

***Земные
профессии***

аэродинамики

**Факультет летательных аппаратов
кафедра Аэрогидродинамики**

заведующий кафедрой,
профессор С.Д. Саленко

Аэродинамика –

раздел механики сплошных сред, в котором изучаются закономерности движения жидкостей и газов, а также механическое и тепловое взаимодействие между жидкостью и газом, и движущимися в них телами.

Масштабы изучаемых процессов -
от нанометров до миллионов световых лет;

Скорости движения —

от миллиметров в столетие
до сотен километров в секунду;

Типы сред — обычные (ньютоновские)
жидкости и газы, разреженные газы,
плазма, неньютоновские,
ферромагнитные жидкости,
многокомпонентные среды;

Температуры — от абсолютного нуля
до миллионов градусов.

Основные законы течения жидкости и газа были открыты до XX века

- Законы Ньютона
- Гипотеза сплошности
- Уравнение неразрывности
- Уравнение Бернулли
- Уравнения Эйлера
- Уравнения Навье-Стокса
- Теорема Жуковского

Но ... одна из семи
«миллионнодолларовых» задач
(список Millennium Problems) :
доказательство существования решения
уравнений Навье-Стокса

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \sum_{j=1}^3 \frac{\partial^2 v_i}{\partial x_j^2} + f_i(\vec{x}, t)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{v}) = 0$$

Ольга Ладыженская - решение проблемы в
двумерном случае, Пенелопа Смит - для
трехмерного случая (сентябрь 2010, еще не
проверенное)



Движение крови по капиллярам

Ползущее течение

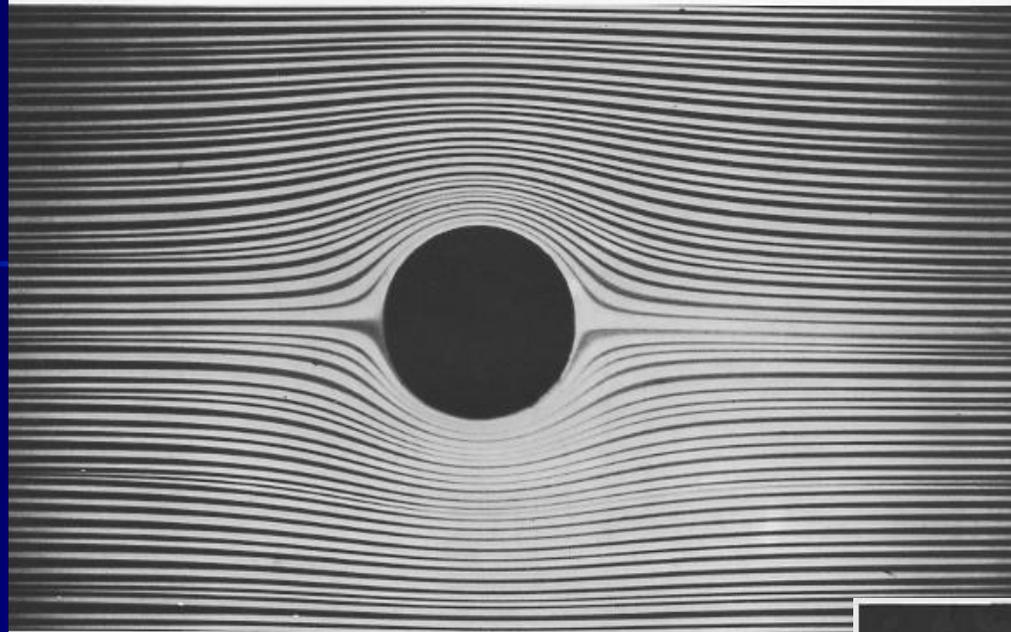
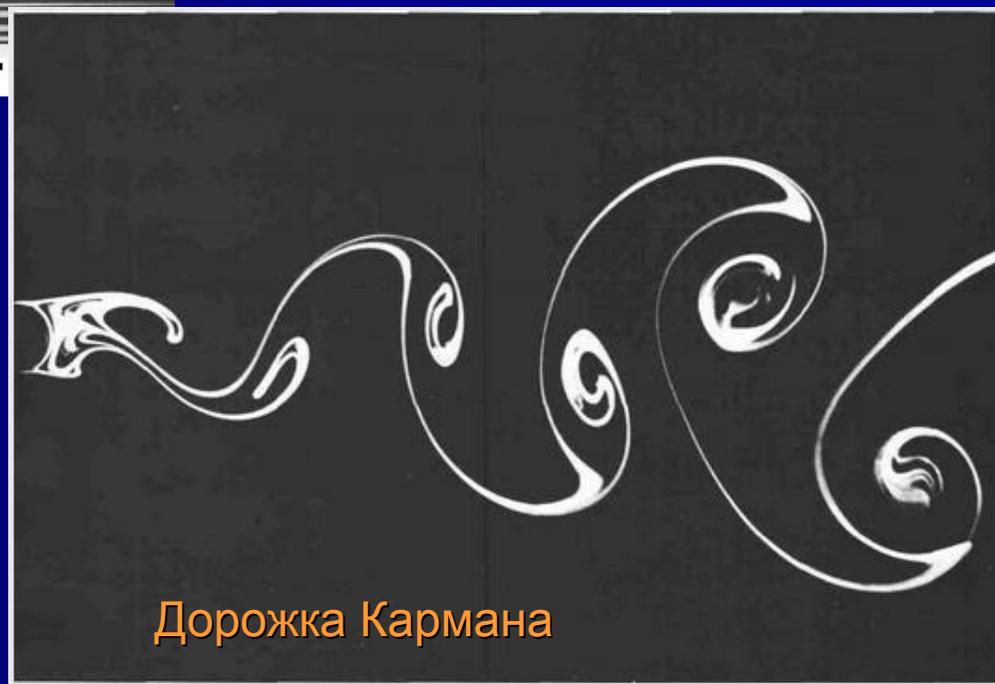
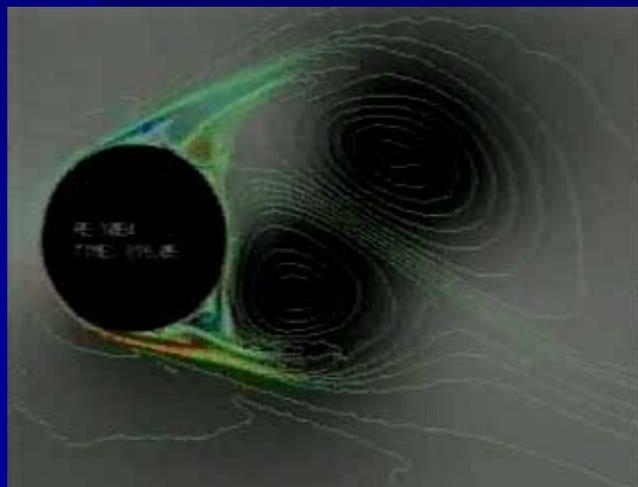


Фото из книги М.Ван-Дайк "Альбом течений жидкости и газа"



Дорожка Кармана



172. След за наклонной плоской пластинкой. След за пластинкой, обтекаемой под углом атаки 45° , турбулентен при числе Рейнольдса 4300. Алюминиевые хлопья, взвешенные в воде, выявляют характерную извилистую форму этого следа. [Santwell, 1981]. Воспроизведено с разрешения из Annual Review of Fluid Mechanics, Vol. 13, © 1981 by Annual Reviews Inc.

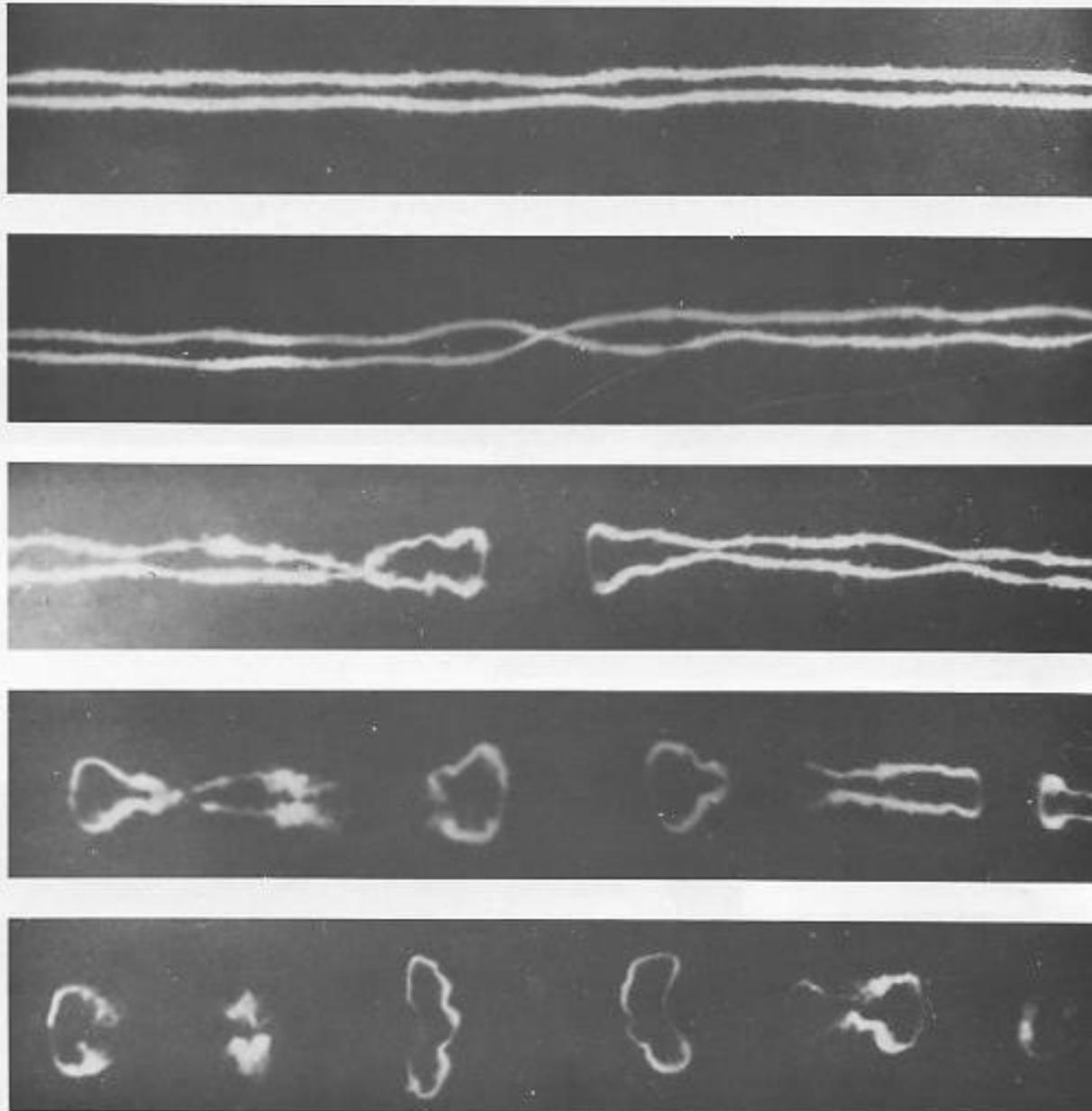


173. След за танкером, севшим на мель. Танкер «Argo Merchant» в 1976 г. сел на мель вблизи Нантакета. Вытекающая из него сырая нефть позволяет видеть, что судно оказалось наклоненным к морскому течению под углом 45° . Хотя число Рей-

нольдса равно примерно 10^7 , однако структура следа удивительно похожа на то, что показано на предыдущем снимке. Фото NASA, любезно предоставлено О. М. Griffin, Naval Research Laboratory



