

**К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВЗАИМНОГО  
ВЛИЯНИЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ И ОКРУЖАЮЩЕЙ  
ЗАСТРОЙКИ НА ИХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Дорофеев В.С., Рылеев Г.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)*

**Решена прикладная задача повышения эффективности проектирования и строительства зданий, сооружений и их комплексов путем совершенствования теоретических основ аэродинамики зданий, за счет определения аэродинамических характеристик высотного здания в различных градостроительных ситуациях.**

Анализ состояния рассматриваемого вопроса показывает, что исследование строительных объектов в воздушном потоке, сохраняет свою актуальность в настоящее время.

Одним из важнейших аспектов, определяющих характер взаимодействия зданий с воздушным потоком и микроклимат окружающей застройки, являются их аэродинамические характеристики.

В современном мире наблюдается тенденция повышения плотности и средней этажности застройки городов [4]. Высотное домостроение не только видоизменяет панораму и привносит архитектурный акцент в композиционное решение, но и существенно изменяет параметры микроклимата окружающей застройки.

Строительство отдельно стоящих высотных зданий в районах существующей застройки явление достаточно частое. Однако взаимное влияние высотного здания и окружающей застройки на их аэродинамические характеристики не изучено.

Незнание, в процессе проектирования, закономерностей взаимодействия зданий с воздушным потоком, приводит к возникновению проблемных ситуаций при их эксплуатации:

- значительному ухудшению климатического режима в отдельных частях зданий и в свободных от застройки пространствах;
- отрыву элементов отделки вентилируемых фасадов и потере жесткости элементов крепления каркаса;
- ухудшению работы вентиляционных систем существующих зданий окружающей застройки;

- невозможности использования ветра, как альтернативного источника энергии.

В процессе работы были решены следующие научно-исследовательские задачи:

- выполнен анализ информационных источников по теме исследований;

- определены основные факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на аэродинамические характеристики высотного здания и окружающей застройки;

- выявлены наиболее существенные, при решении градостроительных задач, аэродинамические характеристики взаимного влияния высотного здания и окружающей застройки;

- разработана методика экспериментальных исследований для изучения аэродинамических свойств зданий, сооружений и их комплексов;

- определены аэродинамические характеристики взаимовлияния высотного здания и окружающей застройки;

- выполнена апробация и внедрение полученных результатов;

- разработаны рекомендации по практическому применению результатов работы.

Типы зданий, сооружений и комплексов можно рассматривать с точки зрения их взаимодействия с воздушным потоком, причем, как отдельные здания, так и здания в различных планировочных сочетаниях и различной степени сложности. Некоторые элементы зданий и сооружений также могут оказывать существенное влияние на их аэродинамические характеристики /2/. (Рис.1).

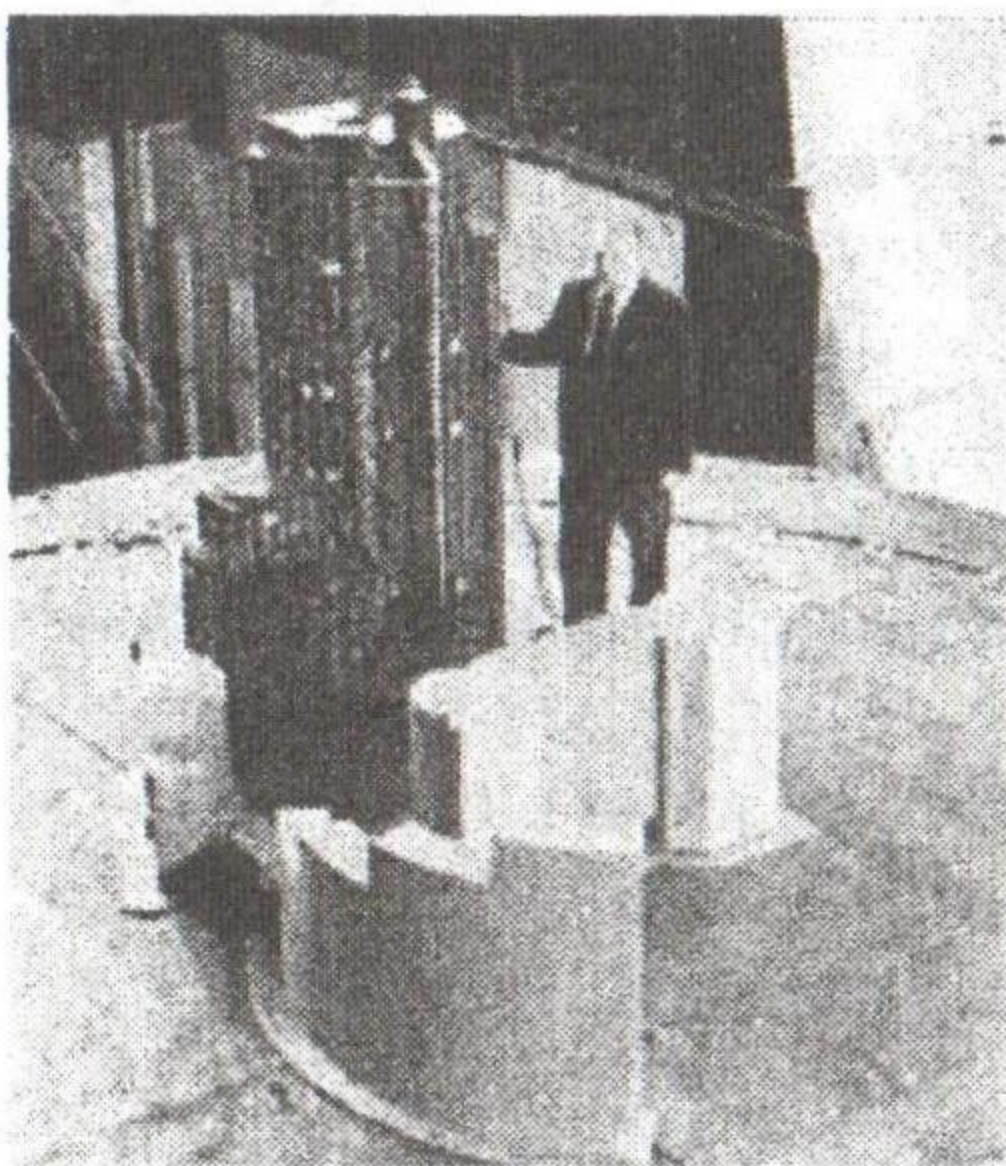


Рис. 1. Макет высотного здания, установленный для испытания в аэродинамической трубе ЦАГИ. /2/

Воздействие на здания ветра в сочетании с климатическими факторами, и проблемные ситуации, возникающие вследствие отсутствия

знаний о характере взаимодействия с воздушным потоком, могут породить отрицательные аэродинамические эффекты.

Ветровые воздействия на высотные здания являются, по существу, основными на платформенных территориях и в районах со слабой сейсмичностью. Так, например, в некоторых регионах ветровые нагрузки на сооружения выше 75 м превосходят проектное 5-балльное воздействие от возможных землетрясений. Немаловажно, что ветер, в отличие от сейсмических событий, действует постоянно. Это влияет как на комфортность обитания людей, так и на физико-химические процессы, (в том числе и усталостные) в конструкциях и грунтах оснований зданий /5/. (Рис.2,3).

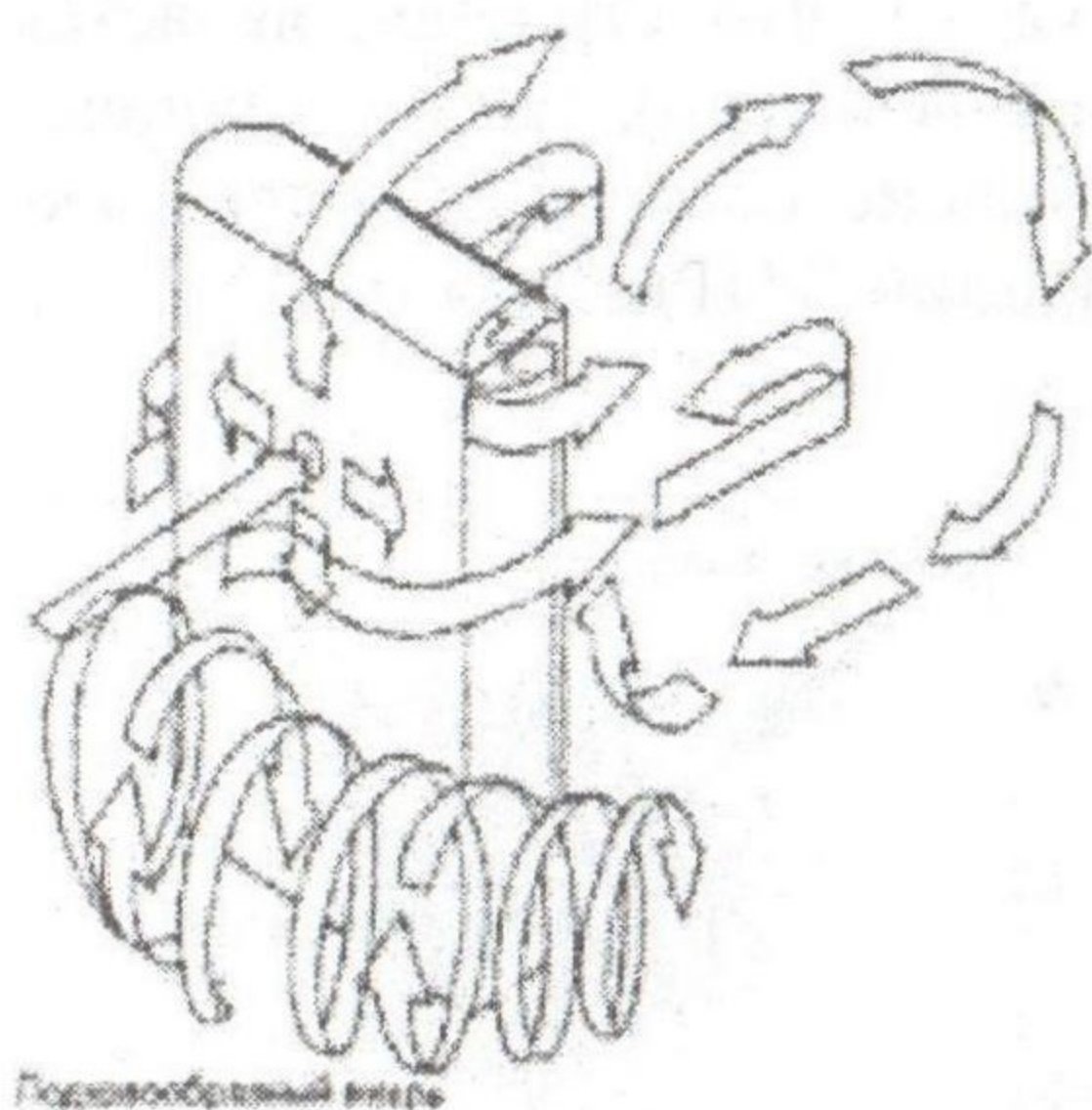


Рис. 2. Обтекание ветровым потоком высотного здания со стороны главного фасада. /5/

