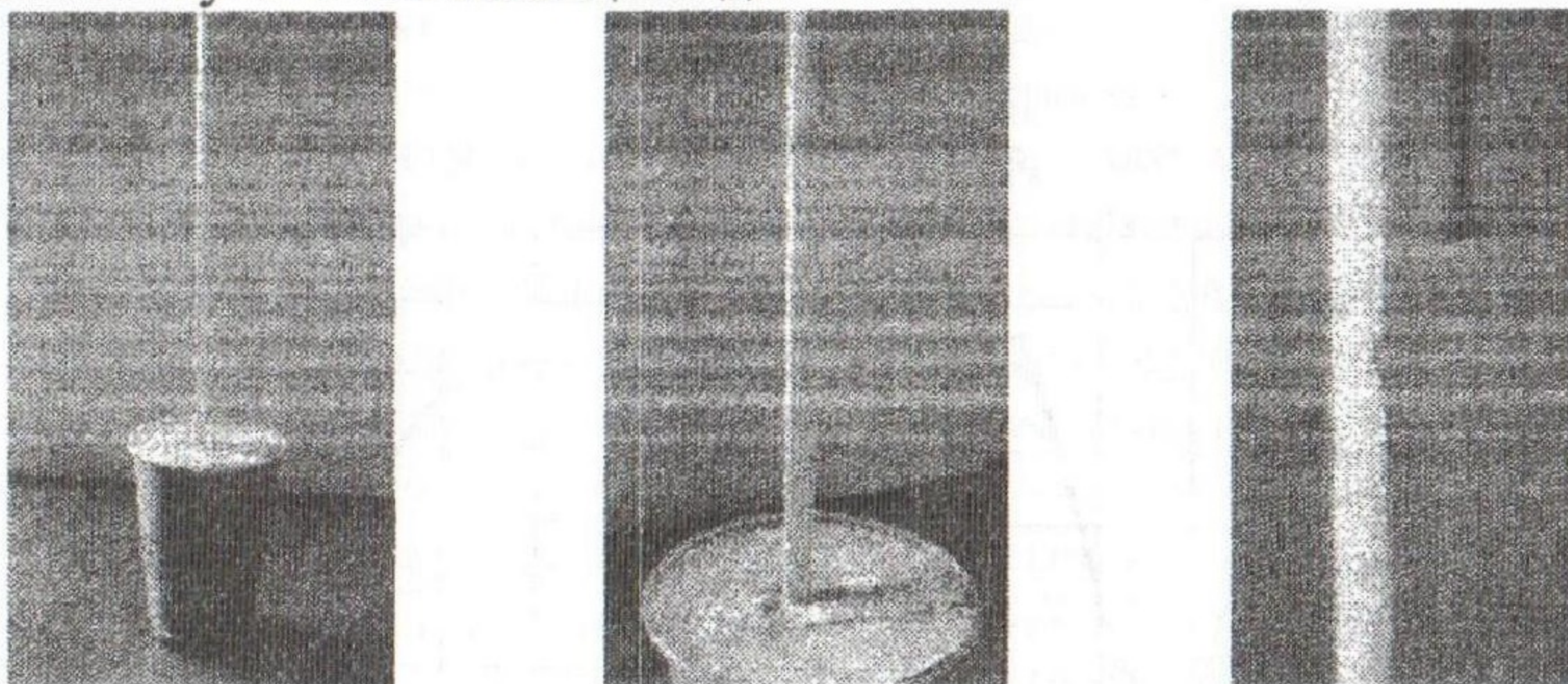


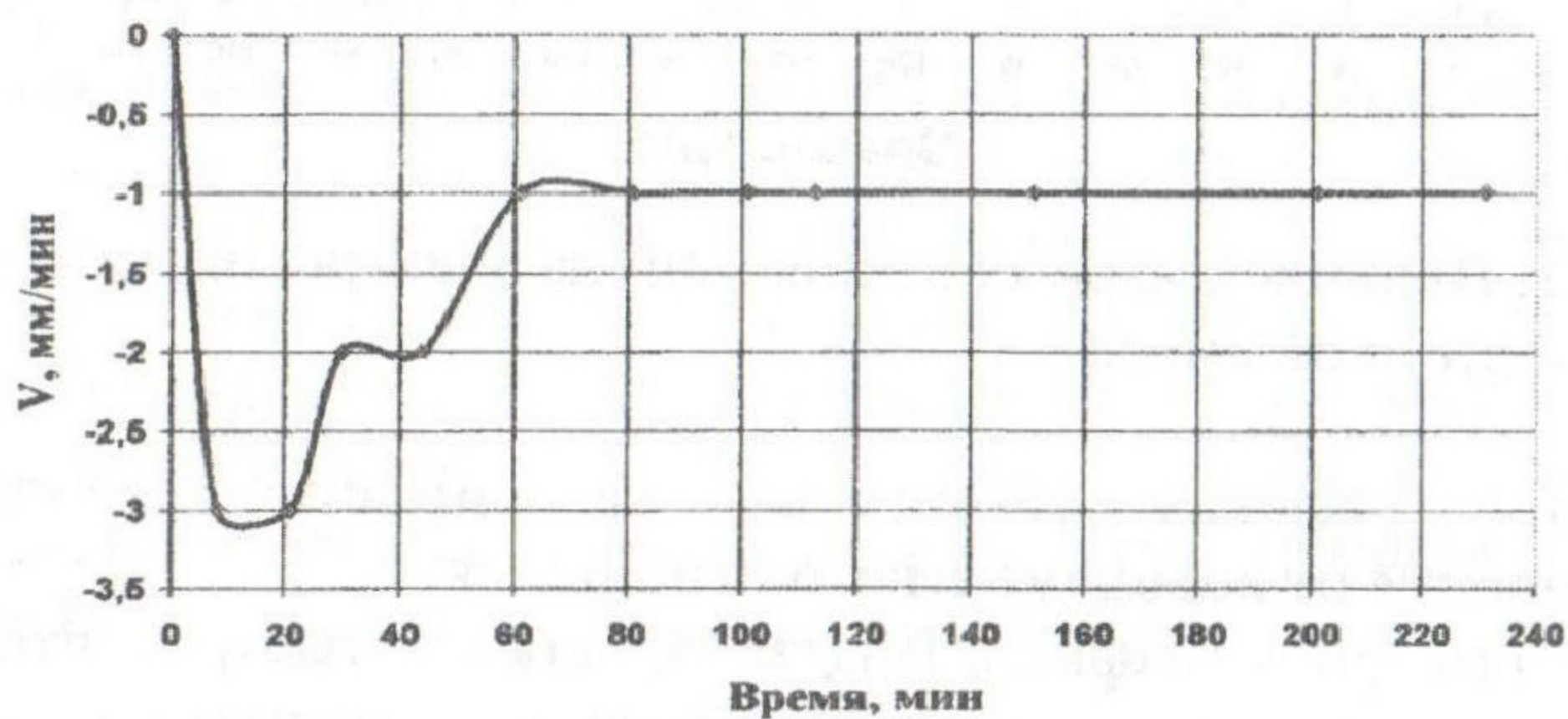
Рис.2. Методика измерений изменения объёма затвердевающей пенобетонной смеси.