Свободные вихри на концах крыла

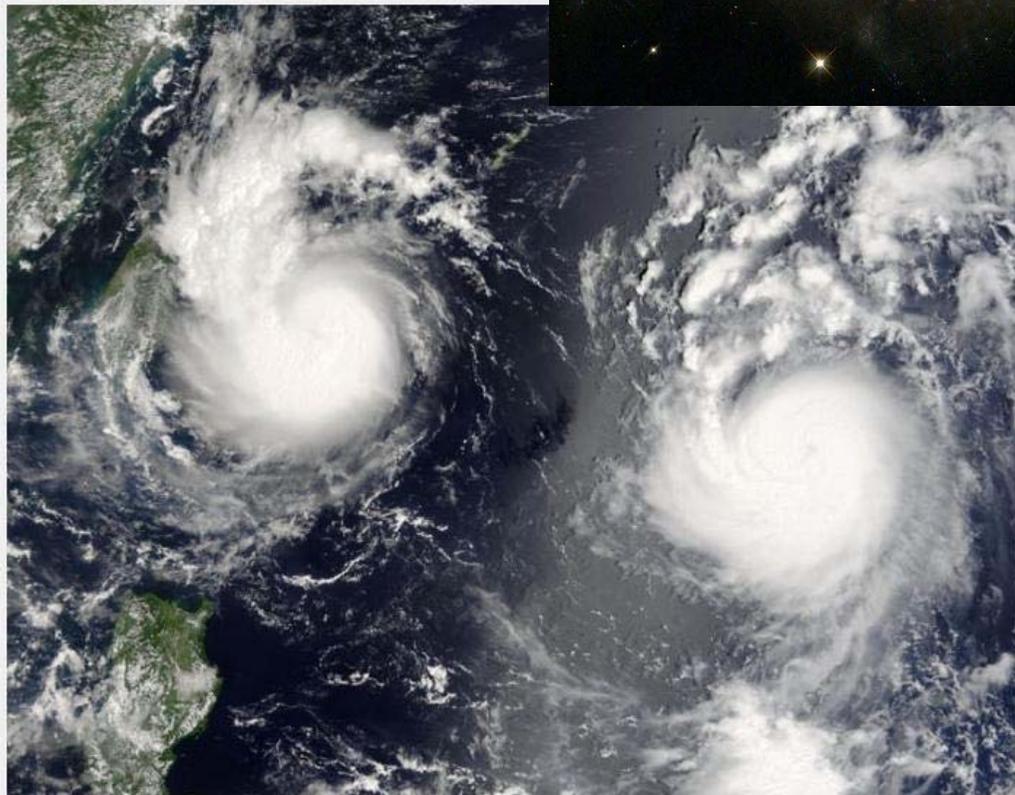


116. Неустойчивость пары концевых вихрей. Вихревой след за самолетом В-47 фотографировался непосредственно в небе с интервалами в 15 с после прохождения самолета. Вихревые ядра стали при этом видимыми благодаря конденсации влаги. Они медленно начинают обтекать друг друга и образуются в симметричную, почти синусоидальную

структуру, пока они не свяжутся и не образуют ряд вихревых колец. После этого след начинает быстро распадаться. Этот процесс называется обычно неустойчивостью Кроу – по имени исследователя, впервые данного качественного описание его разрешения Meteorology Research Inc.

Неустойчивость концевых вихрей

Космические «циклоны»



Тропические циклоны Саомай (справа) и Бопка, 8 августа 2006

Саомай - самый сильный тайфун, обрушившийся на территорию Китая за последние 50 лет.

Тропические циклоны



COPYRIGHT JOERG AMANN

AIRLINERS.NET

Скачки уплотнения и волны разрежения при трансзвуковых скоростях



Разделение ступеней ракеты
Структура ударных волн

Ударные волны

в космосе

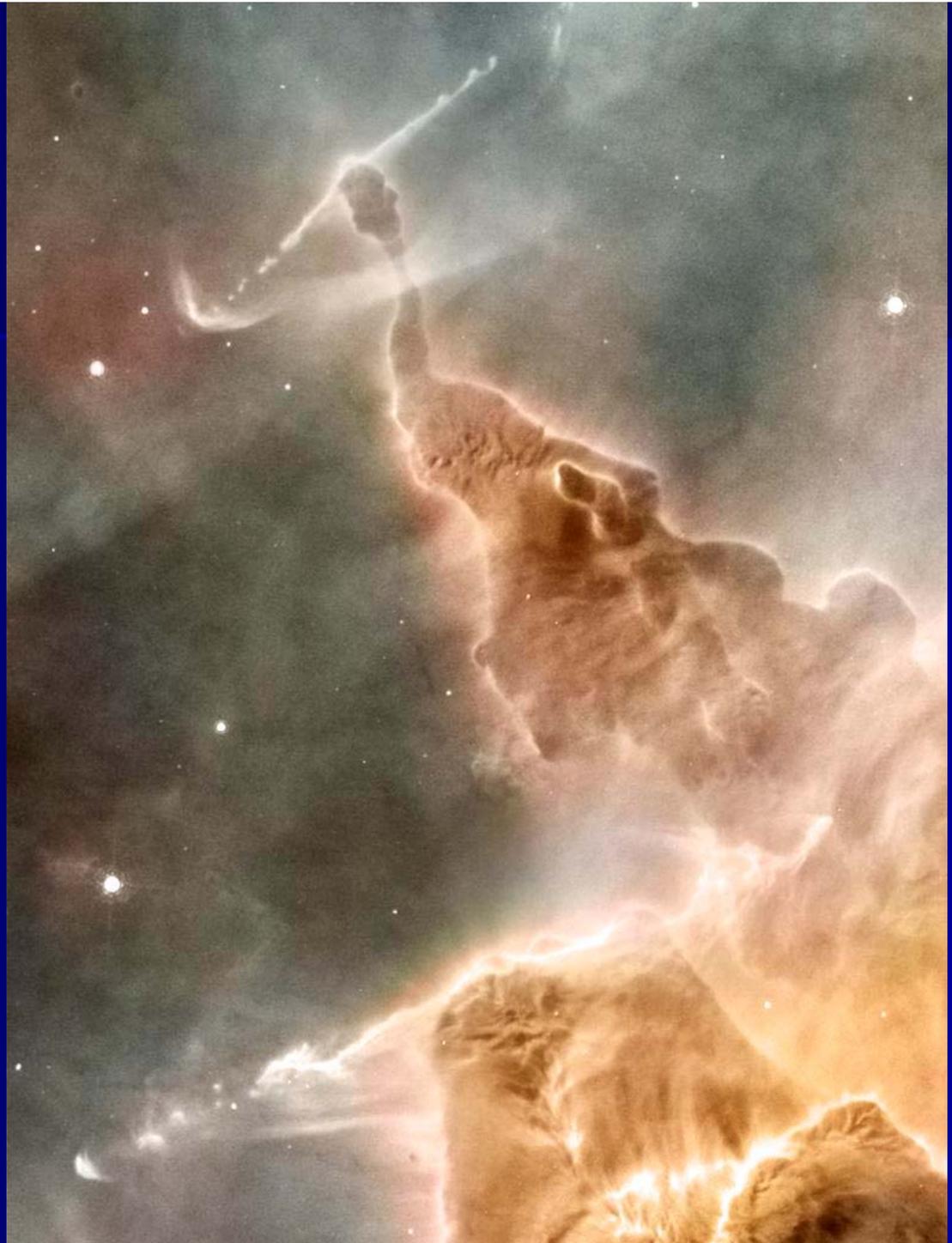
->

уплотнение пыли ->

образование звезд и
планет

->

зарождение жизни



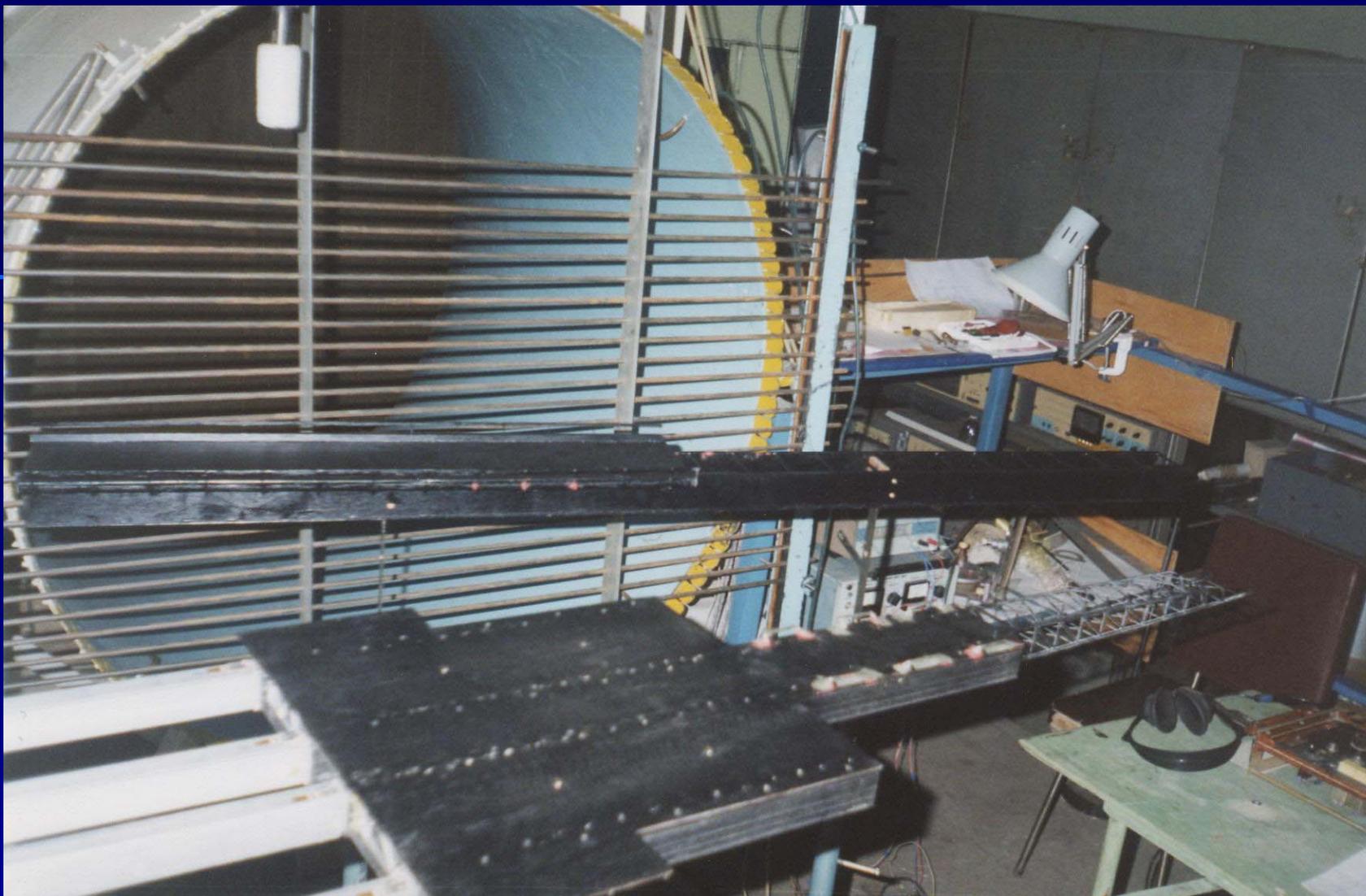
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КАФЕДРЫ АГД

(НАША НИША - промышленная аэродинамика - выбор А.А.Кураева-1980-е)

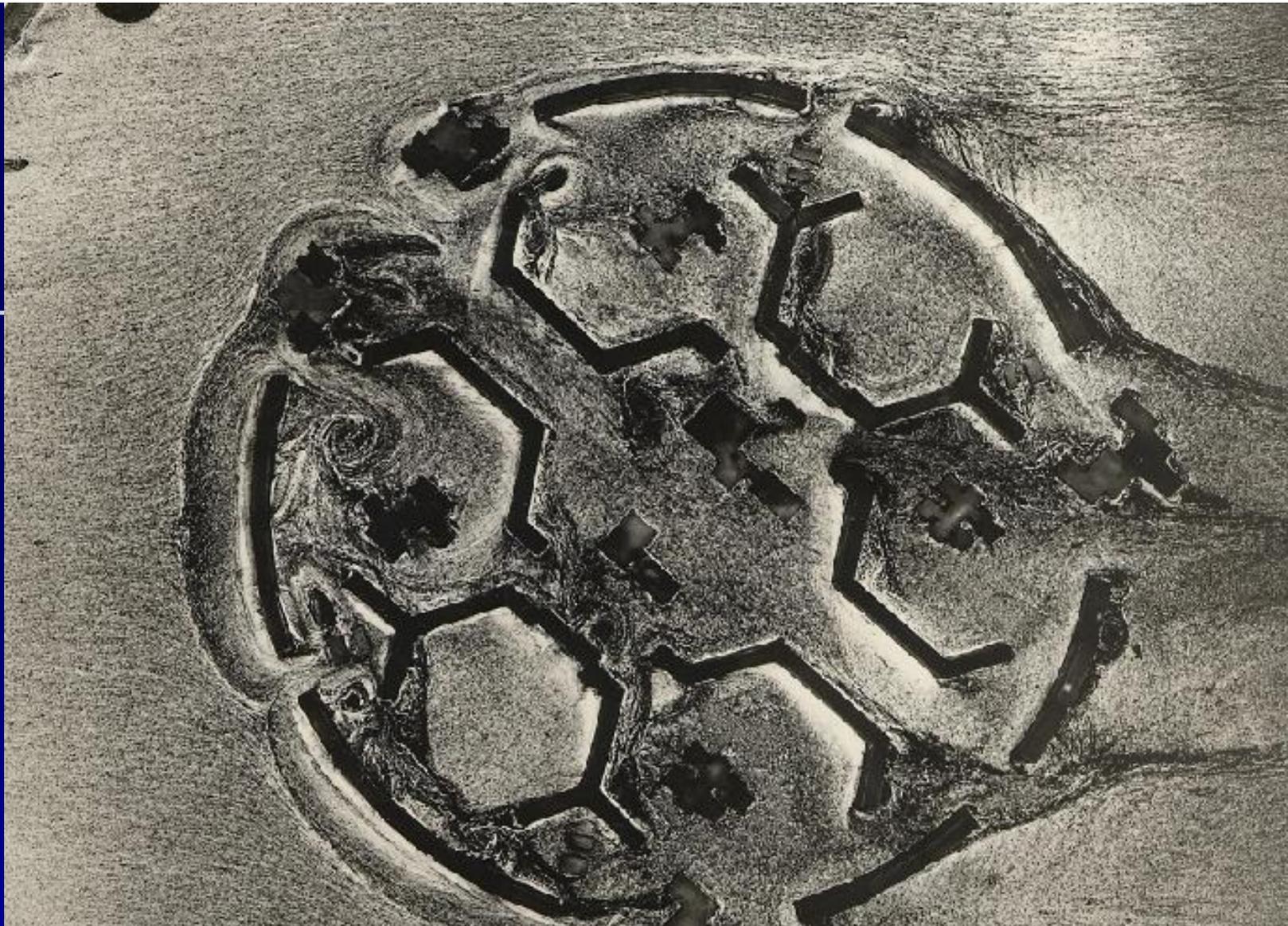
Моделирование в аэродинамических трубах взаимодействия ветра с наземными сооружениями:

- Решение задач обеспечения комфорта и ветрозащитности жилой зоны (особенно детских и школьных площадок), предотвращения снежных заносов за счет рациональной планировки.
- Исследование распространения вредных выбросов на территории промышленных площадок, выявление наиболее "вредных" источников и поиск способов снижения концентрации вредных веществ.
- Исследование аэроупругих колебаний сооружений в ветровом потоке, поиск оптимальных способов гашения колебаний.
- Определение осредненных и пульсационных составляющих аэродинамической нагрузки на строительные сооружения.
- Проведение аэродинамической экспертизы рекламных объектов на ветровые нагрузки.

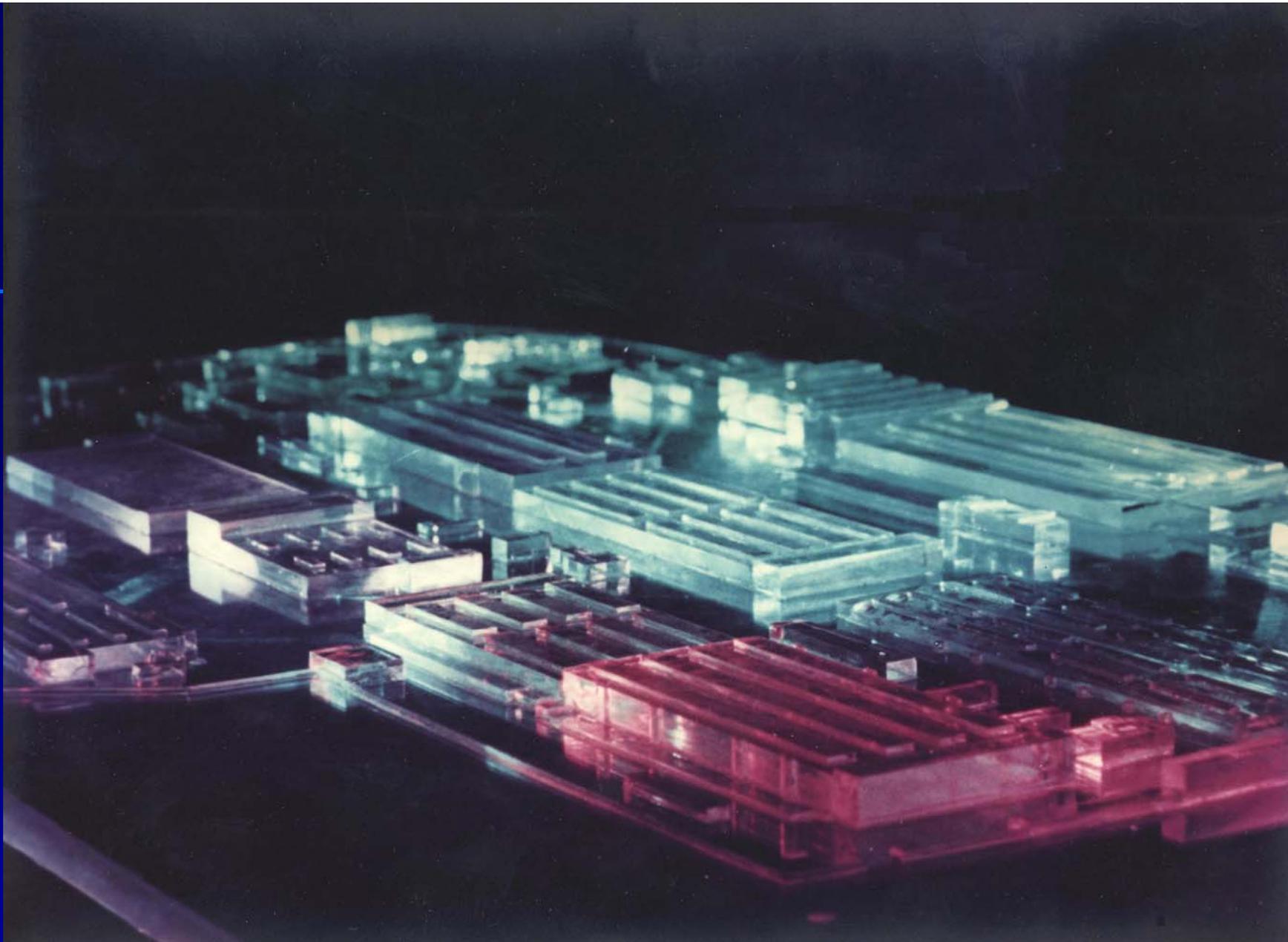
- Изучение, расчеты и оптимизация газовых потоков внутри топок, паровых котлов, турбин, систем выхлопа ТЭЦ, ГРЭС.
- Оптимизация внутренних потоков в коптильных и сушильных камерах, инкубаторах, обеспечение равномерной обработки по всему объему .
- Расчеты, разработка и изготовление опытных образцов ветроэнергетических установок.
- Исследования и оптимизация аэродинамики автомобилей и других наземных транспортных средств.
- Разработка жидкостно-воздушных систем охлаждения силовых приводов электровозов.
- Разработка и изготовление аэрофизических средств геологоразведки, транспортируемых под самолетами и вертолетами.
- Проектирование, изготовление, градуировка оборудования для аэрофизических экспериментов (тензосъемки, приемники давления, пневмотурбины).
- Проектирование и постройка легких самолетов, беспилотных моделей.
- Проектирование аэродинамических труб различных типов.



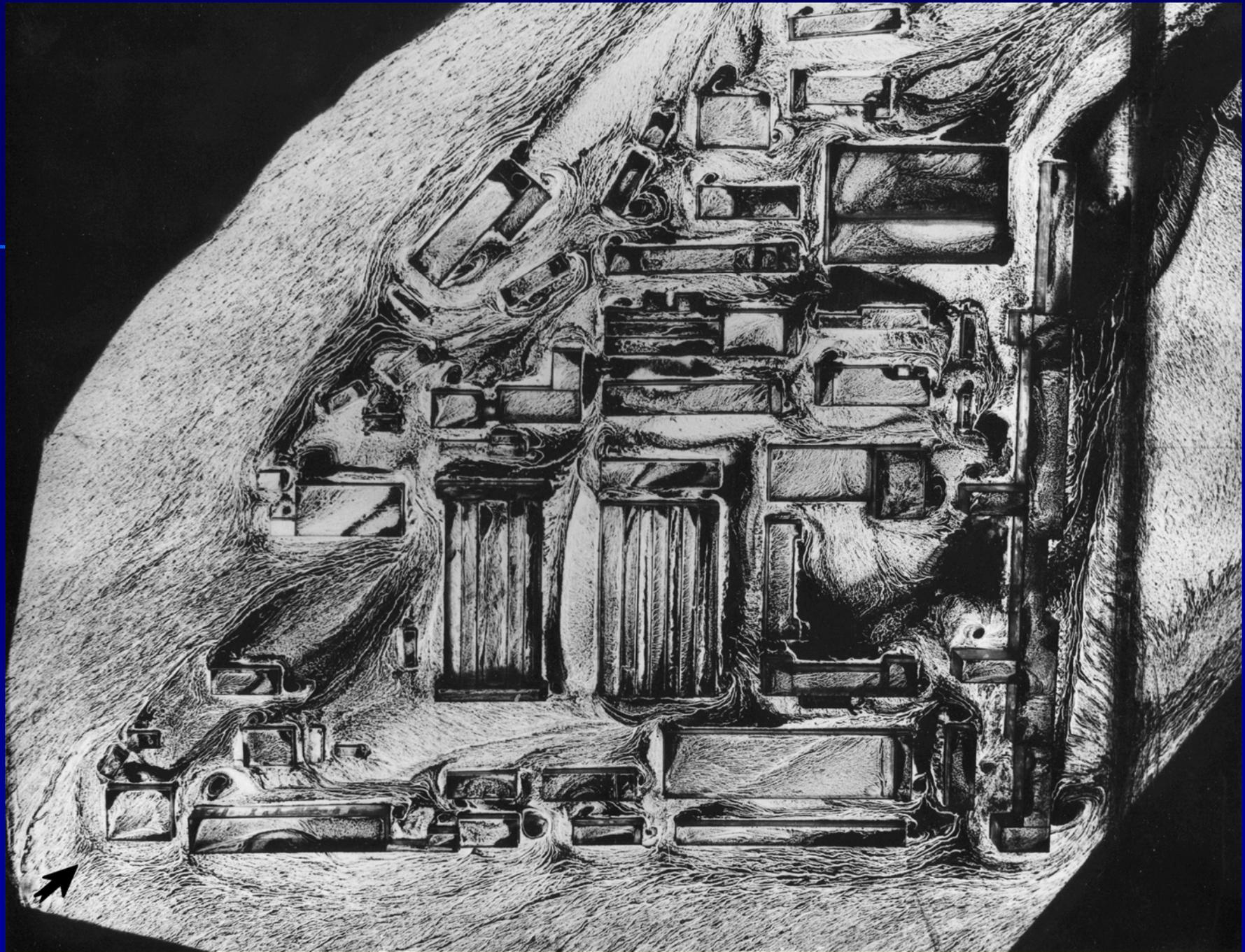
Аэродинамическая труба Т-503
Рабочая часть $\Phi 1,2$ м, скорость потока до 65 м/с



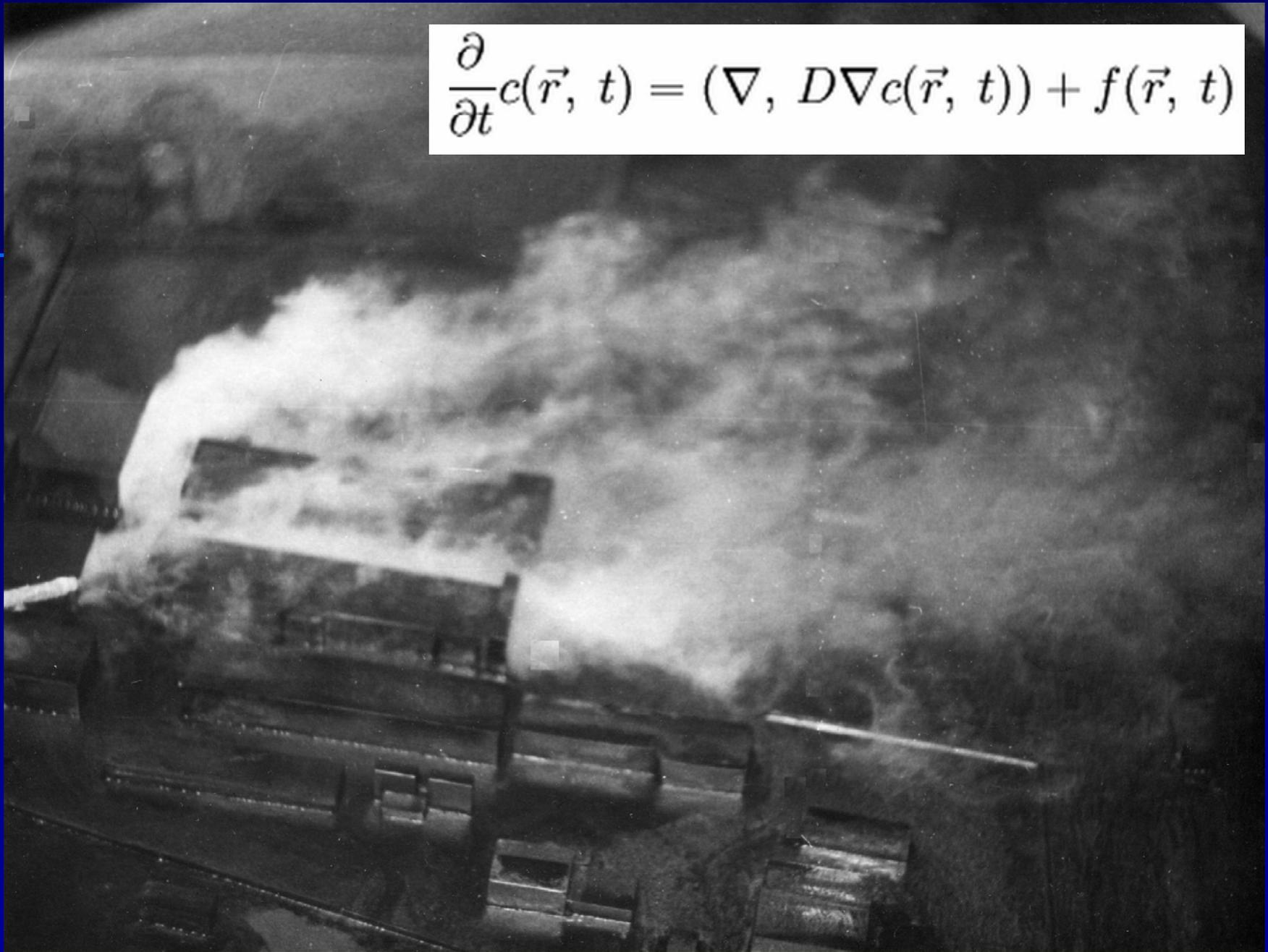
Визуализация структуры течения
в приземном пограничном слое
(второй микрорайон научного городка ВАСХНИЛ)