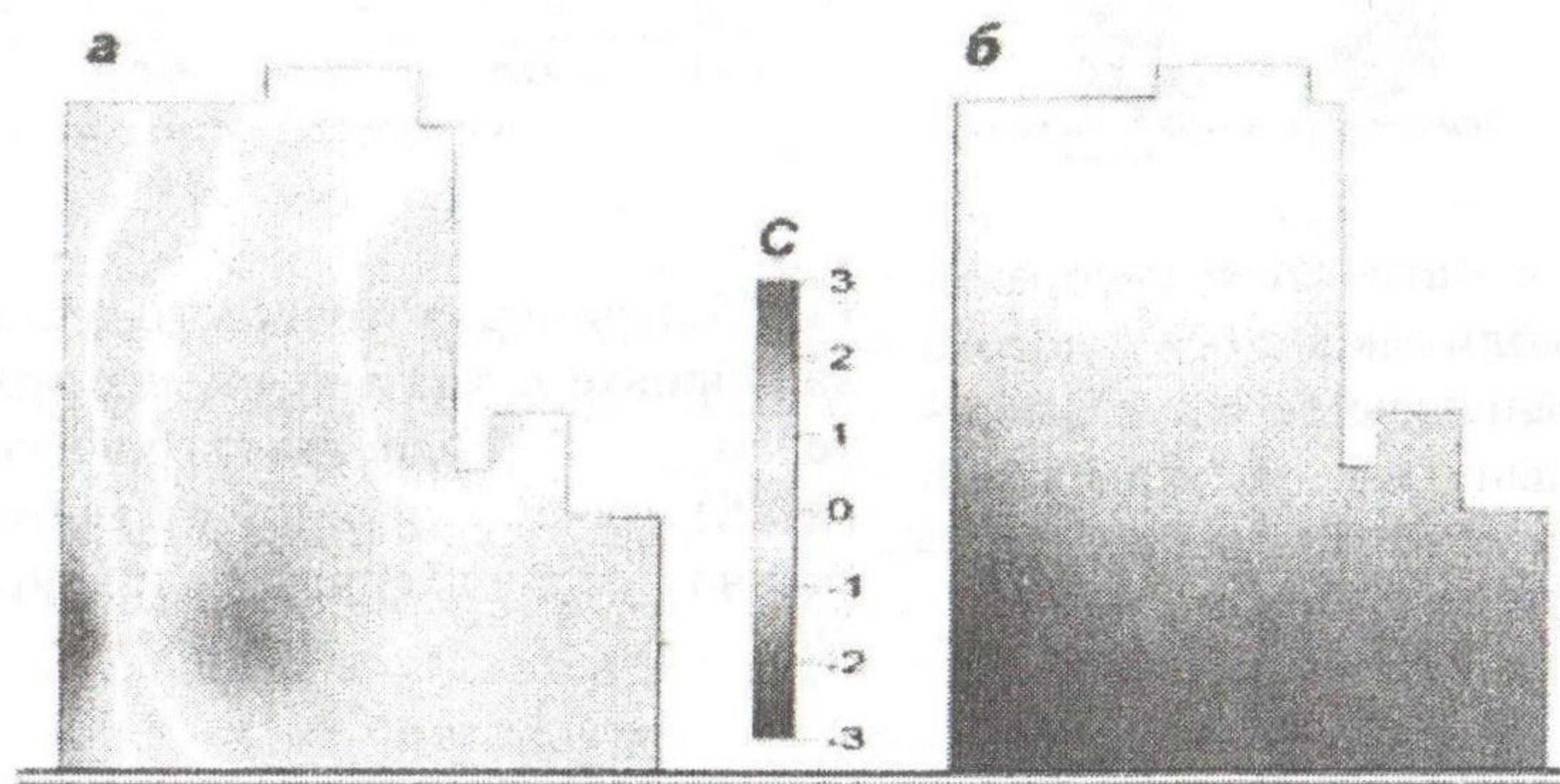


Рис. 3. Поля значений аэродинамических коэффициентов, рассчитанные по результатам продува для фасада с наветренной (а) и подветренной (б) сторон. /5/

Сверхвысокие нагрузки ветра представляют собой предельные состояния, при которых должно выстоять здание, что обуславливает первый этап при проектировании высотных строений. Однако это не всегда является основным критерием при проектировании высотных зданий.

Наблюдения за зданиями показывают, что структурные сдвиги или смещения, деформации, вызванные ветром, определяют параметр эксплуатационной надежности зданий /1/.

Исследователи отмечают, что пригодность зданий для жилья, выражаемая через структурные колебания от повседневных ветров, может быть рассчитана с помощью результатов исследований в аэродинамической трубе. Ограничение этих колебаний может уменьшить дискомфорт его жителей, при этом гарантируя то, что строение является функциональным как с субъективной (человеческой), так и с технической точек зрения. Это предельное состояние обычно является важнейшим при проектировании высотных зданий /7/. (Рис.4,5).

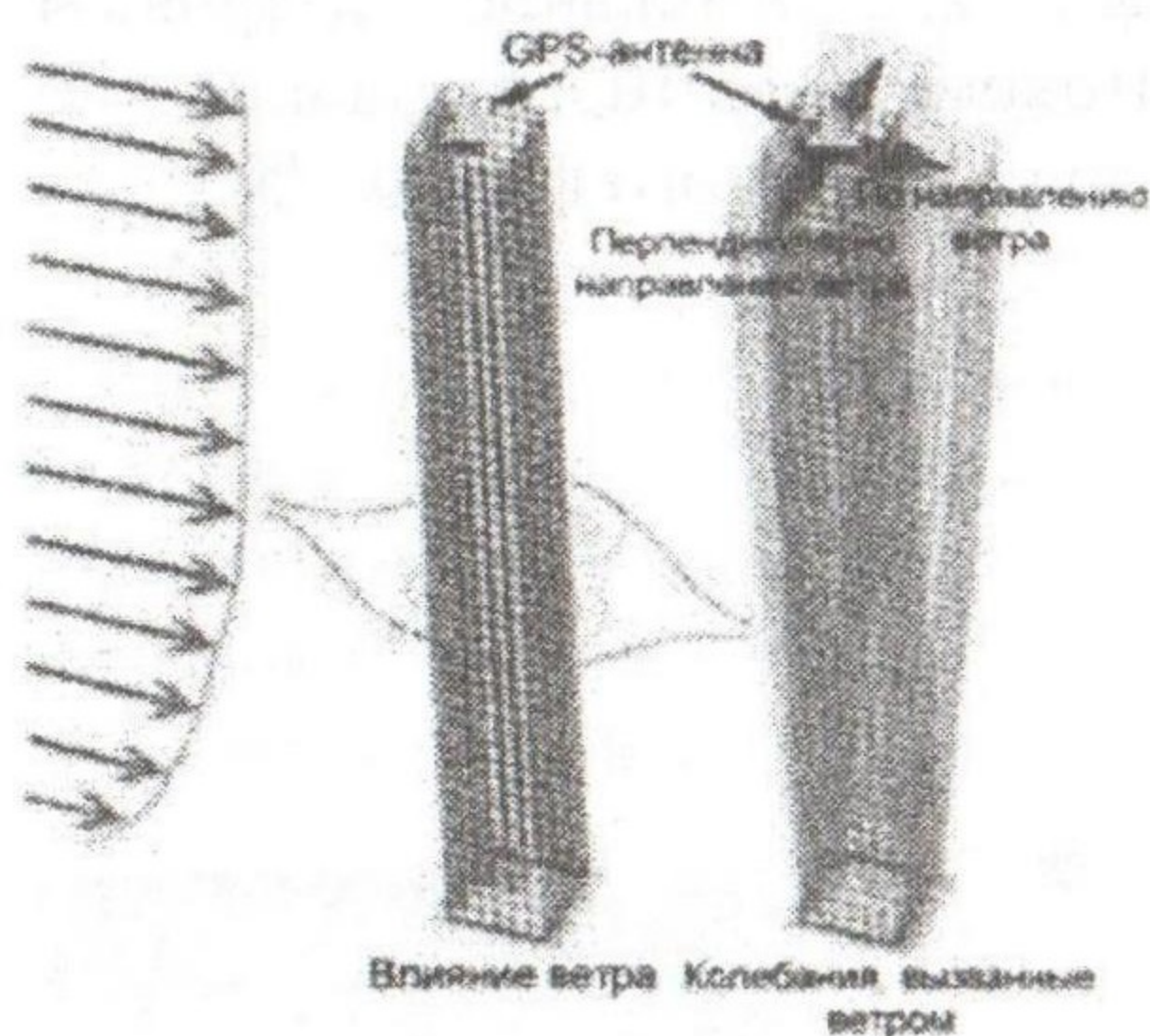


Рис. 4. Схематическое изображение приближающегося потока ветра, сталкивающегося с высотными зданиями и фиксацией смещений с помощью GPS-системы./7/

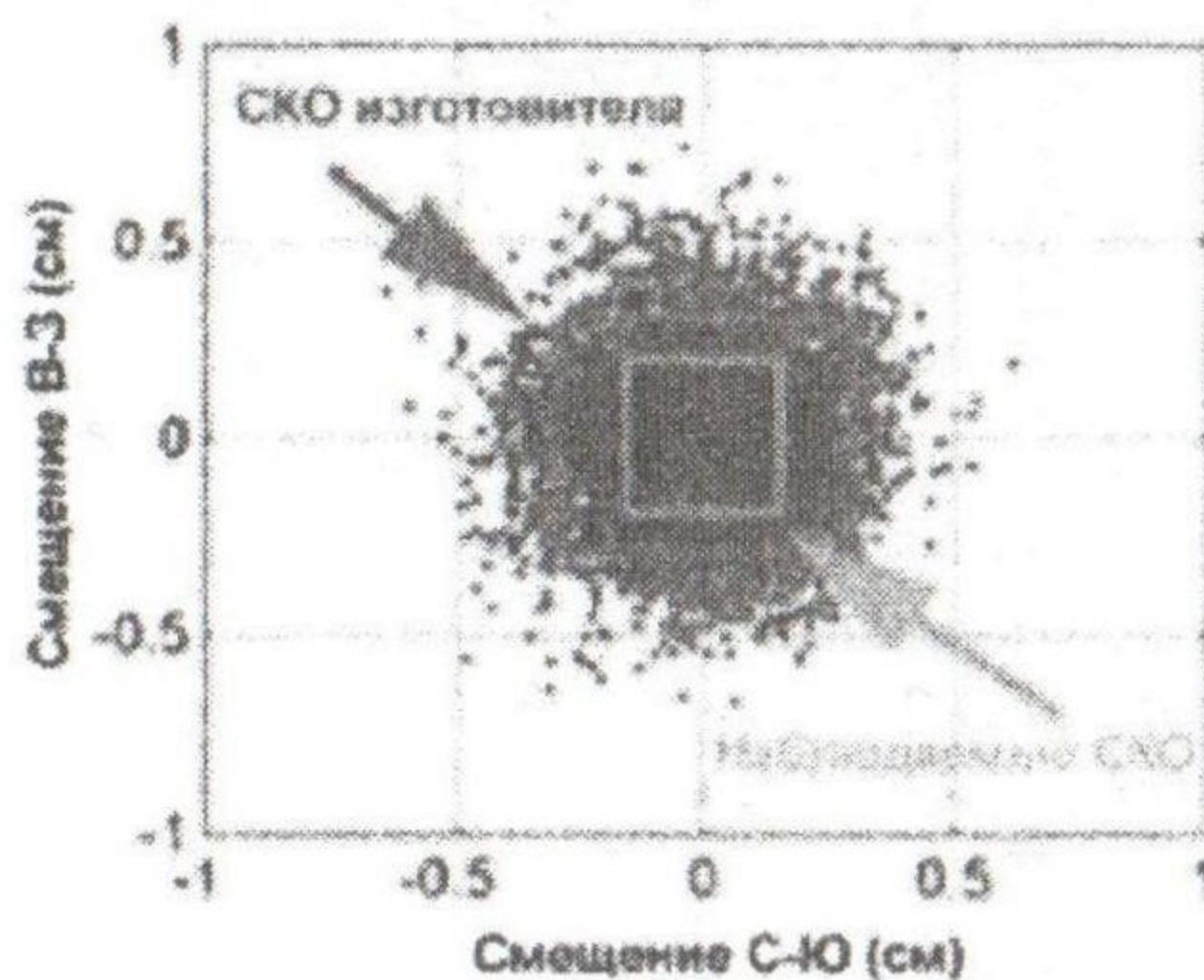


Рис. 5. Пример статического теста по калибровке с указанными изготовителем среднеквадратическими (RMS) границами и с экспериментально установленными границам. /7/

Немаловажное значение имеет и проблема эксплуатации свободных от застройки, социально-значимых пространств.