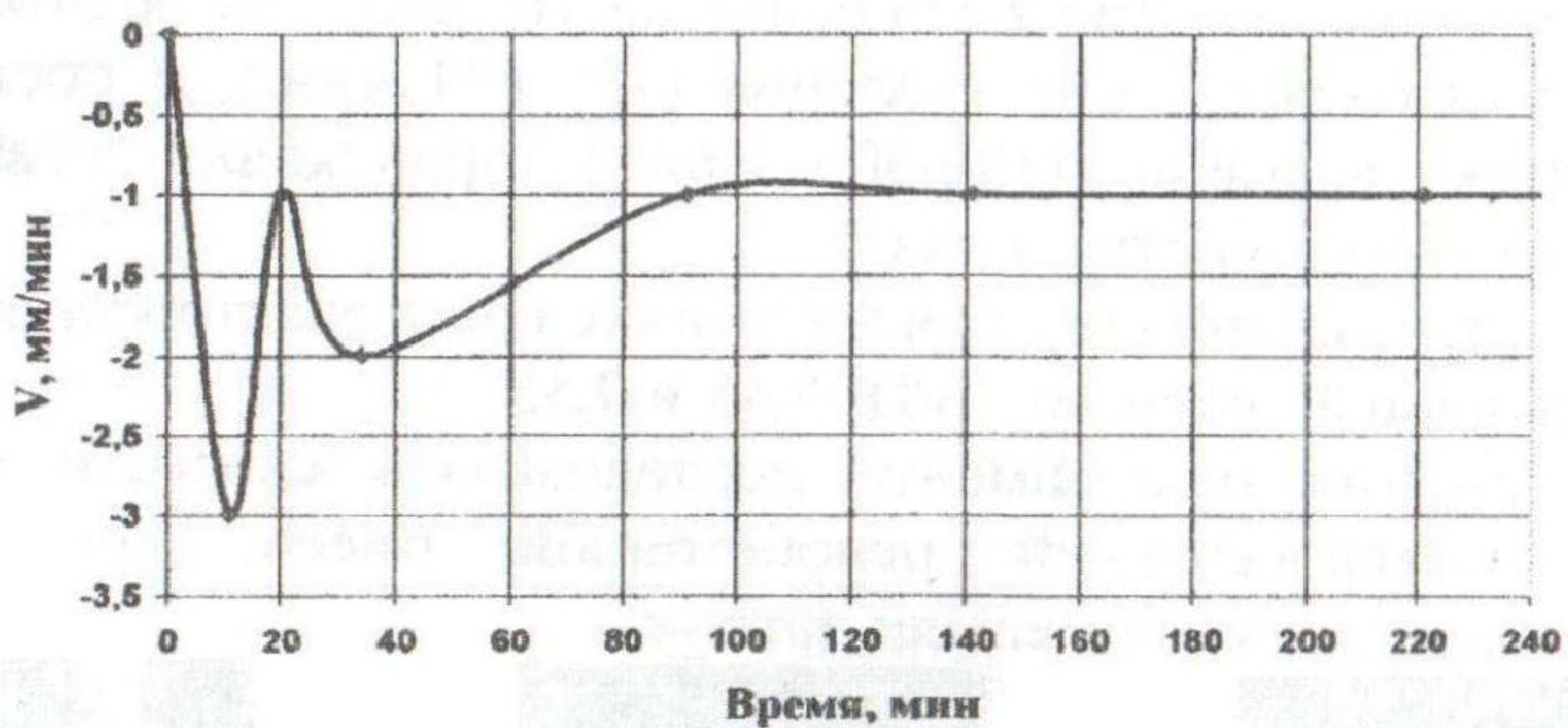
Датчик представляет собой стеклянную трубку с градуировкой, соединенной с резиновой грушей с одной стороны, заполненной водой. После того как датчик был установлен в пенобетонную смесь, велось наблюдение за изменением уровня жидкости в датчике (рис.2)

На основании полученных данных, рассчитаны скорости изменения объема затвердевающей пенобетонной смеси с различным водоцементным отношением.