Модель промышленной площадки в аэродинамической трубе



$$\frac{\partial}{\partial t}c(\vec{r}, t) = (\nabla, D\nabla c(\vec{r}, t)) + f(\vec{r}, t)$$



Аэрогеофизический зонд

(СНИИГГМС , СибГЕОТЕХ, каф. ПМт-обработка)



Проблемы: устойчивость полета, обеспечение прочности при ограничении на массу, минимизация лобового сопротивления



Проблема – большая гибкость

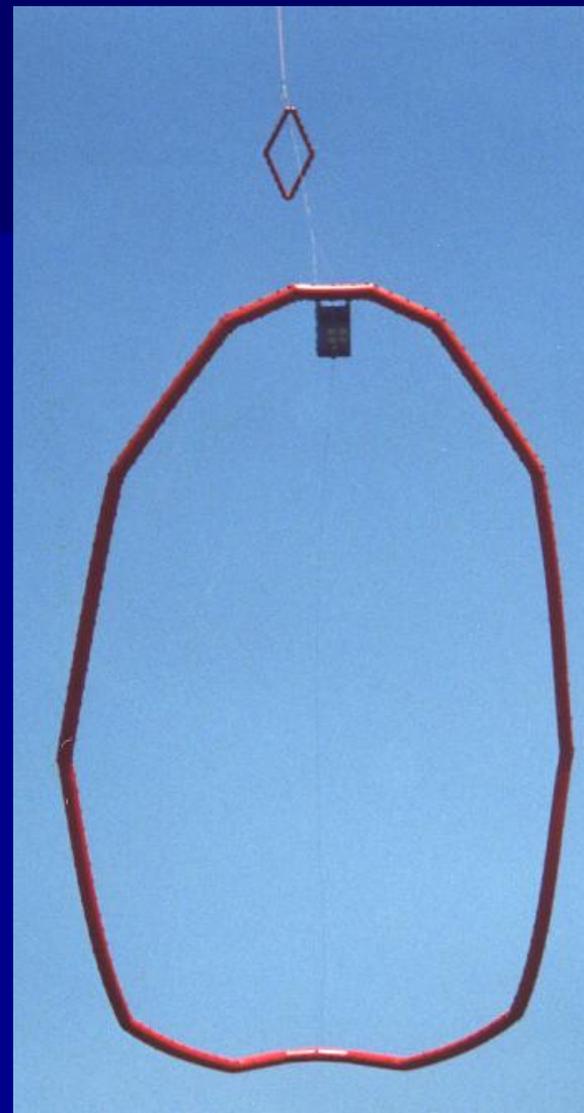


Сосна крепче

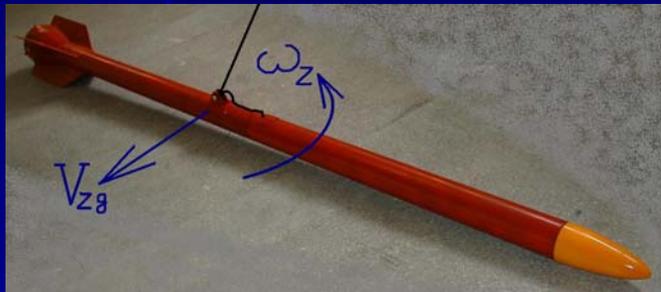
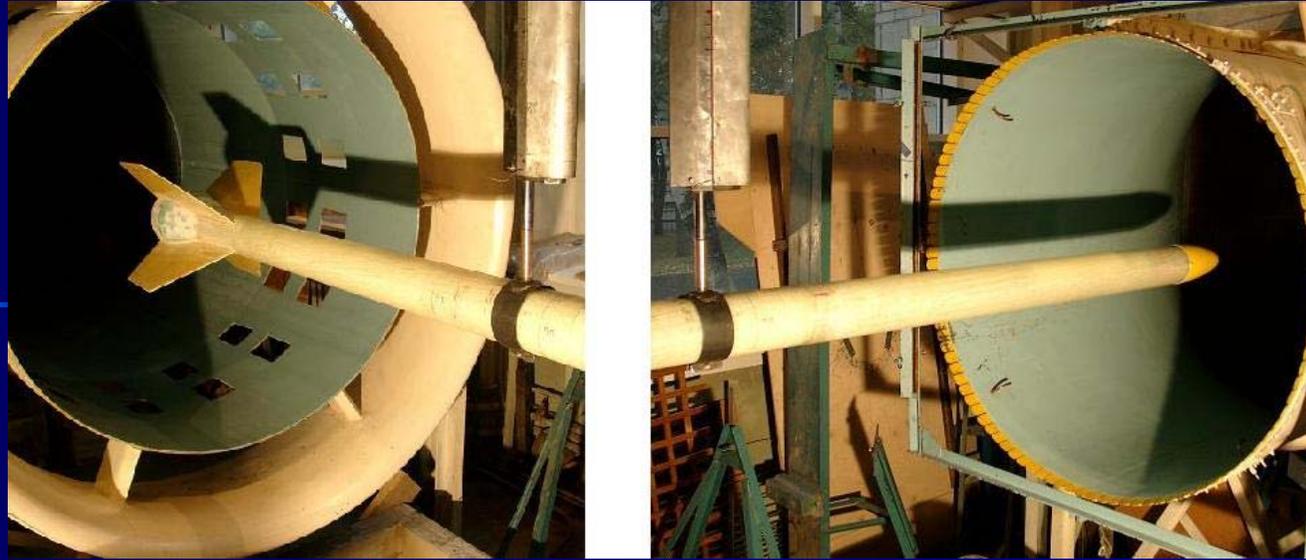


« ЗМЕЙ-ГОРЫНЫЧ »





Надувной корпус
от покорителя океанов А. Кулика

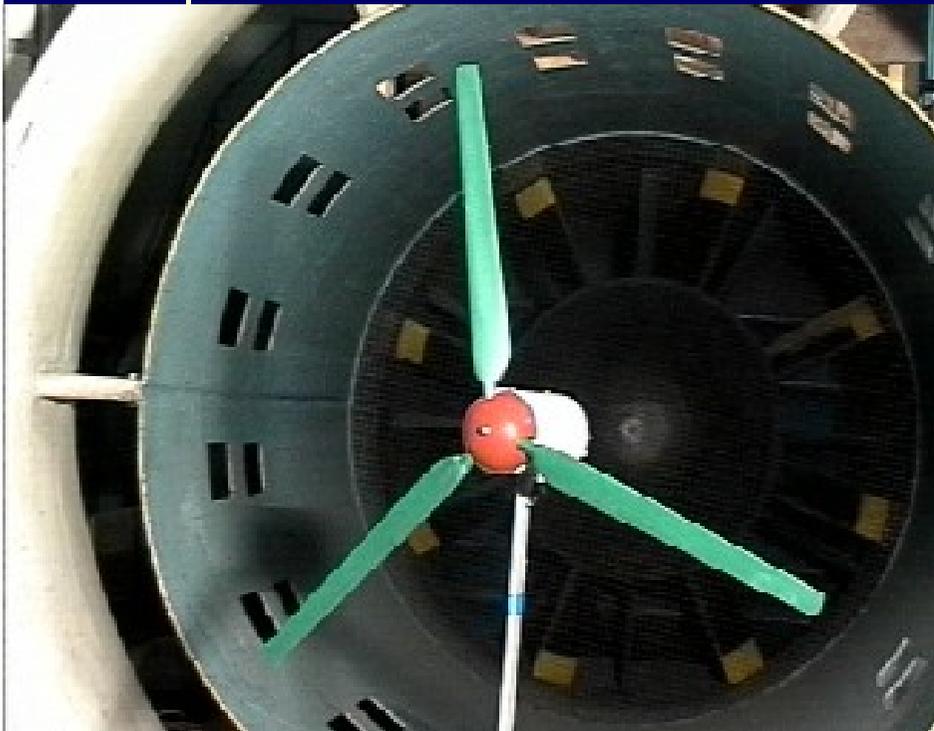


$$\begin{cases} m \frac{dV_{zg}}{dt} = F_{zg} = G \sin \gamma + Z_a \cos \varepsilon_2 - X_a \sin \varepsilon_2 \\ I_y \frac{d\omega_y}{dt} = M_y = -T_{xg} \sin \psi \Delta x_o - X_a \sin \beta \Delta x_f + Z_a \cos \beta \Delta x_f + M_y^{\omega_y} \omega_y \end{cases}$$

$$T_{xg} = X_a \cos \varepsilon_2 + Z_a \sin \varepsilon_2; \quad \varepsilon_2 = \arctg \frac{V_{zg}}{V}; \quad V_{zg} \approx V_z = -L \frac{d\gamma}{dt};$$

$$G_z = G \sin \gamma; \quad \frac{d\psi}{dt} \approx \omega_y \quad c_{xa} \approx const; \quad c_{za} \approx c_{za}^\beta \beta.$$

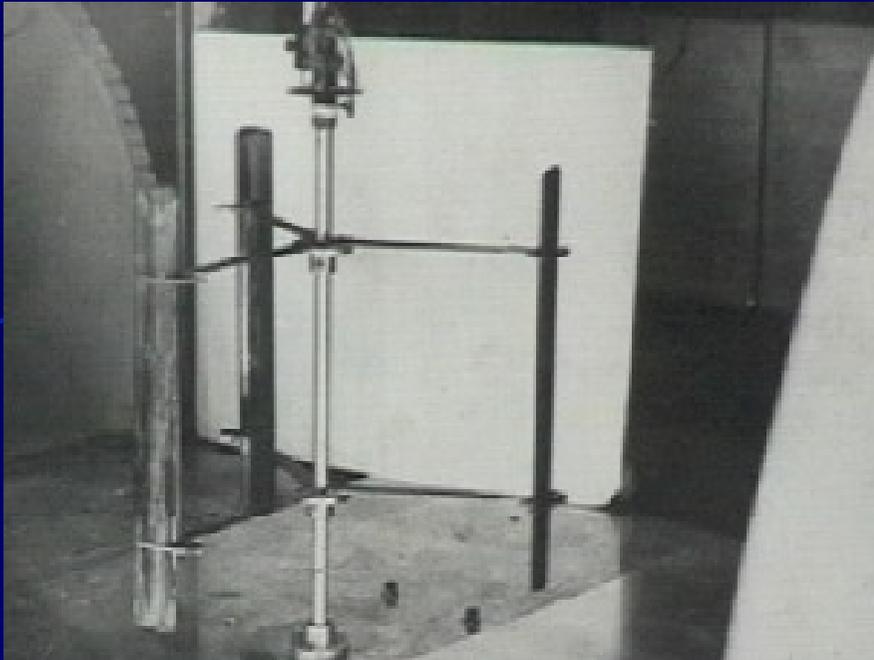
Проблема – устойчивость при всех скоростях и длинах троса