Как показывает анализ научных работ со времен античного периода и до наших дней, часто, ветровые условия являются определяющими, при выборе приемов и методов застройки городов.

К тому же ветер, обладая определенным энергетическим потенциалом, при прочих равных условиях, способен в широком диапазоне изменять шкалу воздушного, санитарно-гигиенического, теплового, шумового и психофизического комфорта архитектурной среды по отношению к человеку.

На сегодняшний день существуют определенные методики и порядок расчета аэрации застроенных территорий, и определения аэродинамических коэффициентов зданий, например в работах /3/.

**Цель исследований** - определить взаимное влияние высотного здания и окружающей застройки на их аэродинамические характеристики.

Авторами выявлено, что наиболее значимыми аэродинамическими характеристиками, при решении различных градостроительных задач, в определении взаимного влияния высотного здания и окружающей застройки являются:

- относительные скорости воздушного потока в приземной области, 2м от поверхности земли, в свободных от застройки пространствах;
- относительные скорости воздушного потока по высоте в характерных сечениях исследуемых планировочных схем;
- аэродинамические коэффициенты по поверхностям фасадов зданий.

Наиболее существенными факторами, влияющими на аэродинамические характеристики высотного здания и окружающей застройки, являются: количество зданий в исследуемых схемах, расстояние между ними, относительное превышение, угол атаки (направление взаимодействия с воздушным потоком). Также геометрические симплексы (взаимные соотношения между  $H$ ,  $B$ , и  $L$ - соответственно высотой, шириной и длиной зданий), типы планировочных структур окружающей застройки и наличие в них высотного здания.

Для решения поставленной цели, был выбран экспериментальный метод моделирования процессов взаимодействия зданий с воздушным потоком, основанный на теории подобия и анализа размерности.

Исследования проводились в аэродинамической трубе и гидротомке, которые позволили получить количественную и качественную оценку результатов экспериментов. (Рис.6-12).

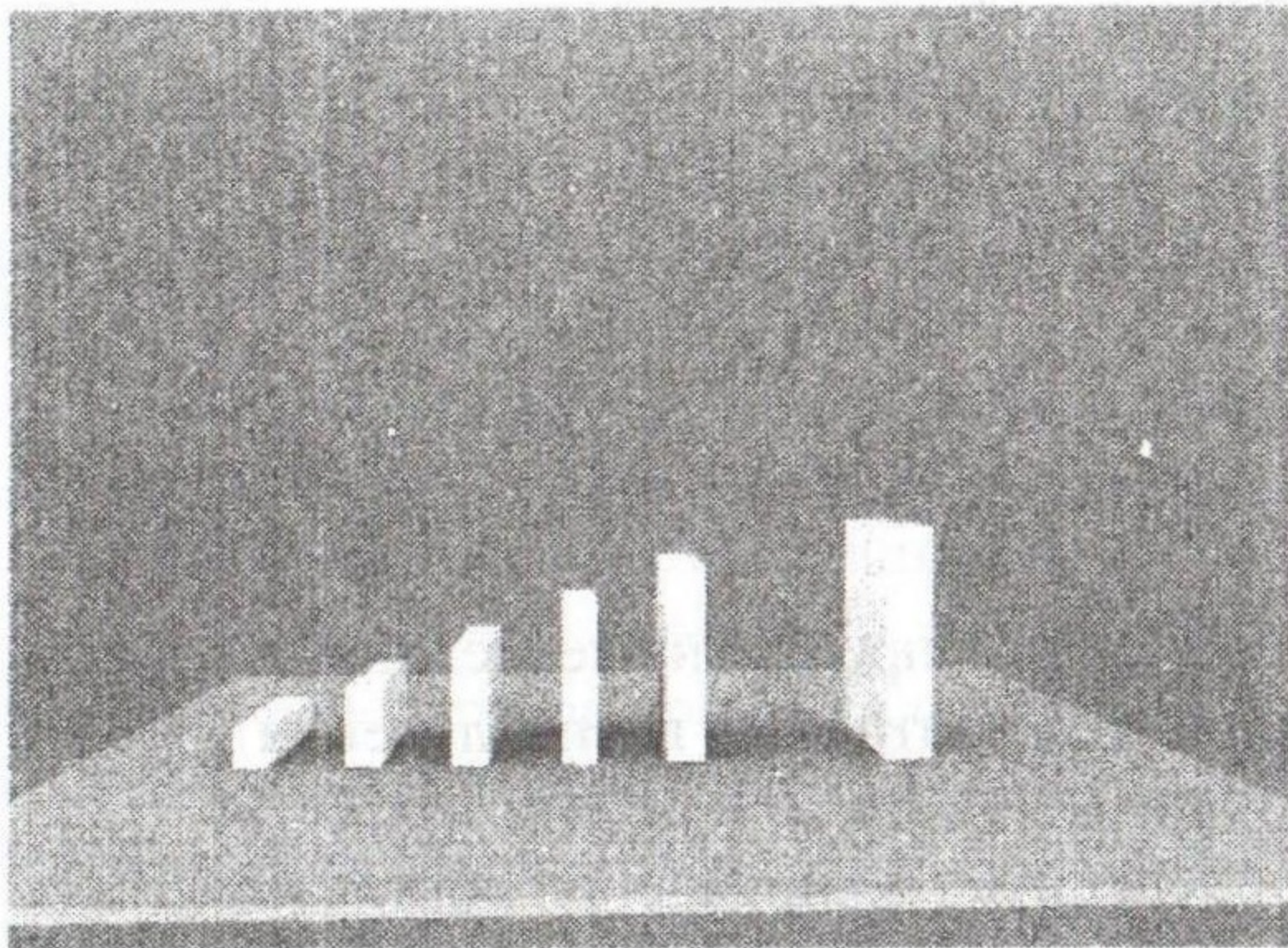
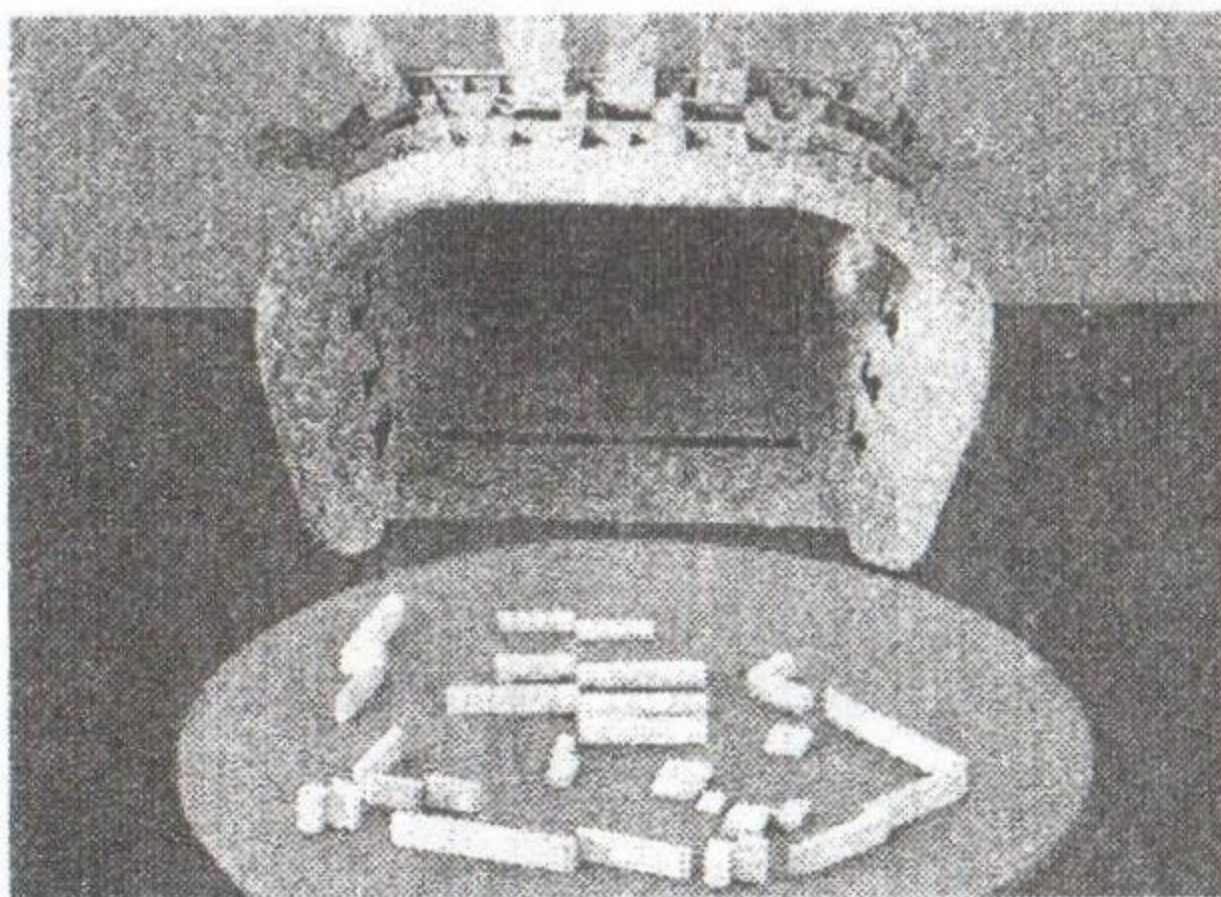
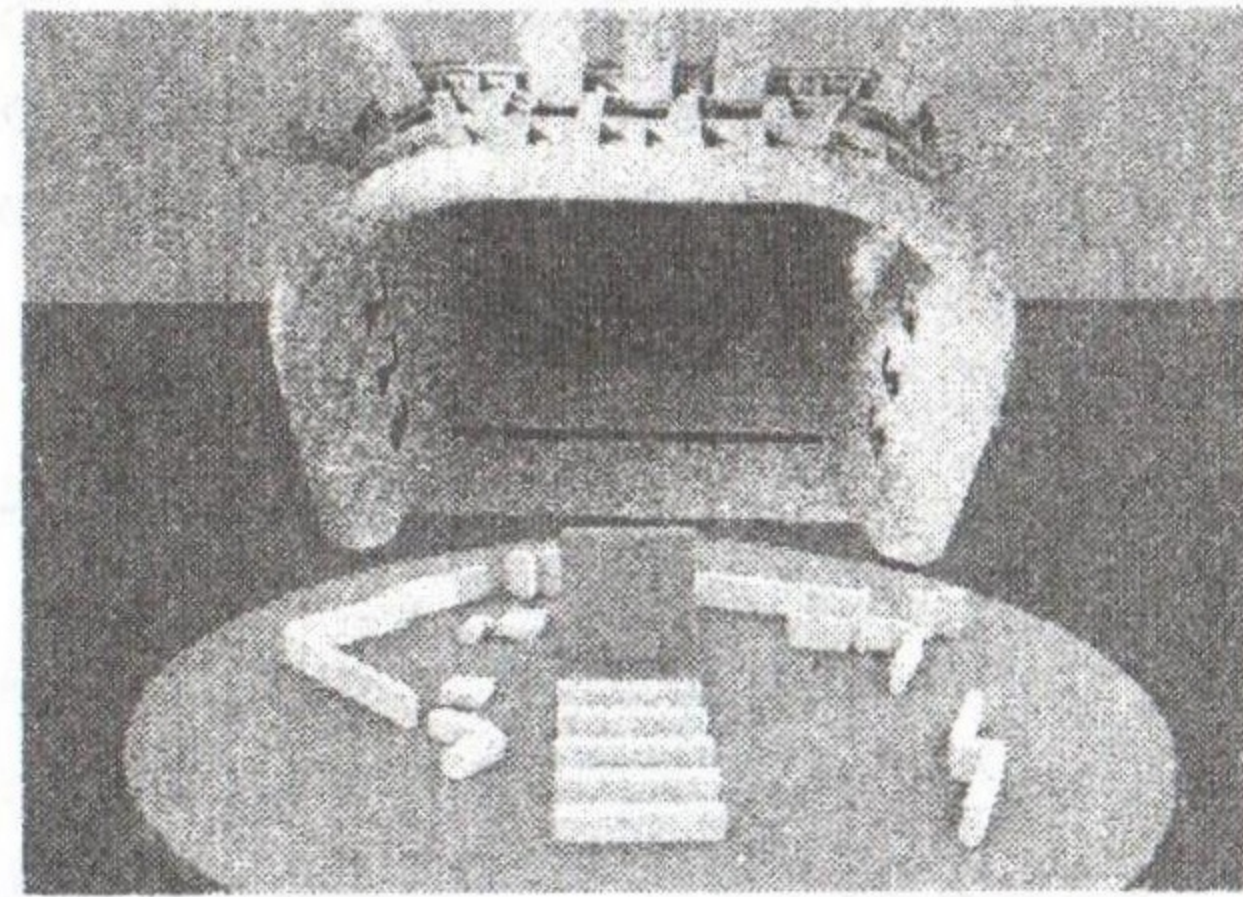