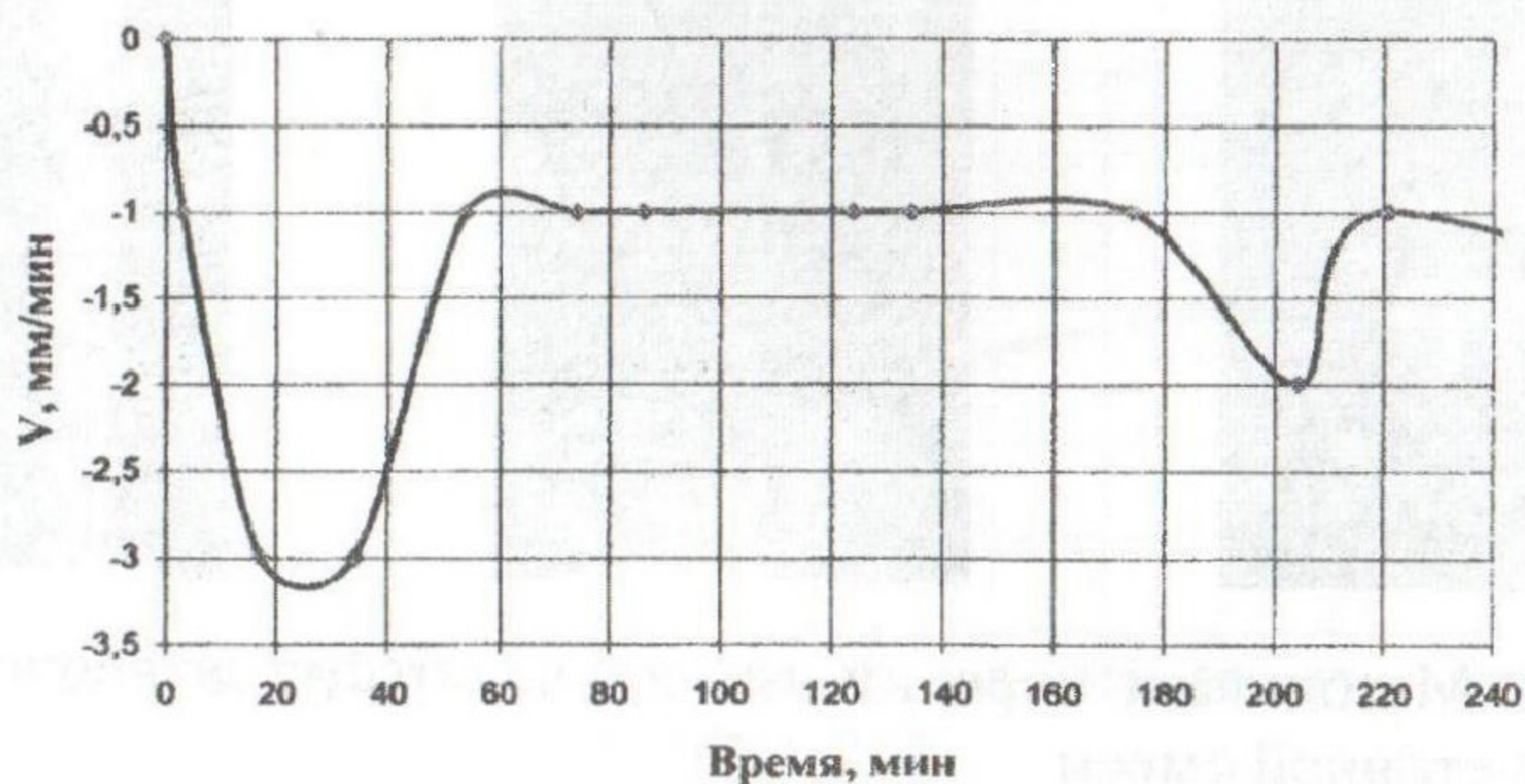
В/Ц=0,4