Модель и натурный образец ВЭУ-06 в аэродинамических трубах



Натурный образец ВЭУ-06 на крыше 6 уч. корпуса НГТУ



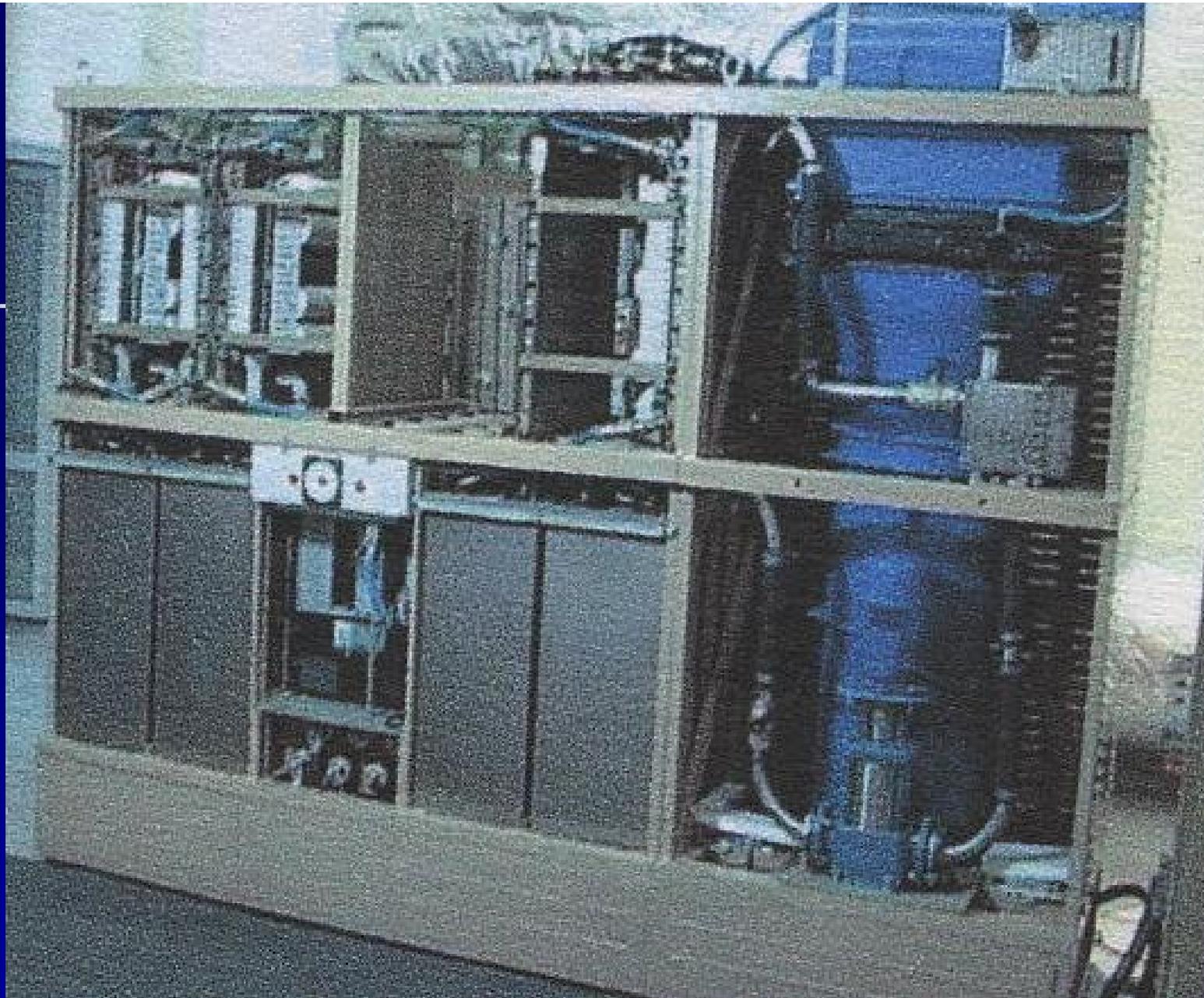
Модель ВЭУ-6
в аэродинамической трубе
(украдена со стенда
на ганноверской ярмарке)



Натурный образец ВЭУ-6
на полевых испытаниях



Коптильная камера



Система охлаждения силового привода



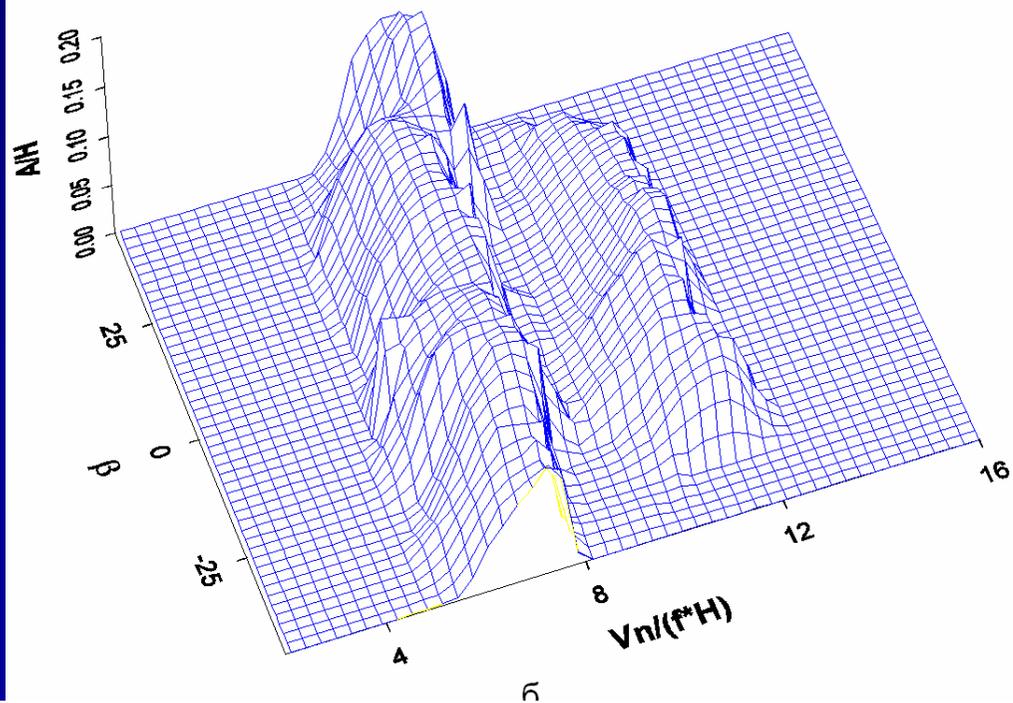
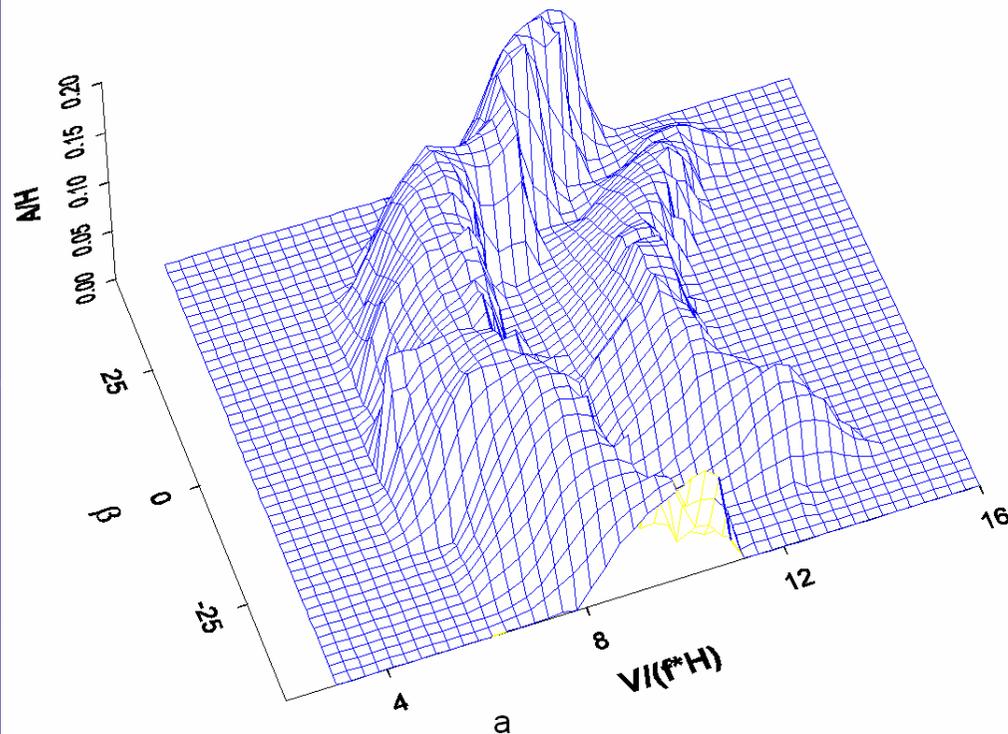
Катастрофа такомакского моста

7 ноября 1940 г.

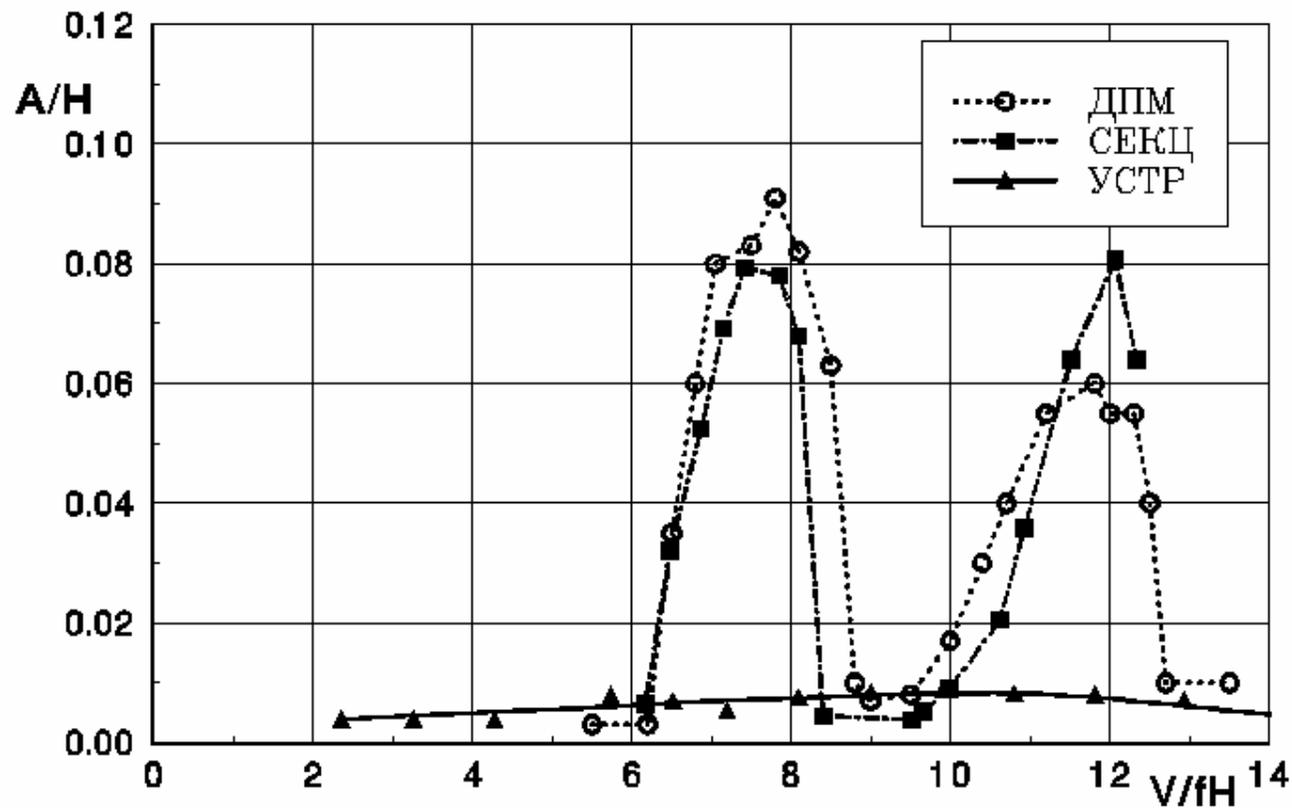


Модель пролетного строения барнаульского моста

(НФ ОАО «Институт Гипростроймост»)



Амплитудно-скоростные характеристики модели барнаульского моста при изменении угла скольжения, безразмерные по скорости набегающего потока (а) и по нормальной составляющей скорости (а)



Сравнение амплитуд колебаний динамически подобной модели пролетного строения Барнаульского моста в исходной конфигурации (ДПМ) и с устройствами для гашения колебаний (УСТР), а также секционной модели без устройств (СЕКЦ).