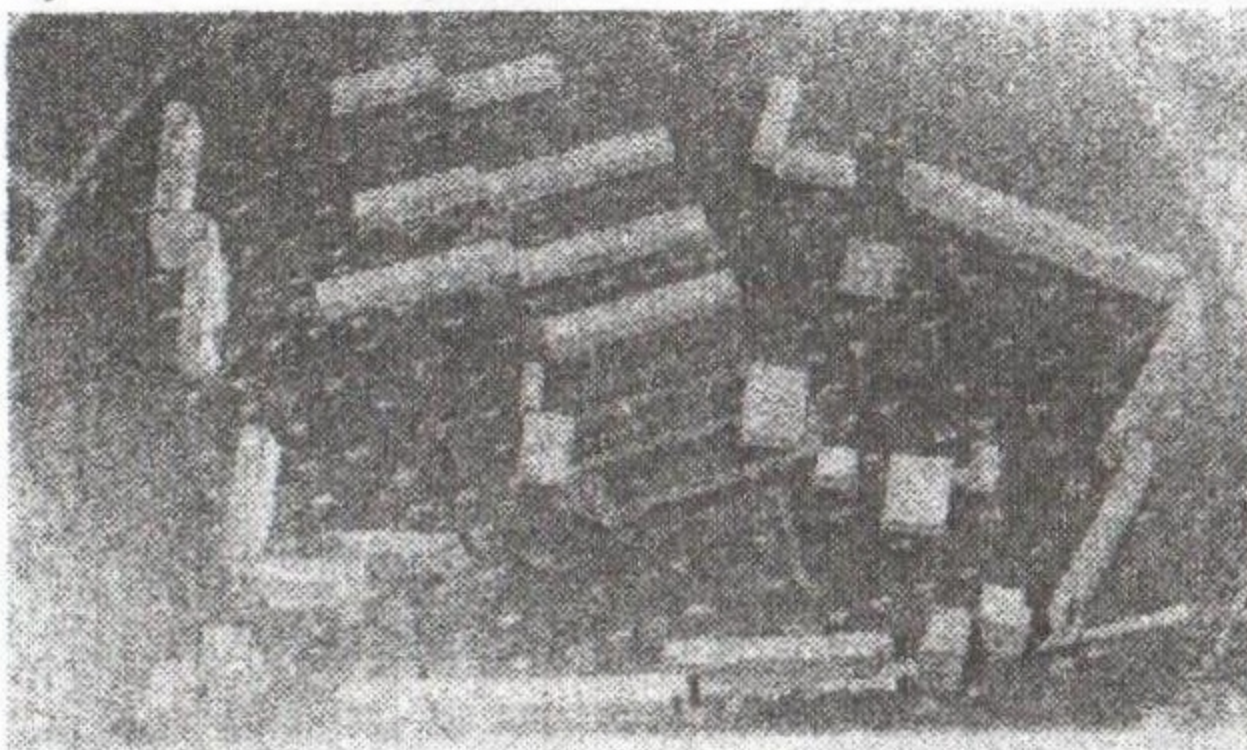
Рис.6. Исследуемые модели зданий в воздушном потоке аэродинамической трубы, с вариацией высоты модели от  $1H$  до  $10H$ , где  $H$  – средняя высота окружающей застройки



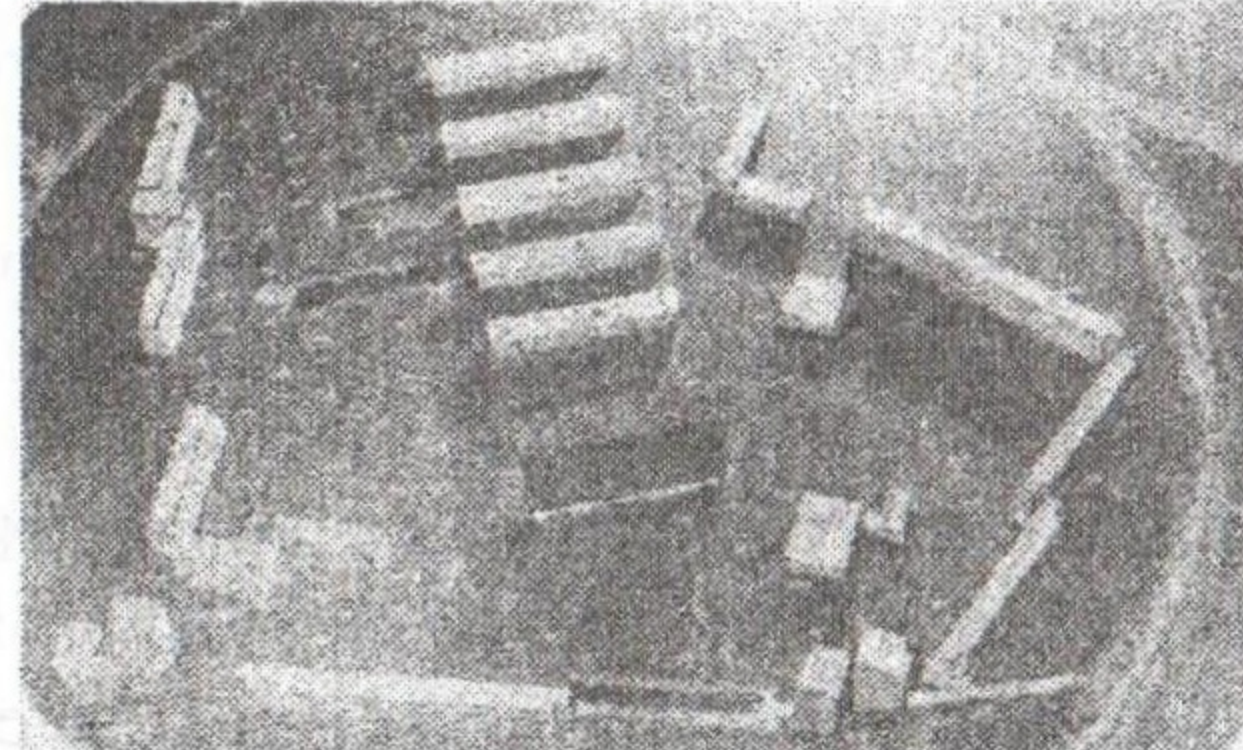
а)



б)



в)



г)

Рис.7. Исследуемые модели зданий на поворотном круге аэродинамической трубы: а), в) - свободная планировочная схема застройки; б), г)- то же, с постановкой фрагмента строчной застройки и высотного здания

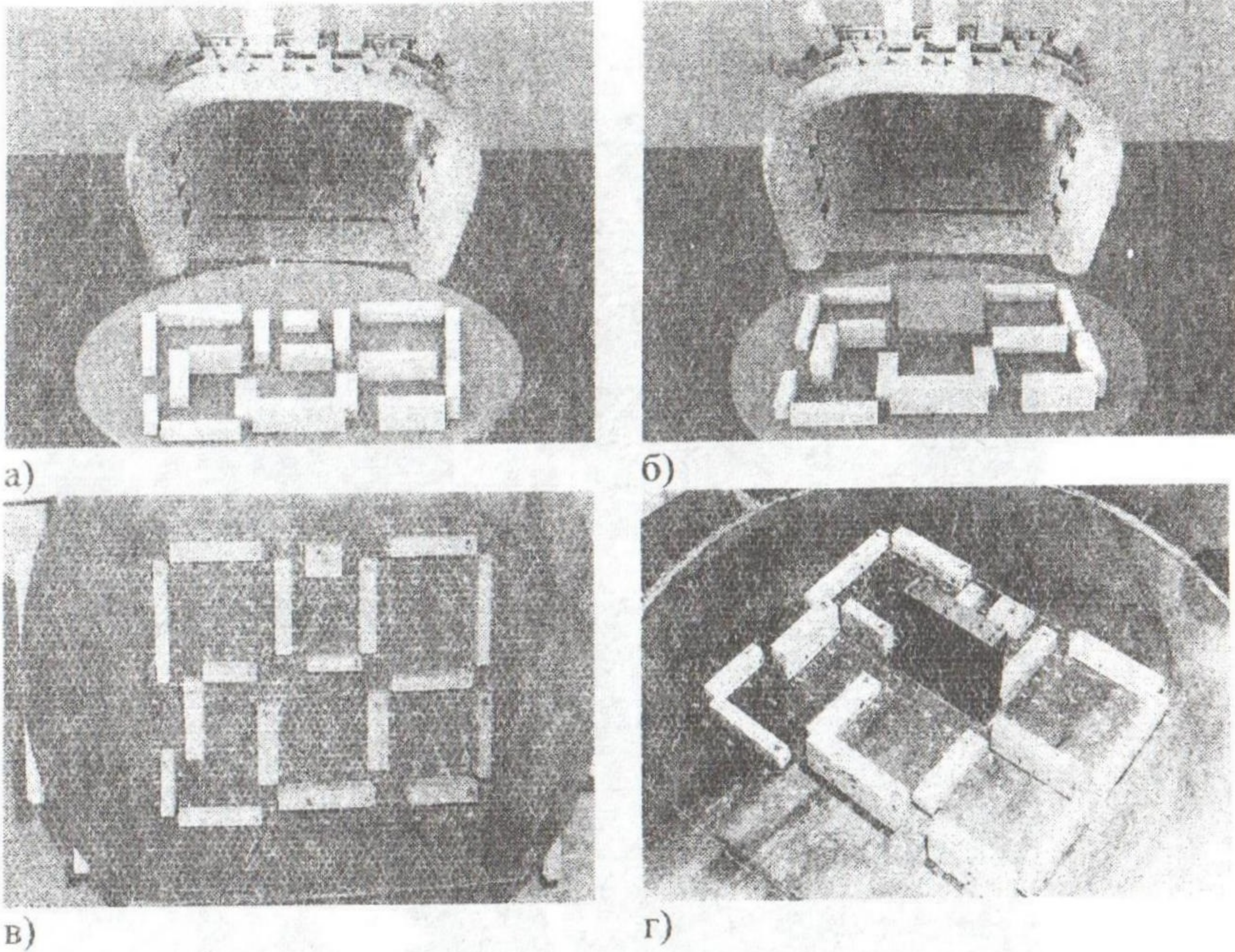


Рис.8. Исследуемые модели зданий на поворотном круге, в аэродинамической трубе: а), в) - замкнутая планировочная схема застройки; б), г)- то же, с постановкой высотного здания