В/Ц=0,45



В/Ц=0,5





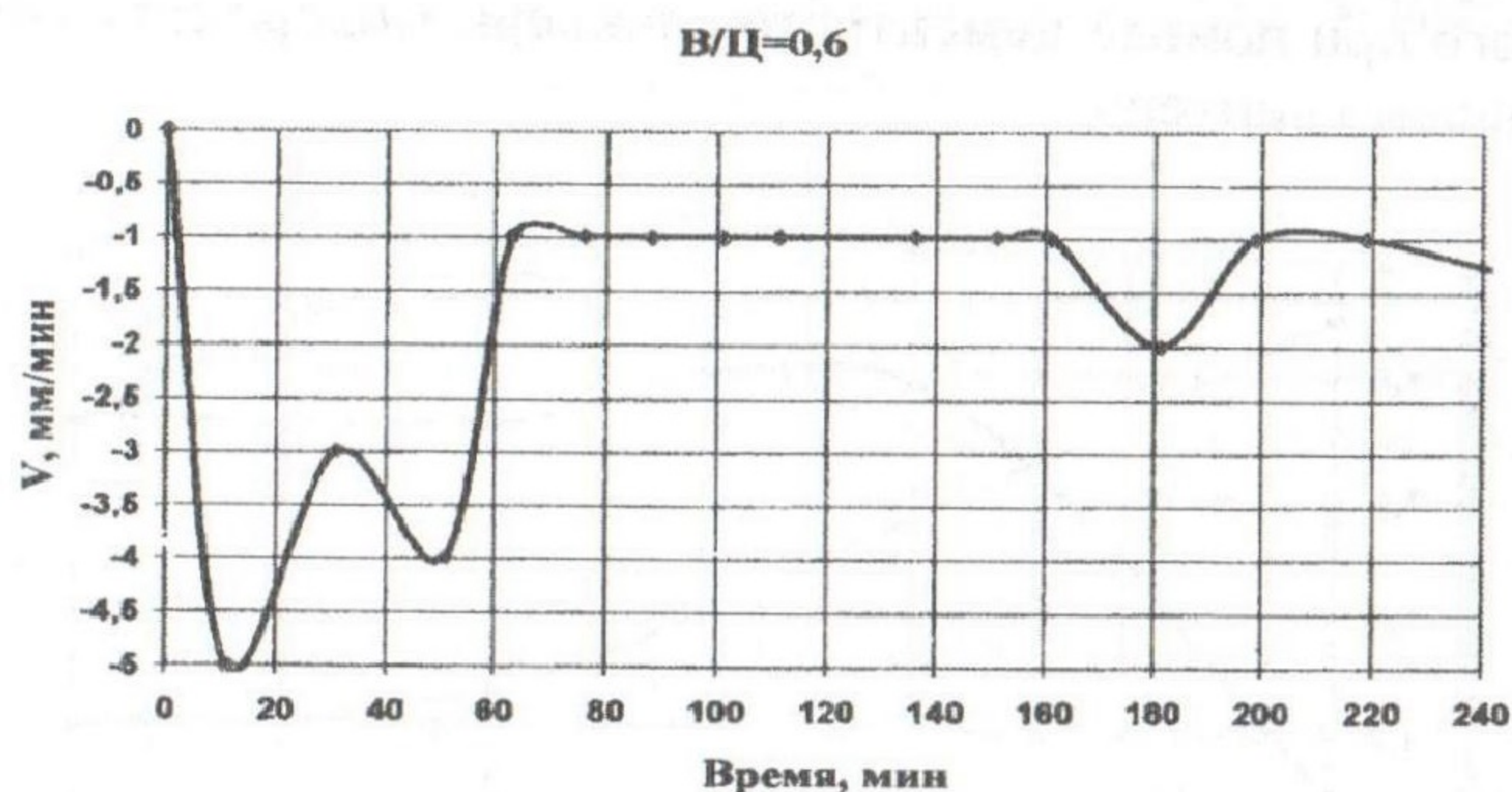