Монтаж пролетного строения моста
через р.Томь в г.Томске
с установленными гасителями
колебаний

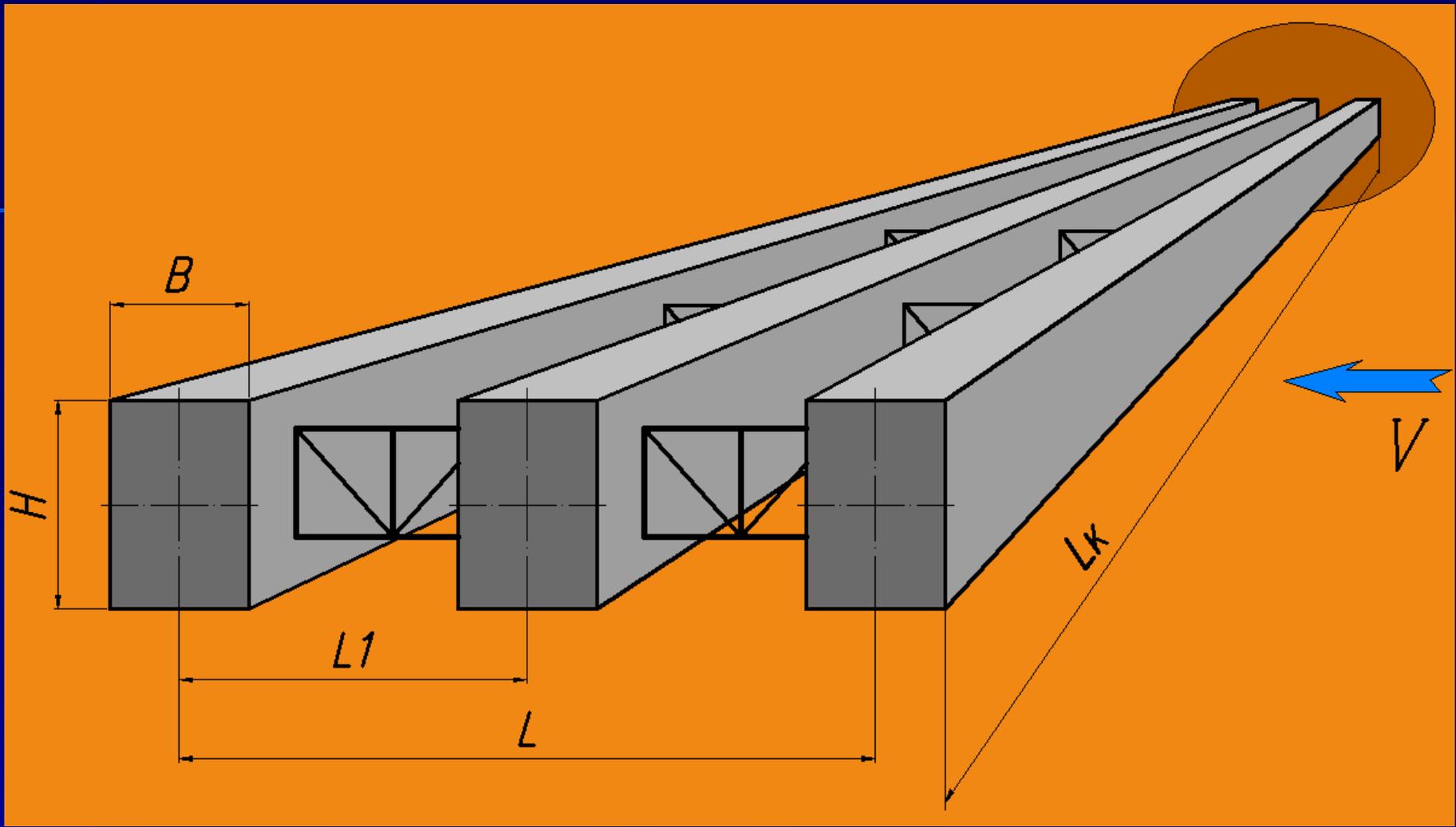


Схема консольной части пролетного строения
на стадии монтажа

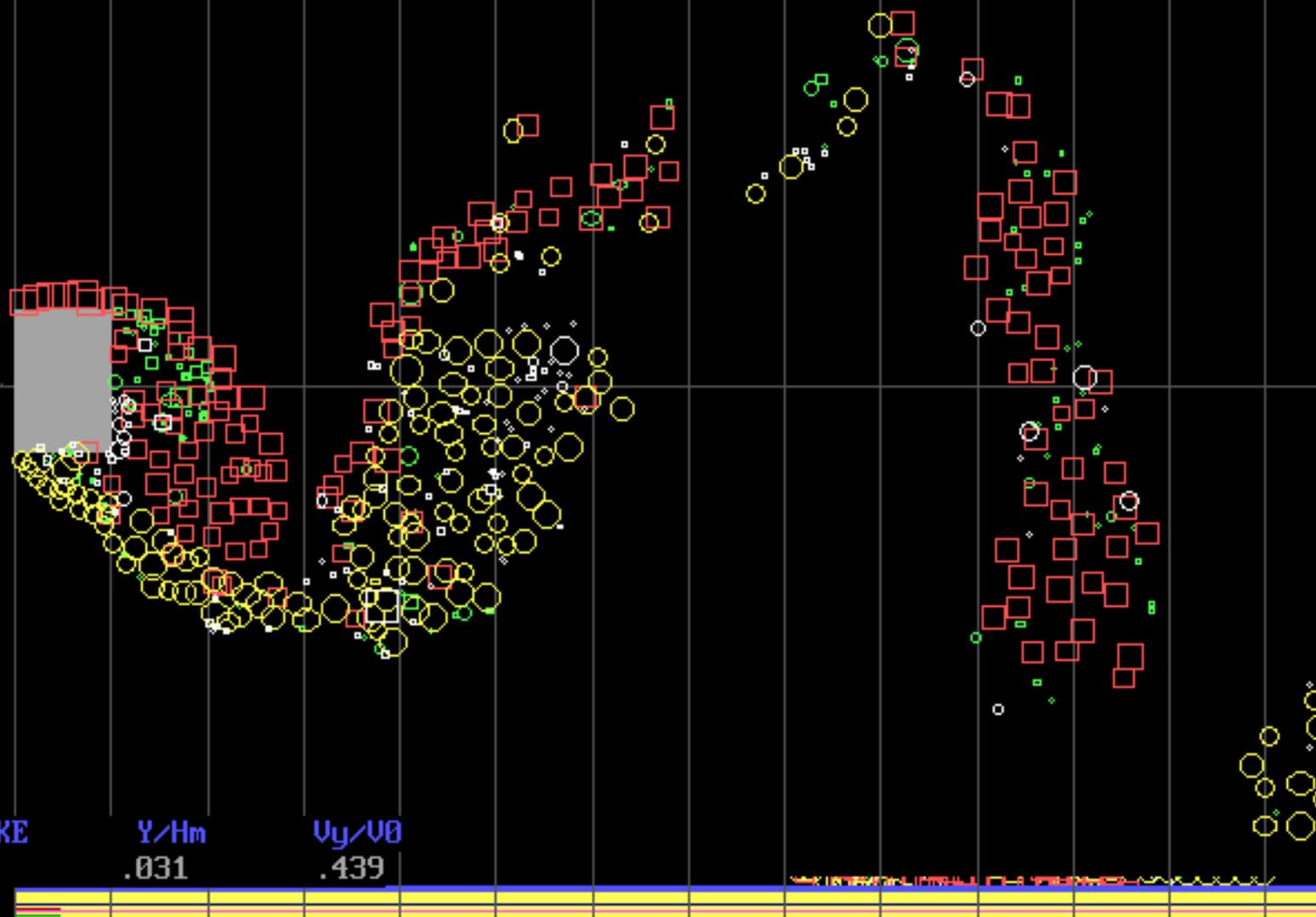


Модель пролетного строения моста
через р.Иртыш в г.Омске
(первая и вторая очереди пролетного строения)

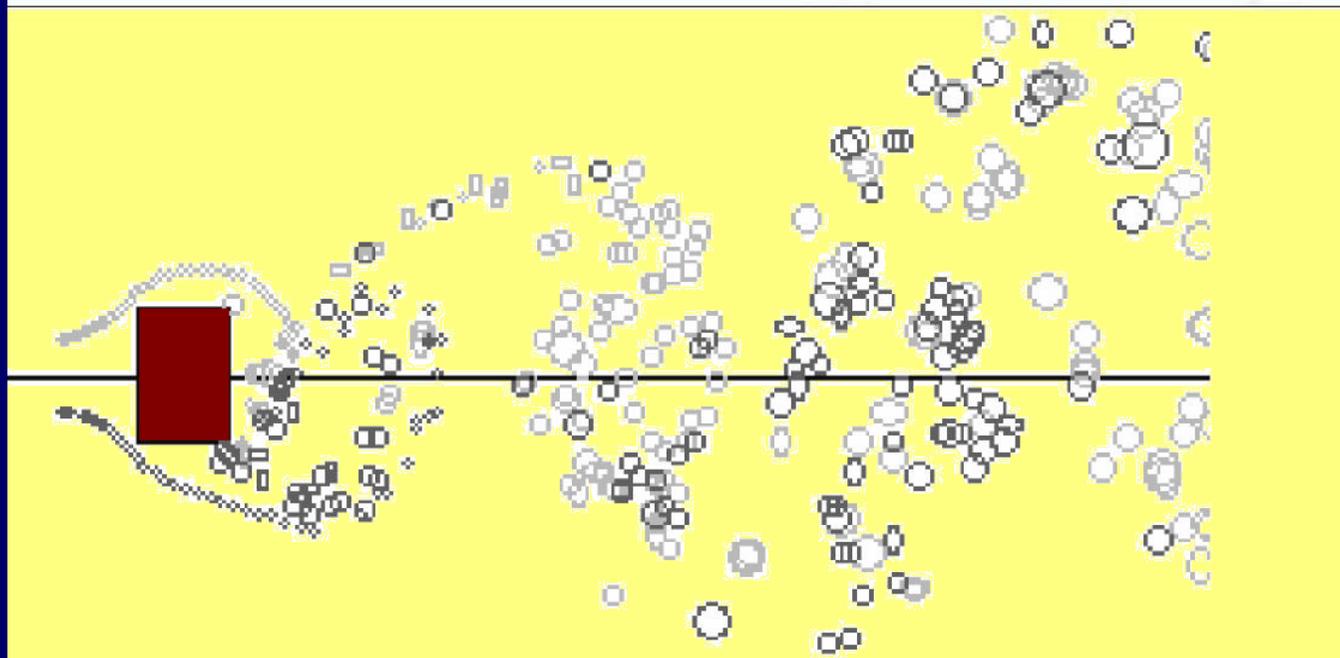
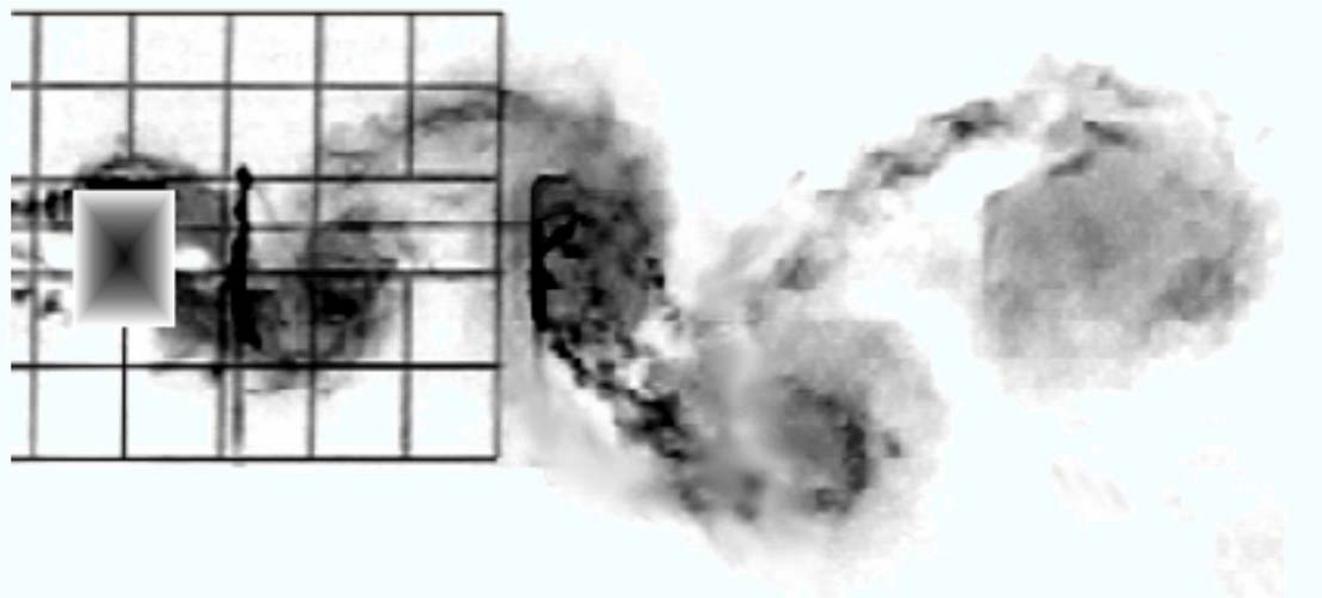