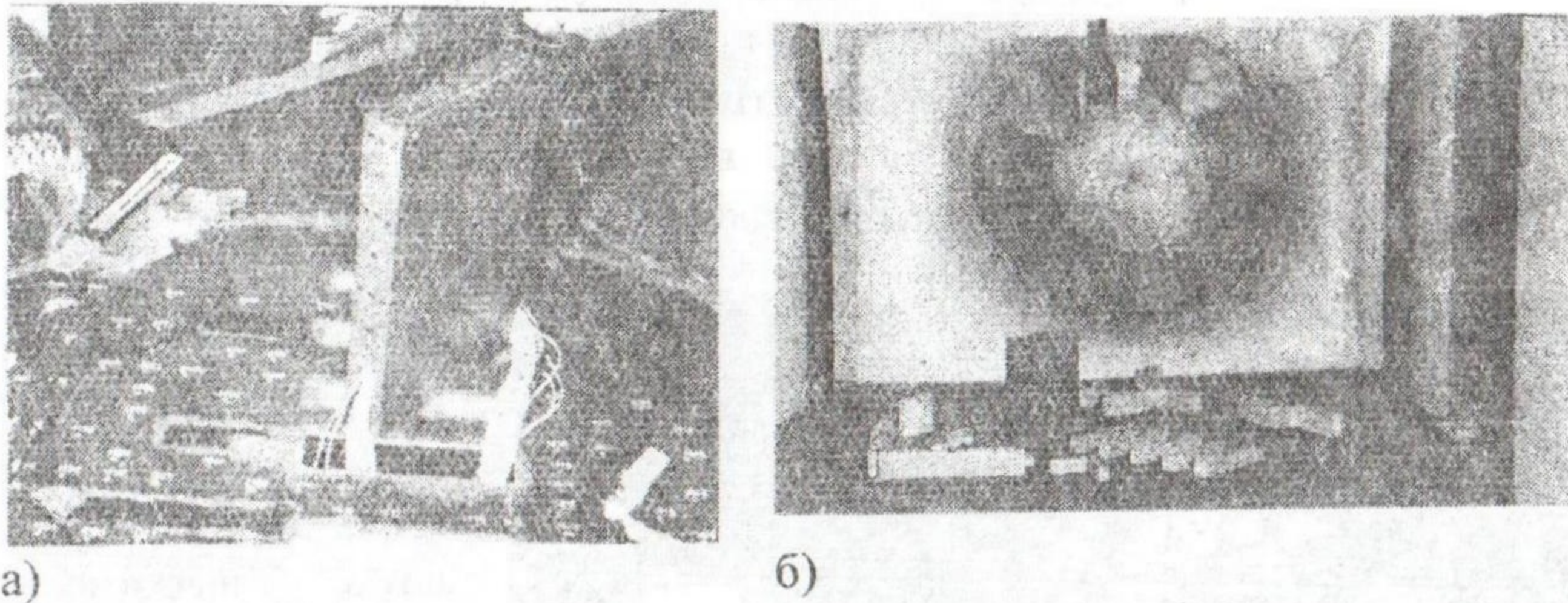
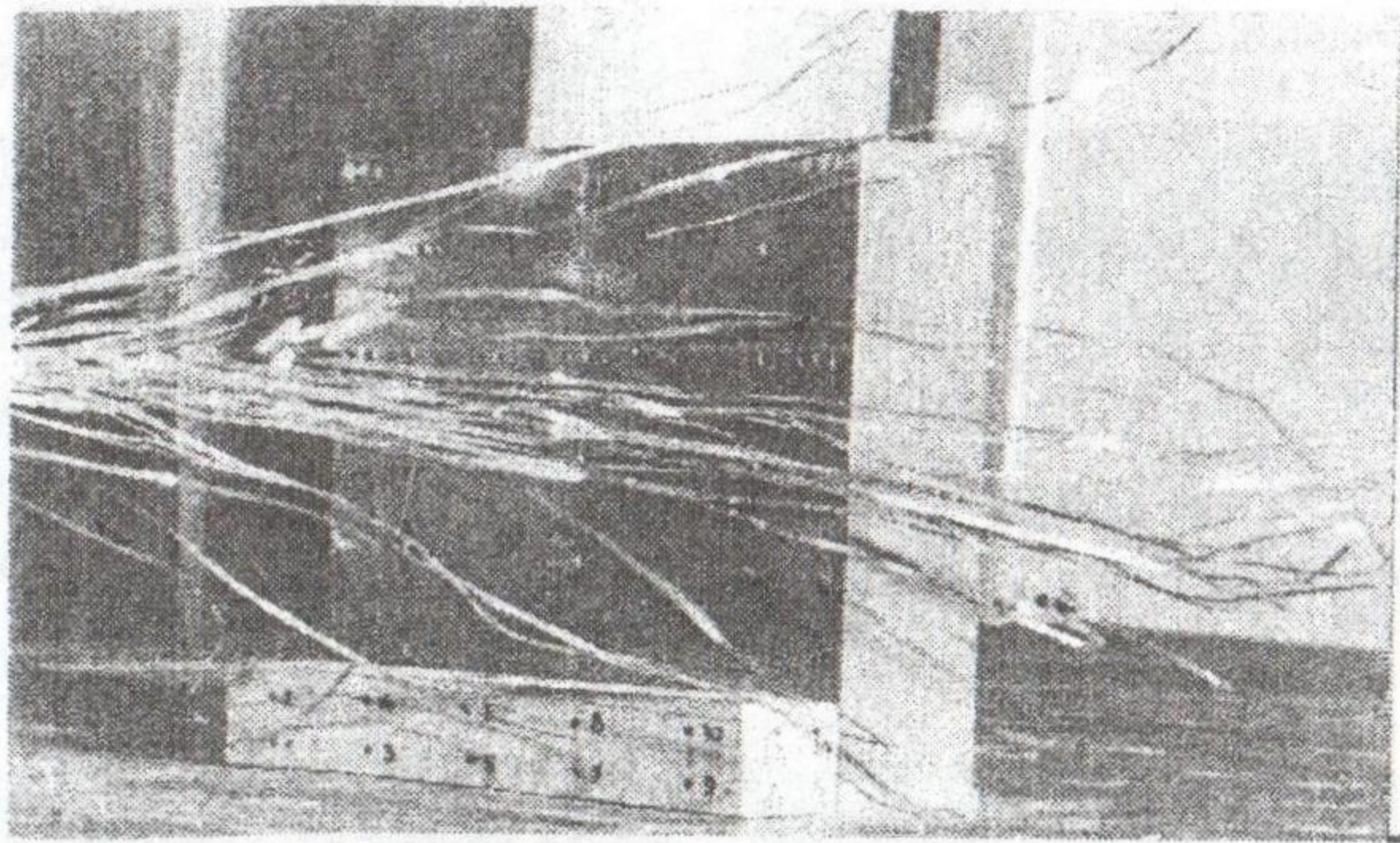
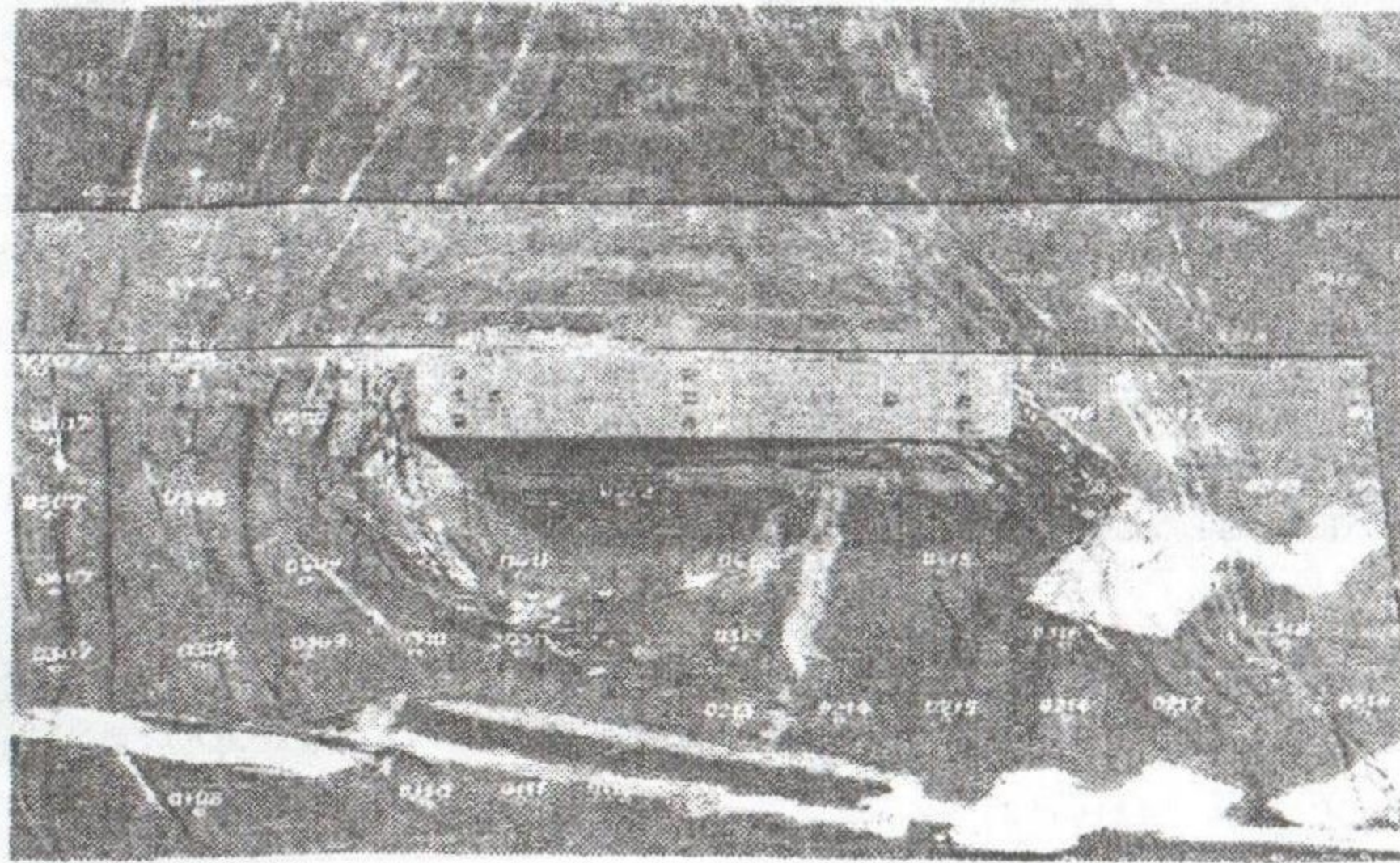


Рис. 9. Исследуемые модели зданий на поворотном круге аэродинамической трубы: а)- исследуемая модель высотного здания в воздушном потоке аэродинамической трубы в процессе монтажа. б)- свободная планировочная схема с постановкой фрагмента строчной застройки и высотного здания



а)



б)

Рис.10. Визуализация воздушного потока контрастной «невесомой» нитью, при обтекании модели высотного здания в аэродинамической трубе: а)- модель высотного здания в сочетании со зданием средней этажности; б)- высотное здание, вид сверху.