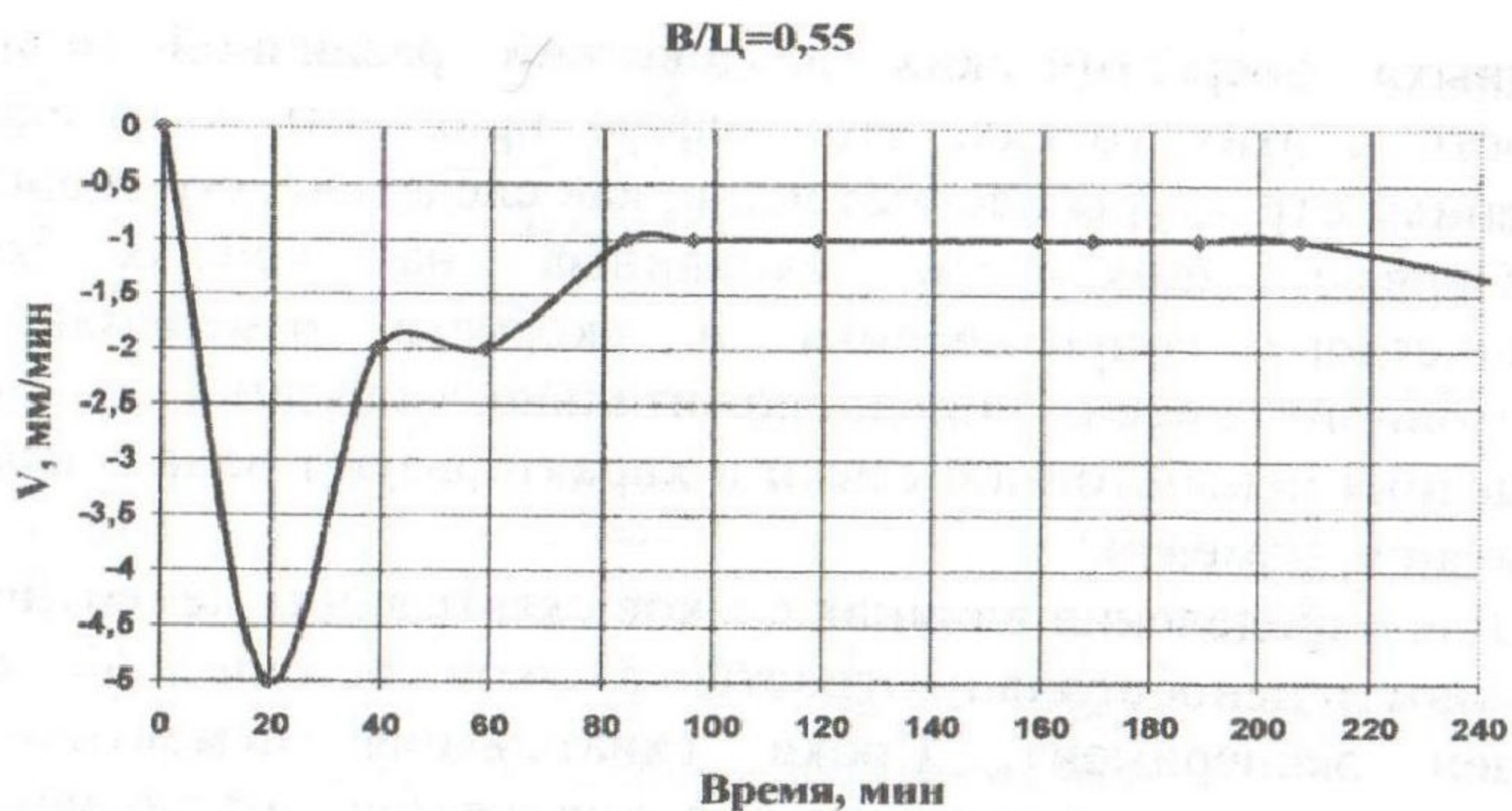