Визуализация течения при обтекании однобалочной конструкции
дымовым методом

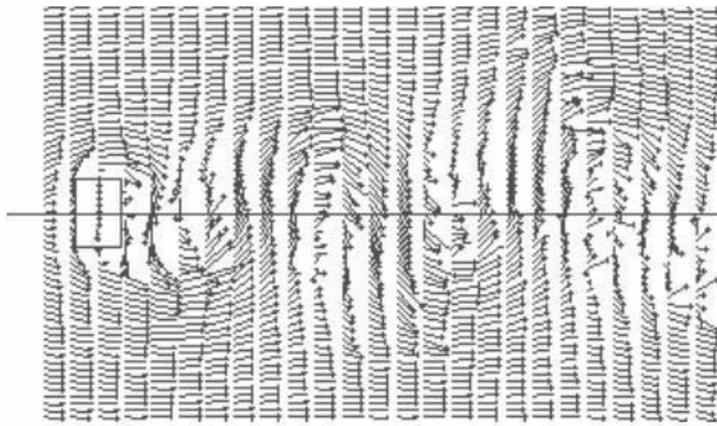
Pause - 1



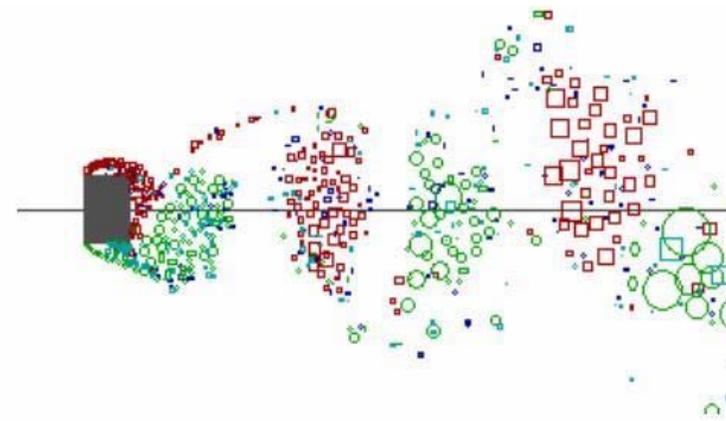
Результаты расчетов МДВ обтекания однобалочной конструкции



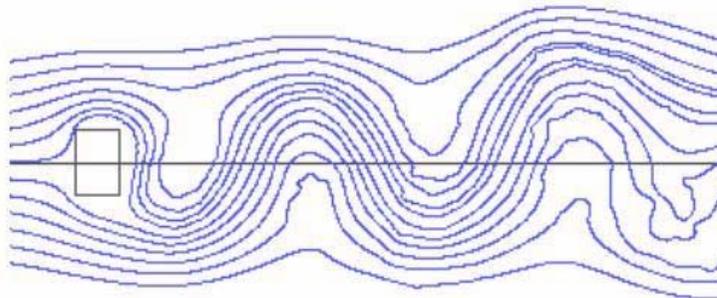
Экспериментальные и расчетные
положения меченых частиц



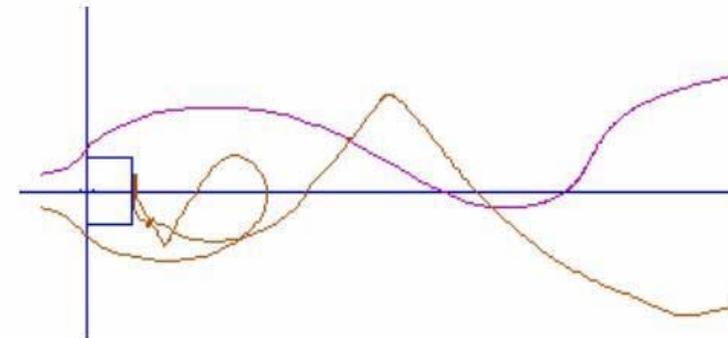
а) Векторная диаграмма поля скоростей



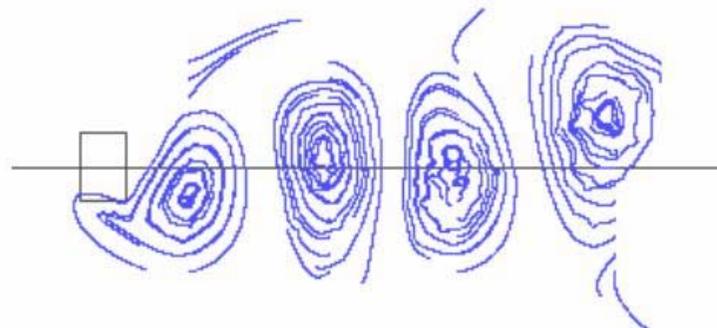
б) Положения дискретных вихрей



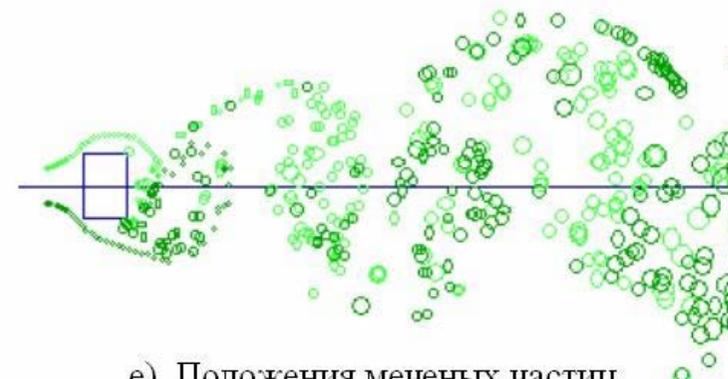
в) Линии тока в лабораторной системе координат