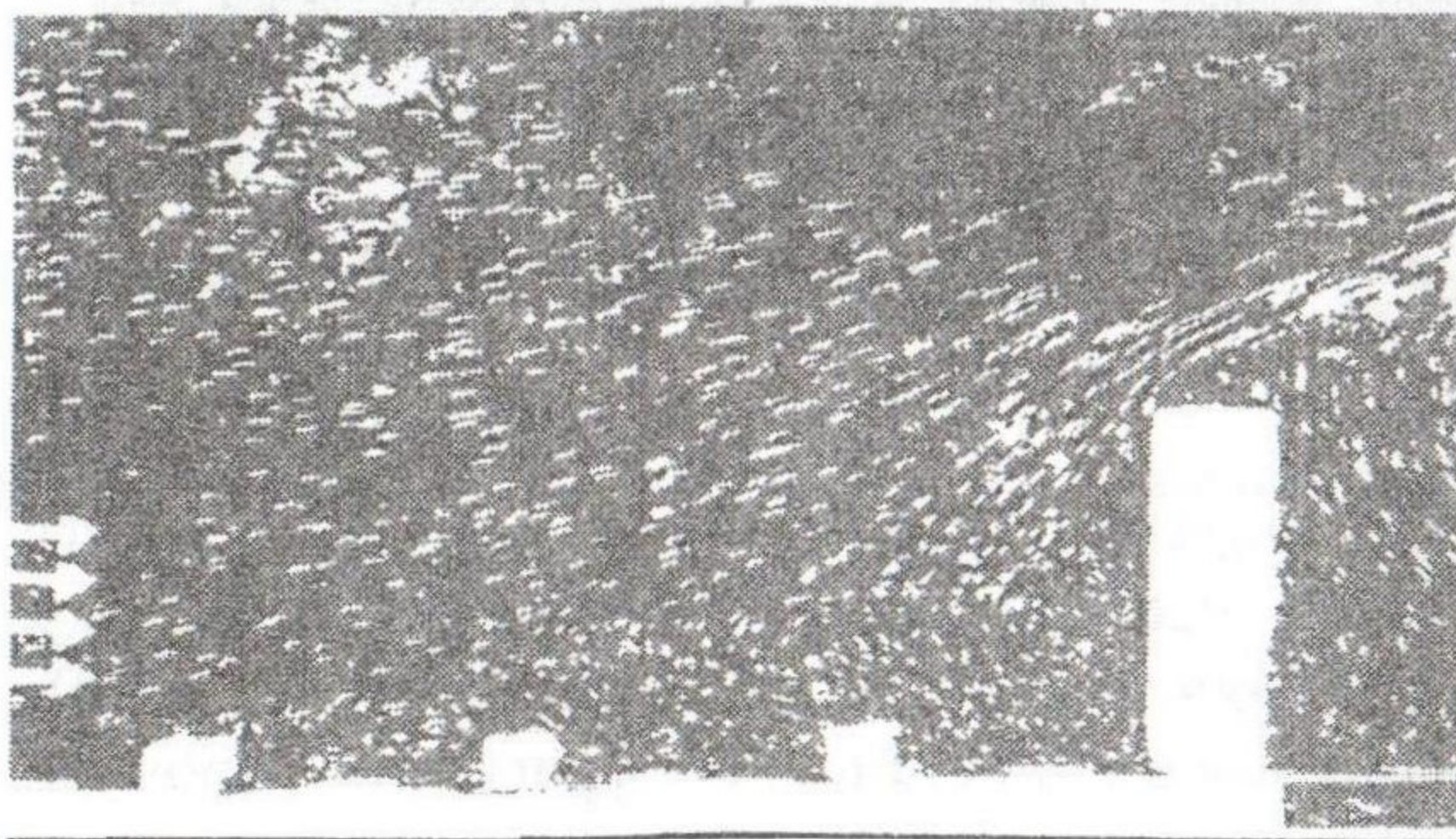
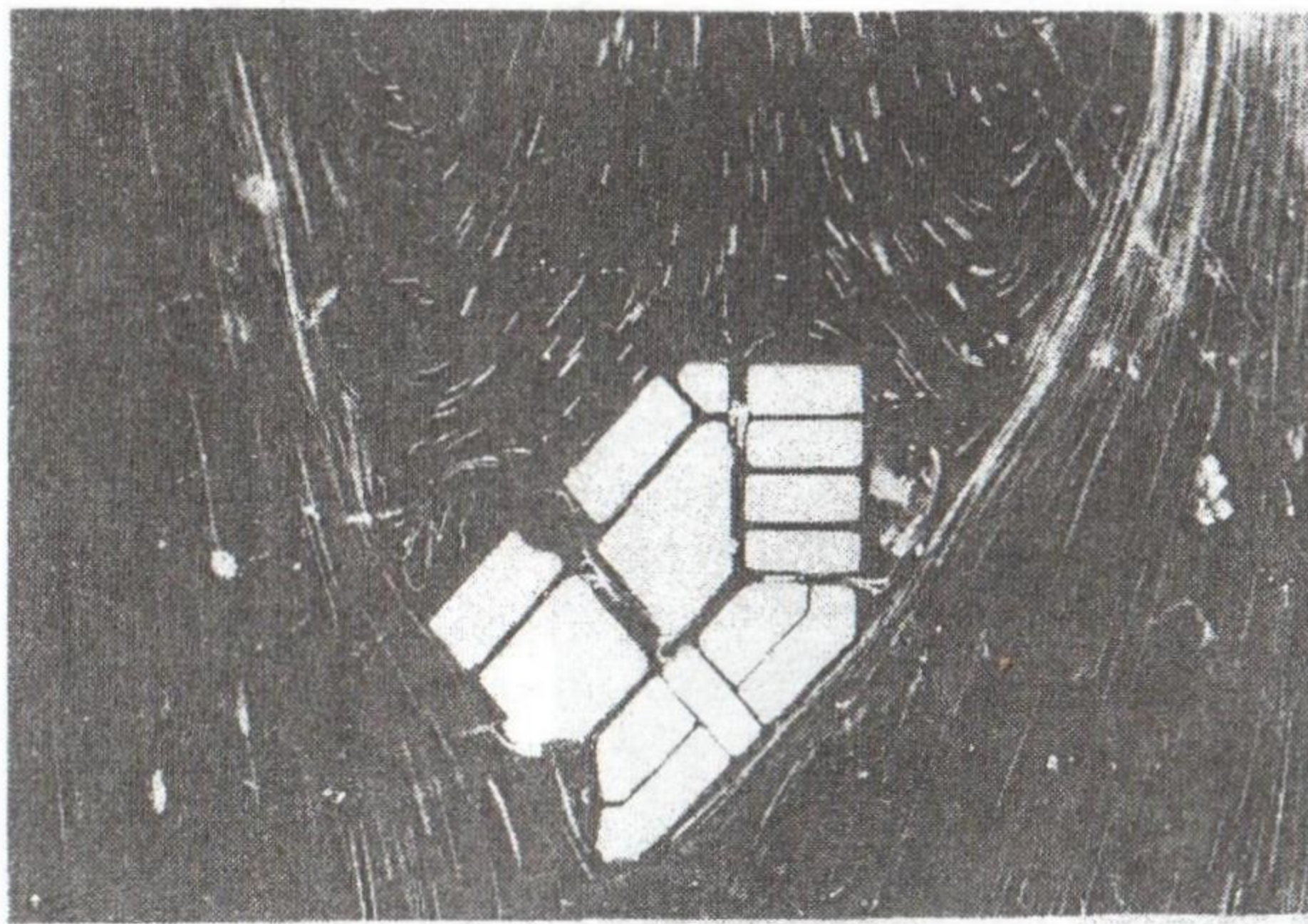
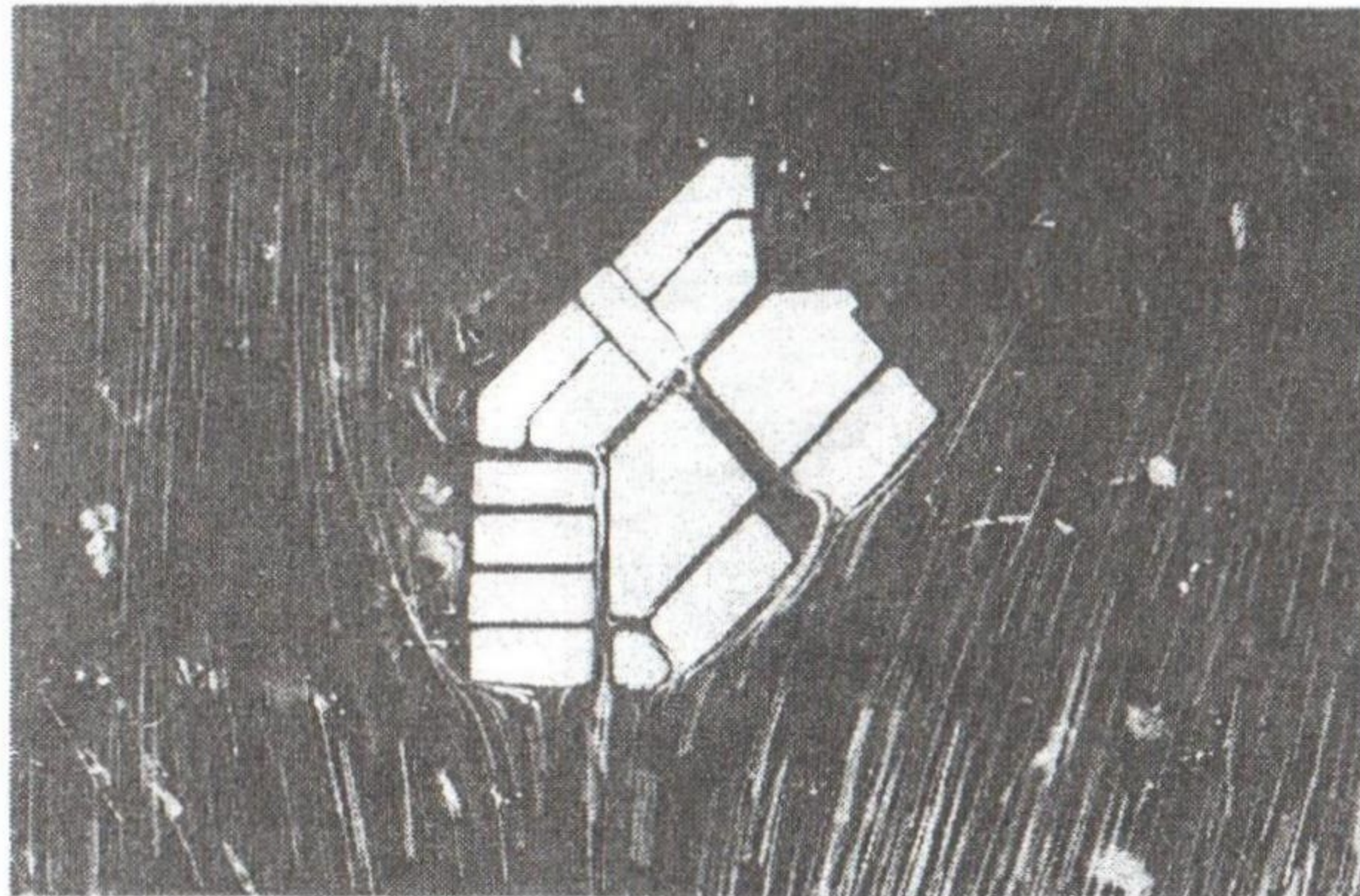


Рис.11. Исследование характера обтекания в гидротanke высотного здания и ряда одновысотных зданий «средней этажности»