Рис.3. Скорость изменения объема пенобетонной смеси, при В/Ц= 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6.

Графики свидетельствуют, что в начальный период формирования структуры пенобетона, процесс происходит нелинейно, а волнообразно. Так во всех случаях в первое время объём системы изменяется со скоростью 3-5 мм/мин, затем следует период замедления набора скорости, также немонотонно и период стабилизации. Характерные пики и впадины на кривых кинетики изменения скорости объёма пенобетонной смеси могут рассматриваться, как точки, в которых происходят некие качественные преобразования (бифуркации). Причем эти периоды во времени совпадают как на кривых изменения электрического сопротивления, так и на кривых изменения скорости объёма пенобетонной смеси. Таким образом, оба метода могут быть использованы для экспериментального определения зон бифуркаций пенобетонной смеси. Дальнейшему исследованию подлежит изучение влияния



«точечных» энергетических воздействий различной природы и мощности в этих точках, что должно приводить к качественным изменениям структуры пенобетона, и, как следствие, его свойствам.

Первые «пики» и «впадины» на кривых кинетики электрического сопротивления и скорости изменения объёма пенобетонной смеси, предположительно, связаны со сроками схватывания пенобетонной смеси и характеризуют начальный период схватывания цемента.

Для определения влияния сроков схватывания цементного теста на прочность пенобетона плотностью в сухом состоянии  $600 \text{ кг/м}^3$  был проведен эксперимент. Сроки схватывания цементного теста регулировались за счет изменения количества полуводного гипса, вводимого при помоле цементного клинкера. Содержание гипса- 1,2 и 3% от массы клинкера.



Рис.4. Зависимость прочности пенобетона от диаметра расплыва раствора.

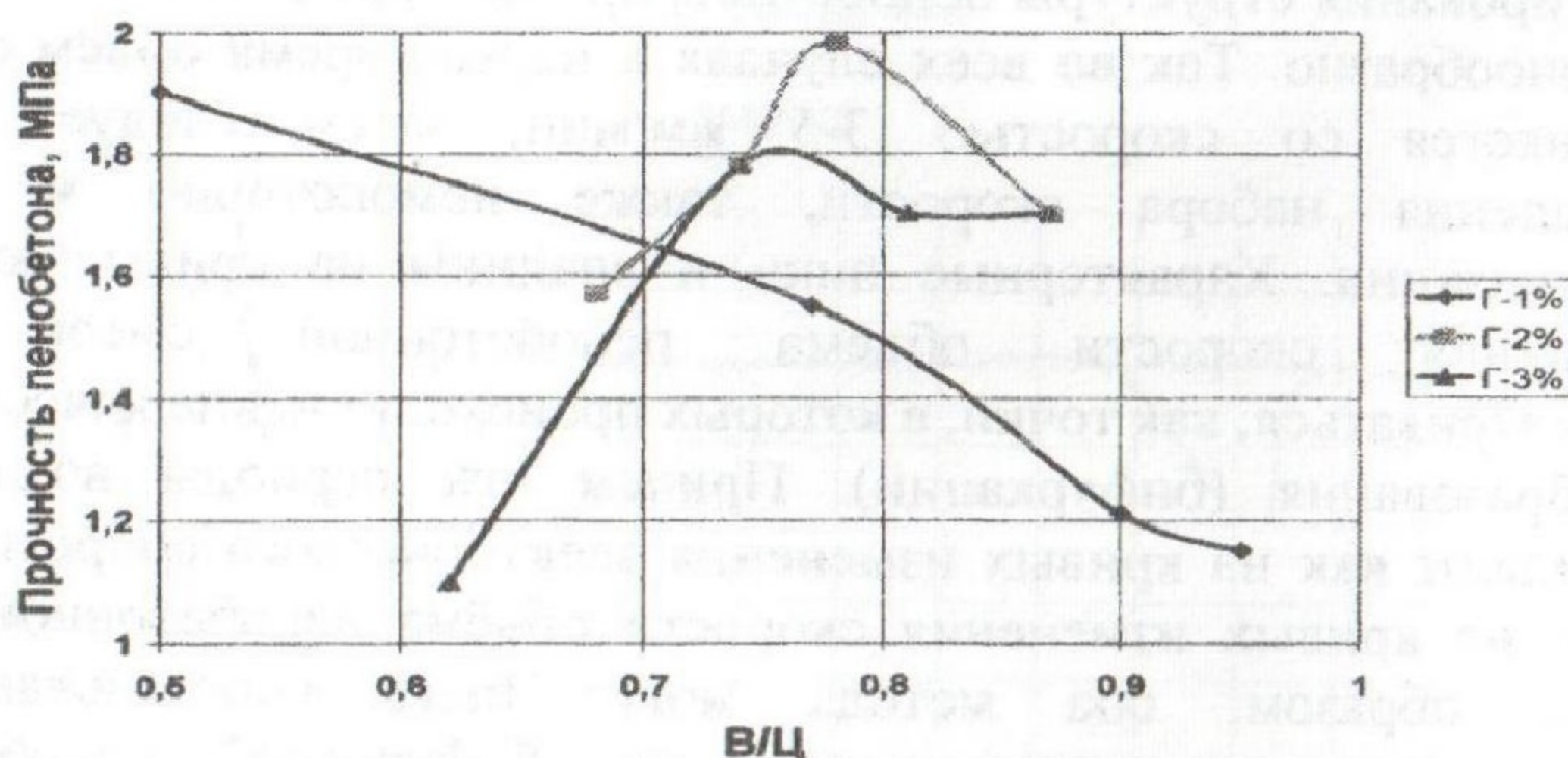


Рис.5. Зависимость прочности пенобетона от В/Ц.