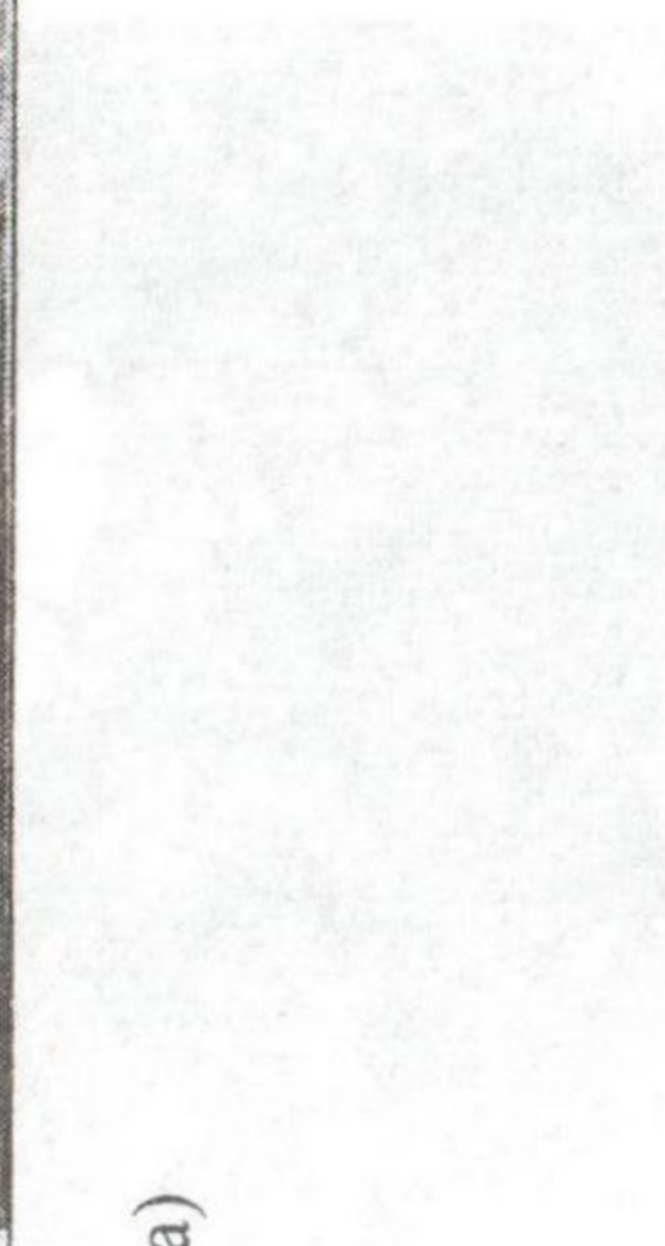
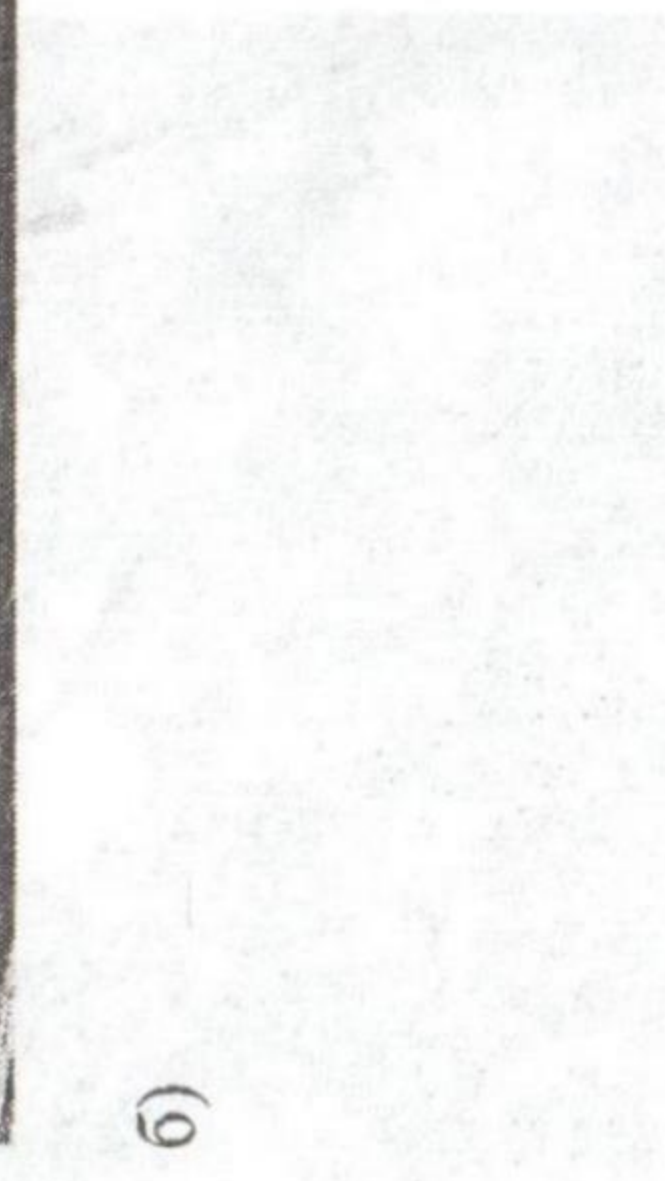
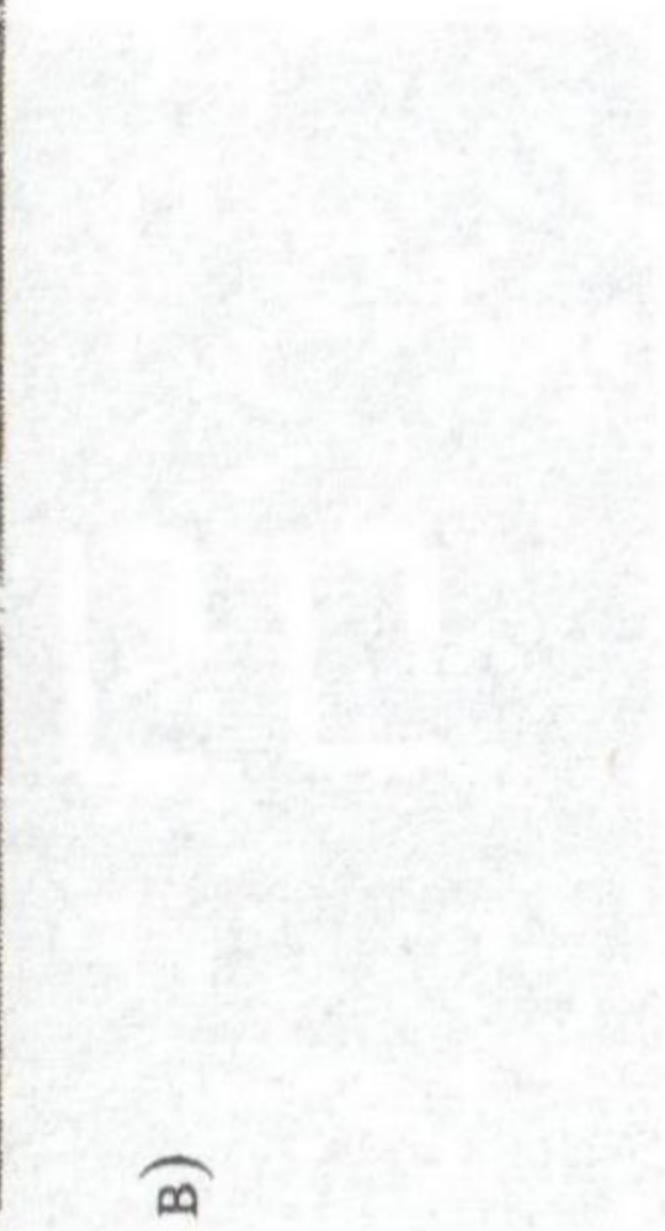
a)

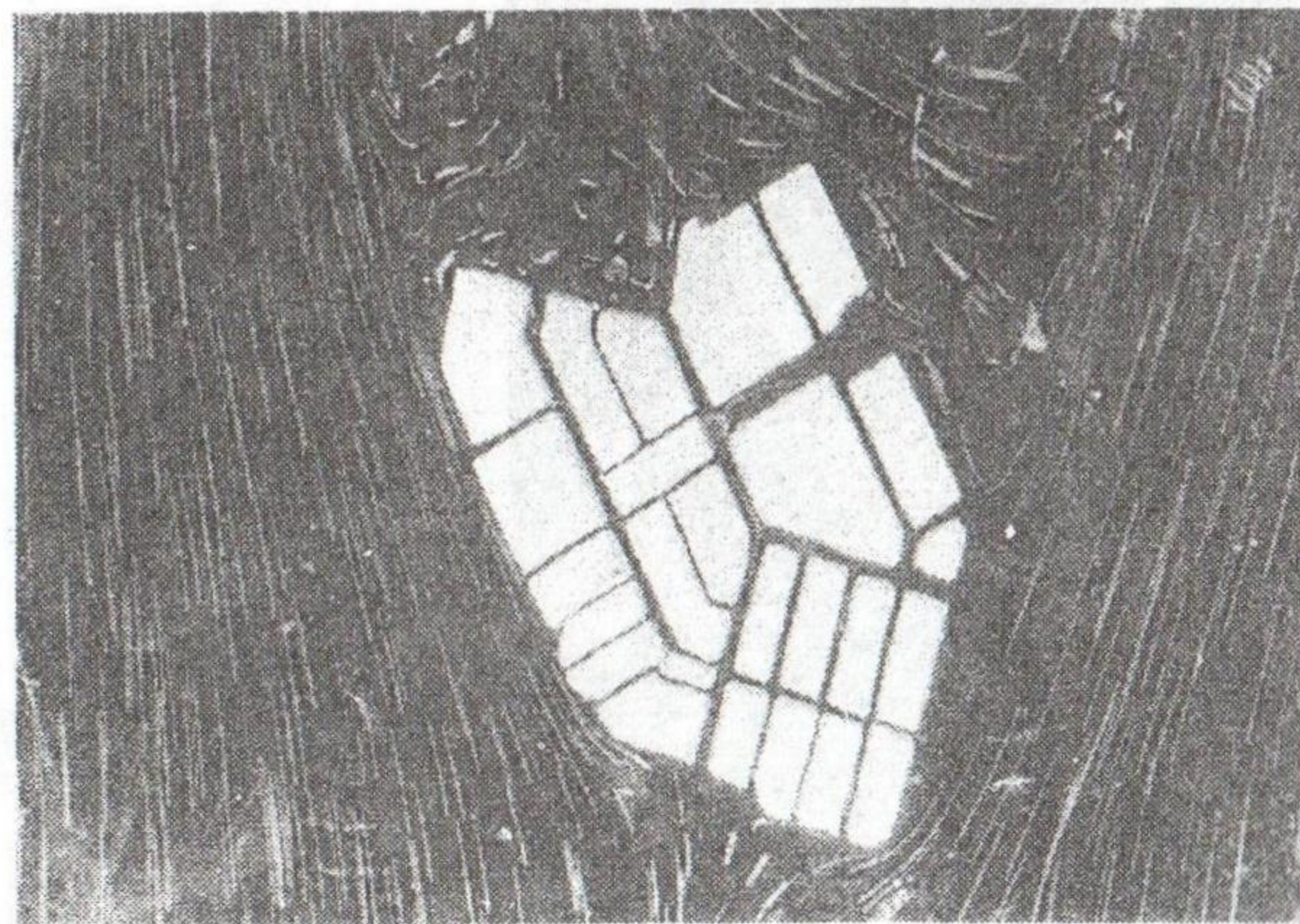


b)

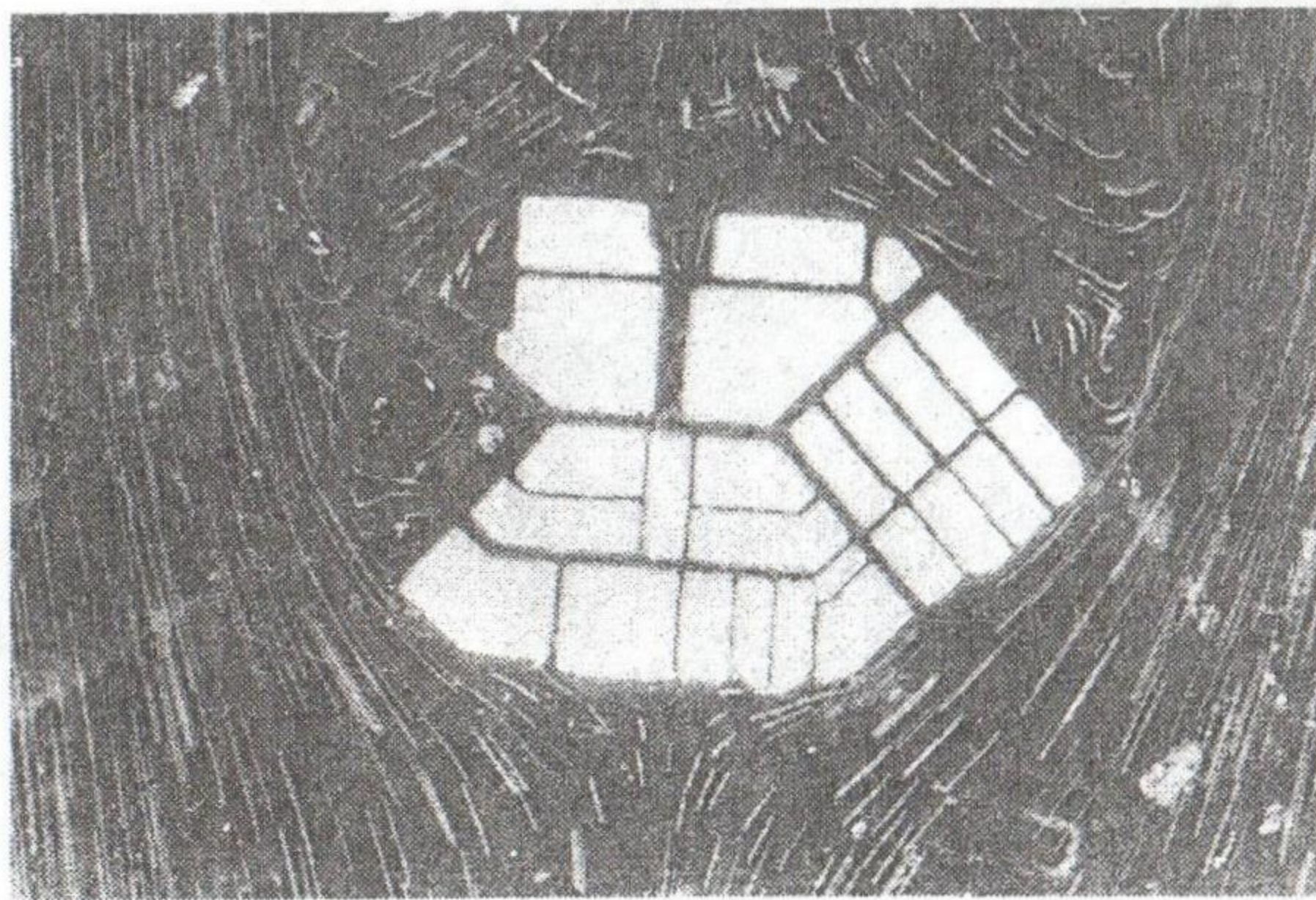


B)

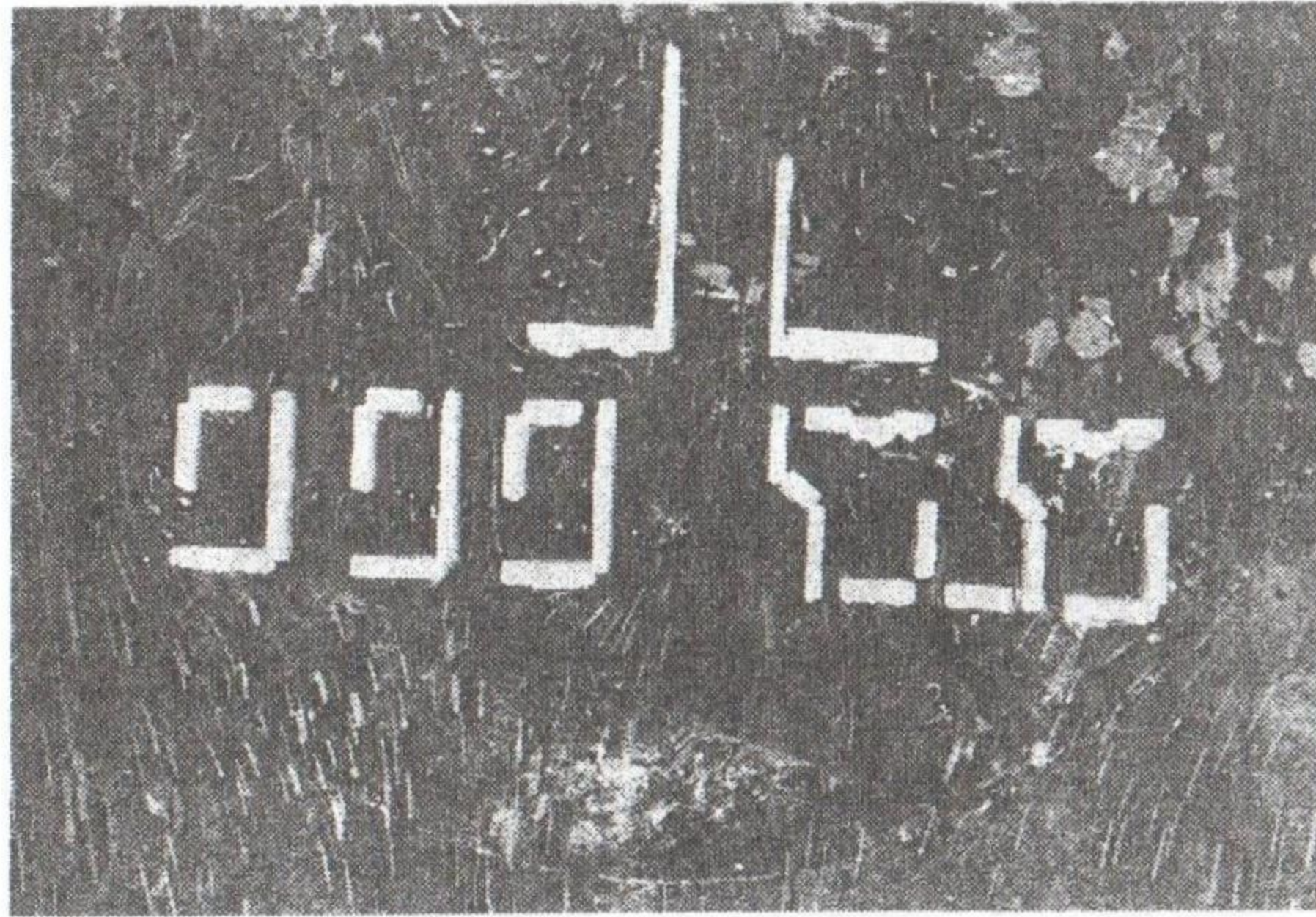




г)



д)



е)

Рис.12. Исследование различных планировочных структур поселка ГЭС-2,3 в гидрлотке, под разными углами взаимодействия - а) и б); г) и д); в) и е)- детальная планировка первой линии взаимодействия с потоком

При испытании моделей зданий и их комплексов в аэродинамической трубе одной из основных задач является установление такого качества воздушного потока, который бы был подобен ветру в натуральных условиях и соответствовал масштабу уменьшения испытываемых моделей.

Масштаб исследованных моделей зданий соответствует 1:600, вертикальный профиль свободного набегающего воздушного потока отвечает толщине пограничного слоя и закону распределения скорости по высоте для характерной подстилающей поверхности. Модели зданий выполнялись из дерева, с дренажными отверстиями по фасадным сторонам, для измерения статического давления и устанавливались на поворотном круге в аэродинамической трубе.

Экспериментально-теоретические исследования взаимовлияния высотного здания и окружающей застройки на их аэродинамические характеристики основывались на исследовании:

- отдельно стоящих высотных зданий;
- взаимовлияния относительных расстояний и превышений между высотным и одним или более зданиями средней этажности;
- взаимовлияния относительных расстояний и превышения зданий системы «фрагмент строчной застройки – высотное здание»;
- взаимовлияния системы «фрагмента строчной застройки – высотное здание» при постановке ее в свободную планировочную схему микрорайона;
- взаимовлияния высотного здания и замкнутой планировочной схемы микрорайона;
- проблемных ситуаций, возникающих при сочетании высотного здания и окружающей застройки;
- характера обтекания (визуальных наблюдений) моделей зданий в аэродинамической трубе и гидрлотке методом фотометрии.

На основании полученных экспериментальных данных установлены значительные изменения в распределении аэродинамических коэффициентов по фасадам моделей зданий и скоростного поля воздушного потока в характерных сечениях в приземной области и по высоте. Определены диапазоны этих изменений, получены их математические зависимости. В работе выявлены и исследованы крупномасштабные вихреобразования, возникающие при определенных значениях исследуемых факторов. Они меняют классическое представление об обтекании здания воздушным потоком. Экспериментальные исследования позволили построить схему обтекания модели высотного здания, в зависимости от геометрических соотношений основных ее размеров, которую можно теоретически рассчитать.

При проведении экспериментов по визуализации характера обтекания моделей зданий воздушным потоком в аэродинамической трубе был применен метод контрастной «невесомой нити».

Возможность использования результатов экспериментов, полученных на моделях, в практику проектирования и строительства реальных объектов определяется:

- исходными предпосылками, отражающими обоснованность темы;
- достаточностью объема анализа информационного материала и экспериментальных исследований;
- корректной постановкой задач исследования;
- применением метода математической статистики в обработке экспериментальных данных и современных информационных технологий;
- теоретическими разработками, на основе теории обтекания зданий воздушным потоком, и аэрации городской застройки;
- проведением комплексных экспериментальных исследований, инструментальных и визуальных, позволяющих получить количественную и качественную оценку результатов исследований;
- применением в проведении экспериментальных работ тарировочных средств измерений;
- сравнением полученных данных исследований с работами исследований других авторов.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем.

Впервые дана оценка значимости основных факторов и определены аэродинамические характеристики взаимного влияния высотного здания и окружающей застройки в различных вариантах их взаимных сочетаний.

Усовершенствована методика расчета аэрации застройки в сочетании с высотным зданием, обладающим значительным аэродинамическим сопротивлением.

Полученные результаты исследований дают возможность прогнозировать, на стадии проектных решений, будущую аэродинамическую ситуацию.

### **Выводы**

1. Разработаны рекомендации по использованию результатов исследований о взаимном влиянии высотного здания и окружающей застройки на их аэродинамические характеристики;

2. Реализованы рекомендации, с использованием результатов исследований: - при разработке Генплана, совмещенного с проектом детальной планировки жилого поселка Экибастузских ГРЭС-2,3;

- при разработке проекта и строительстве жилого поселка городского типа «Солнечный».

3. Эффективность использования результатов исследований заключается в обеспечении оптимальной воздушной и комфортной среды для человека в зданиях, и в социально-значимых, прилегающих к зданиям территориях.

### Литература

1.Ендеде М., Шейнога И. Высотные здания с диафрагмами и стволлами жесткости: Пер. с чешск.- М.: Стройиздат, 1980 г., 325 с., ил.

2. Николаев С.В. Безопасность и надежность высотных зданий - это комплекс высокопрофессиональных решений. Уникальные и специальные технологии в строительстве. Информационный сборник. № 1. 2004. С. 8-18.

3.Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика.- М.: Стройиздат, 1984 г., 294 с., ил.

4.Ривкин А., Пфау В. Экономические проблемы этажности и плотности застройки в новых и реконструируемых жилых районах. В сб. совместных исследований.-М.:Стройиздат, 1978 г., 119 с., ил.

5.Руководство по высотным зданиям, под ред. С.В.Николаева. М., "ОАО ЦНИИЭП жилища". 2005 г., 347 с., ил.

6.Рылеев Г.А. Генплан совмещенный с ПДП жилого поселка Экибастузских ГРЭС-2,3. том-П, «Анализ ветровых, инсоляционных, шумовых и других условий застройки».1985 г., 126 с., ил., заказчик Новосибирское отделение института «Атомтеплоэлектропроект»-1985 г.-для служ.пол.

7. Трэйси Киджевски-Корреа, Ахсан Кареем. Определение деформаций высотных зданий с помощью GPS.-GPS World, Сентябрь 2003 г.