Рис.6. Зависимость прочности пенобетона от прочности растворной составляющей.

Графики на рисунках 4 и 5 отражают влияние водопотребности растворной смеси (диаметр расплыва раствора по вискозиметру Сутгарда) и водоцементного отношения на прочность пенобетона. При содержании гипса в клинкере 1% (быстрое схватывание, «ложное» схватывание цемента) наибольшая прочность пенобетона достигается при диаметре расплыва растворной смеси 280 мм и В/Ц=0,5. В дальнейшем с повышением расхода воды прочность пенобетона снижается. Градиент прочности в диапазоне изменения переменных составляет 0,72 МПа, при этом В/Ц изменяется от 0,5 до 0,95. С замедлением сроков схватывания цементного теста (содержание гипса 2%) характер влияния этих факторов изменяется. При изменении диаметра расплыва раствора от 280 до 360 мм прочность пенобетона повышается от 1,5 до 1,95 МПа, а затем несколько снижается до 1,7 МПа. Максимальный градиент прочности составляет 0,4 МПа, а водоцементного отношения – 0,2. При содержании гипса 3% градиент прочности составляет 0,68 МПа, а В/Ц-0,26.

Графики, приведенные на рис.6 построены с целью обнаружения влияния прочности растворной составляющей, как конструктивного материала межпоровых перегородок (матрицы, скелета) пенобетона на его прочность. Выявлено, что пропорциональную взаимосвязь прочность пенобетона с активностью растворной составляющей имеет при быстром схватывании вяжущего. При замедлении сроков схватывания эта взаимосвязь носит неоднозначный характер. Более того, можно констатировать, что с увеличением периода схватывания вяжущего прослеживается обратно пропорциональная зависимость между прочностью пенобетона и активностью растворной



составляющей (содержание гипса 2 и 3%). Однако приведенные графики отражают результат, а не причину. По нашему мнению, причину выявленного явления необходимо искать в процессах самоорганизации системы «пенобетон», а именно, влиянии начальных условий формирования первичной структуры пенобетона на характер сформировавшейся, упорядоченной структуры в виде различных наборов распределений твердой составляющей [4].

#### **Выводы:**

1. Предложены и апробированы методы, подтверждающие, что в начальный период формирования пенобетона в пенобетонной смеси возникают самопроизвольные колебательные процессы, подтверждающие наличие явлений самоорганизации. Методы позволяют экспериментально выявлять характерные периоды (пики и впадины на кинетических кривых), в которых возможно происходят качественные преобразования структур. За счет энергетических воздействий в этих точках представляется возможность направленного управления структурой и свойствами пенобетона.

2. Показано, что начальный период формирования структуры пенобетона определяет его прочностные свойства. В частности, изменение сроков схватывания цементного теста и пенобетонной смеси приводит к значительному изменению его прочности.

#### **Литература.**

1. Берталанфи Л. Общая теория систем: Обзор проблем и результатов // Системные исследования. М., 1969.
2. Николис Г., Пригожин И., Самоорганизация в неравновесных системах, пер. с англ., М., 1979.
3. А. Н. Бобрышев, Н.И. Макридин, В.И. Соломатов. Явление самоорганизации в твердеющих цементных системах. Методический материал в помощь лектору. Пенза. 1989. С. 35.
4. Мартынов В.И., Орлов Д.А., Мартынов Е.В., Бойко Т.В. Изучение характера распределения твердой фазы в процессе дегидратации на физических моделях материалов макропористой структуры. Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск №20. Одеса, 2005 с.243-249