г) Траектории

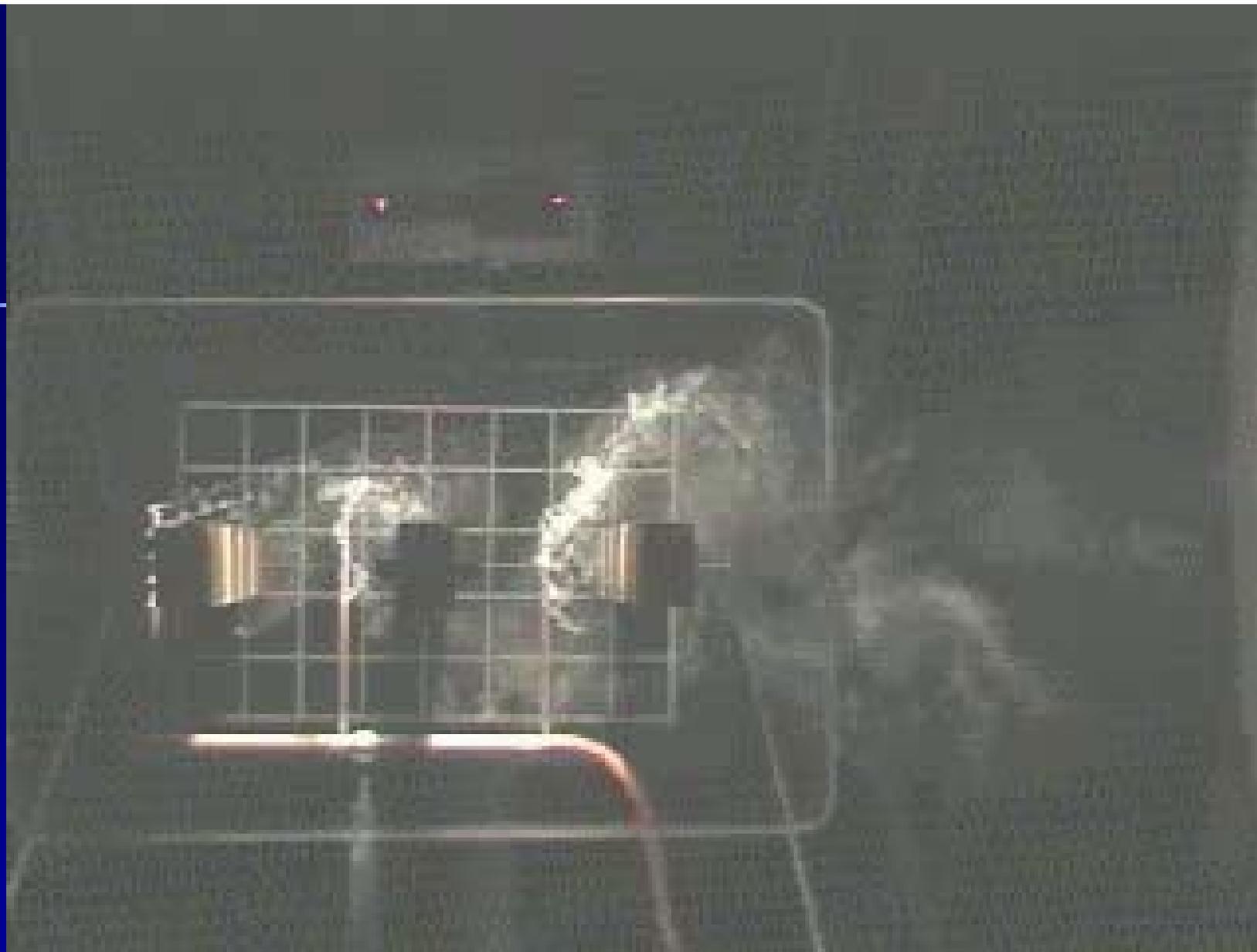


д) Линии тока в подвижной системе координат

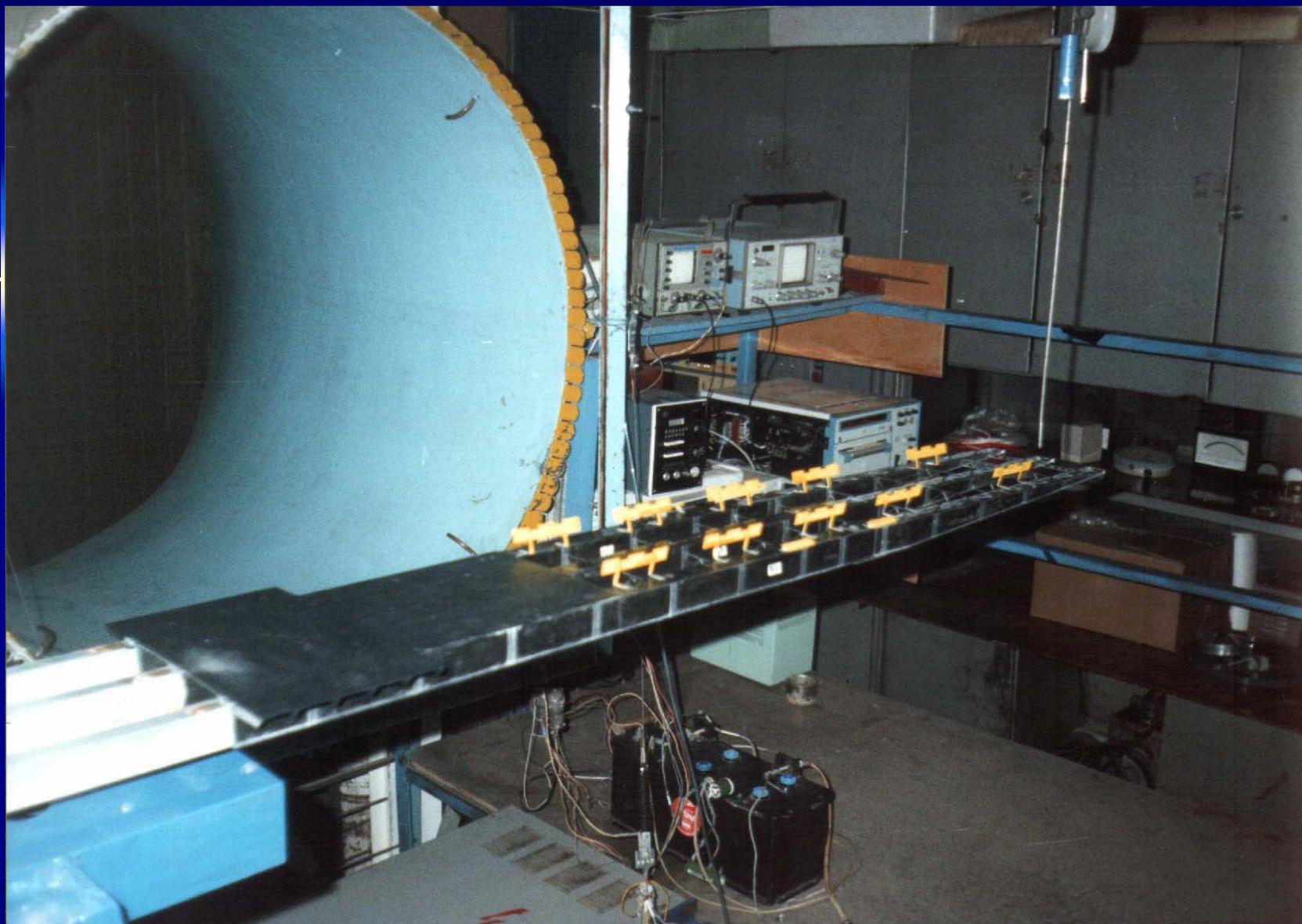


е) Положения меченых частиц

Различные способы представления структуры потока



Визуализация течения
при обтекании трехбалочной конструкции
дымовым методом



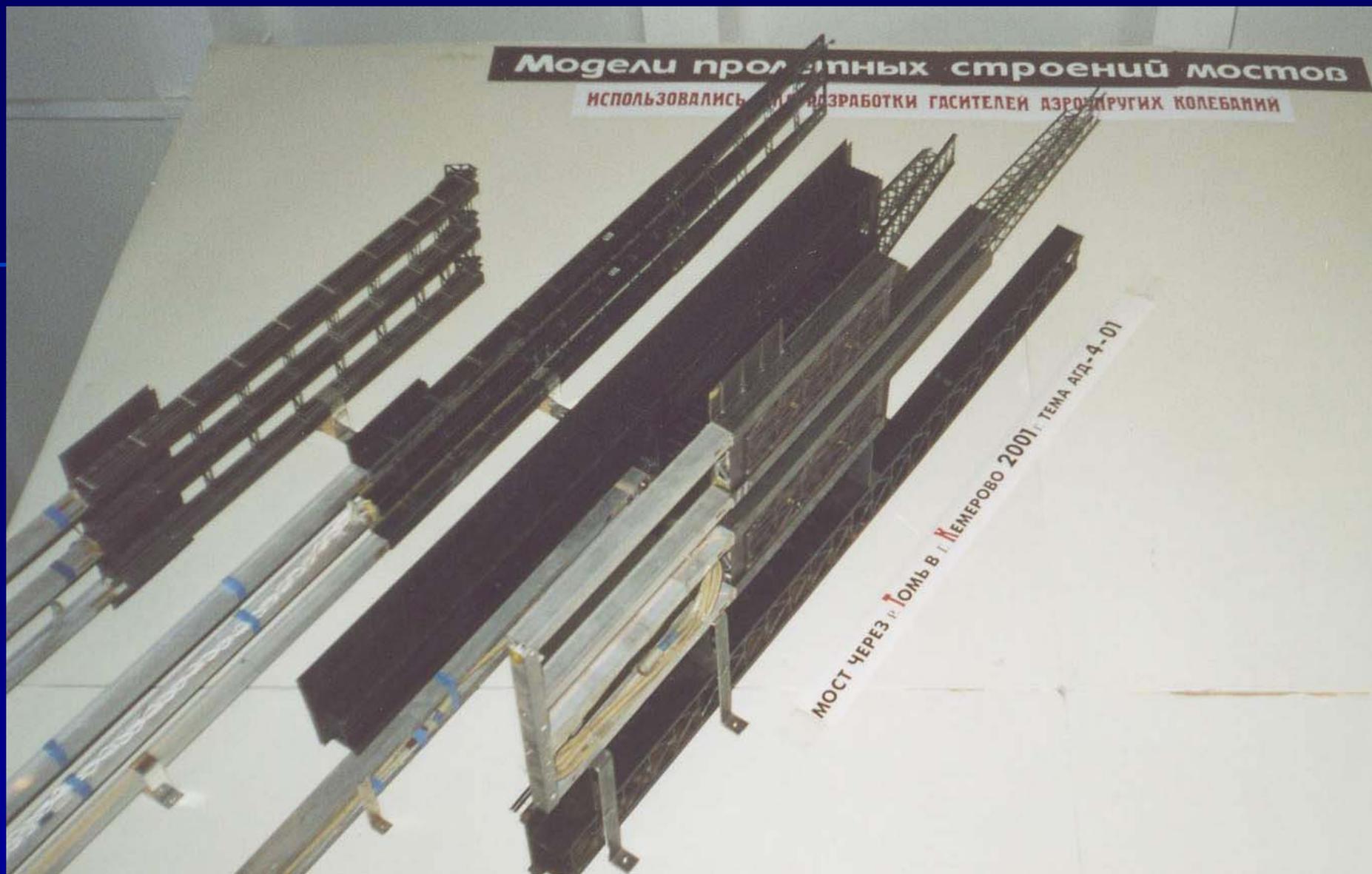
**Модель пролетного строения моста
через р.Томь в г.Томске
в аэродинамической трубе**



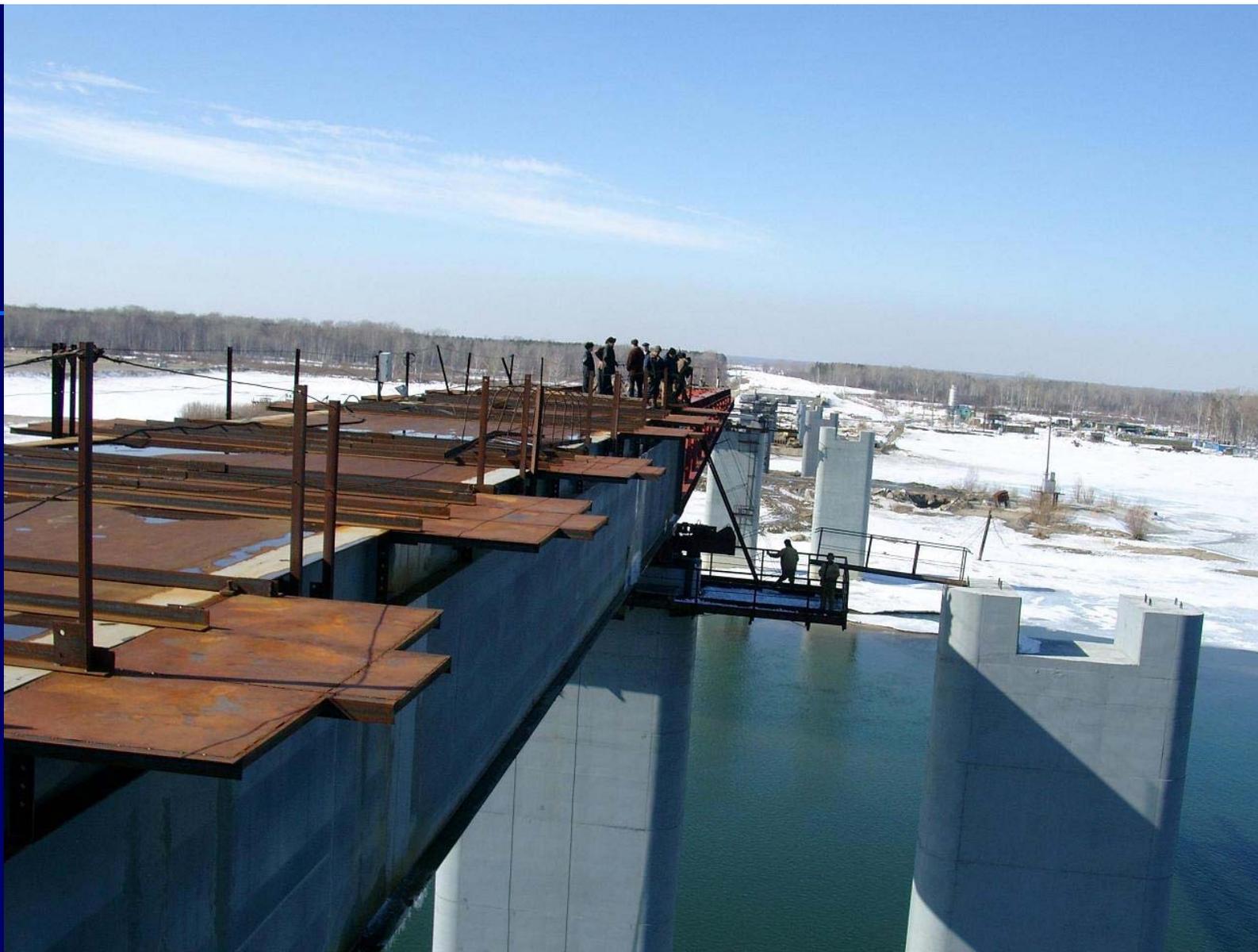
Гасители колебаний пролетного строения моста
через р.Томь в г.Томске



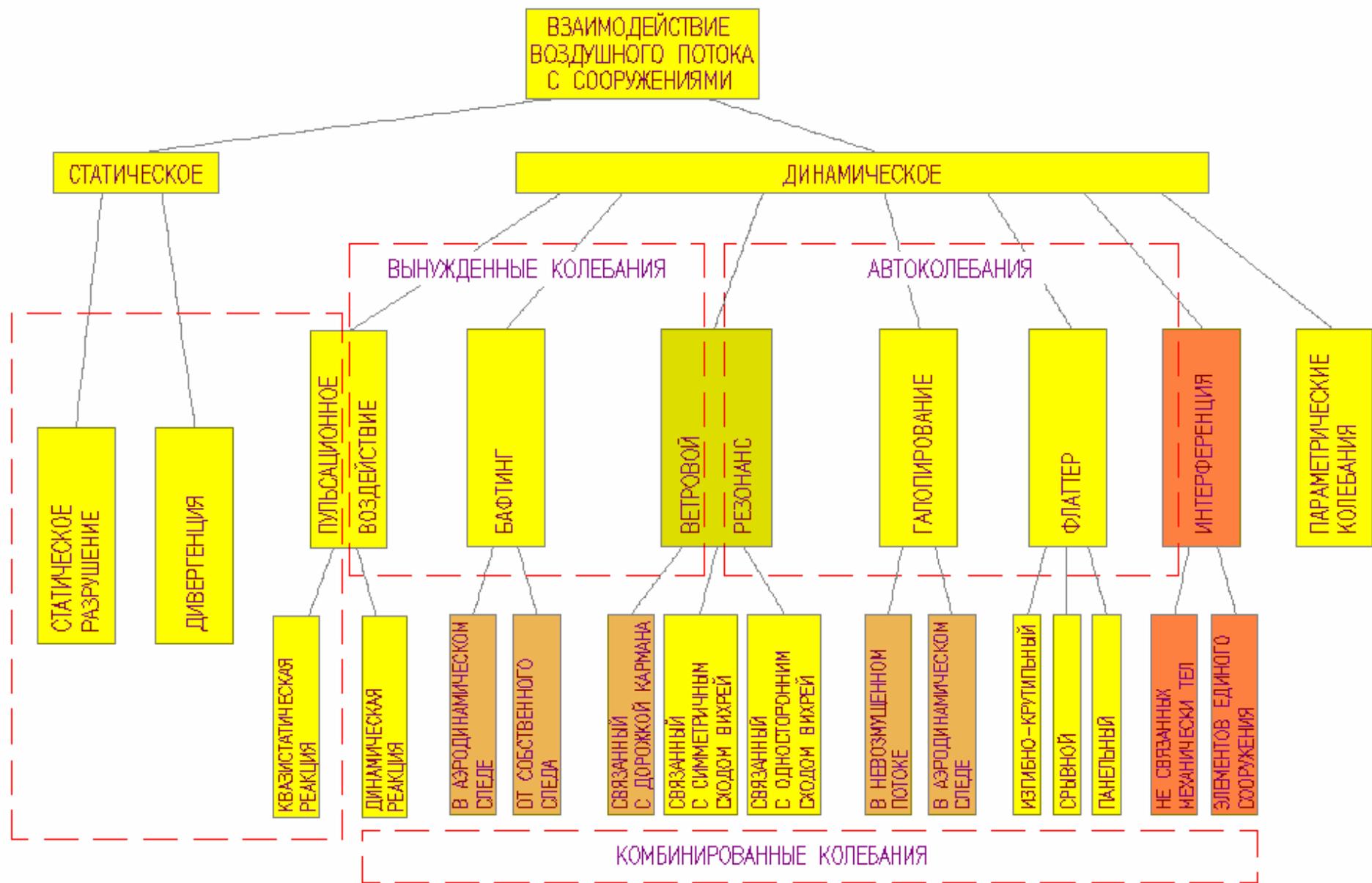
Монтаж первой очереди пролетного строения
моста через р.Иртыш в г.Омске
с установленными гасителями колебаний



Модели четырех пролетных строений мостов через р.Обь в г.Барнауле, р. Томь в г.Томске, р.Иртыш в г.Омске и р.Обь в г. Кемерове



Монтаж первой очереди пролетного строения
моста через р.Обь у пос. Красный Яр
с установленными гасителями колебаний



Обобщенная и расширенная классификация типов взаимодействия воздушного потока с сооружениями



Катастрофа моста под Витебском

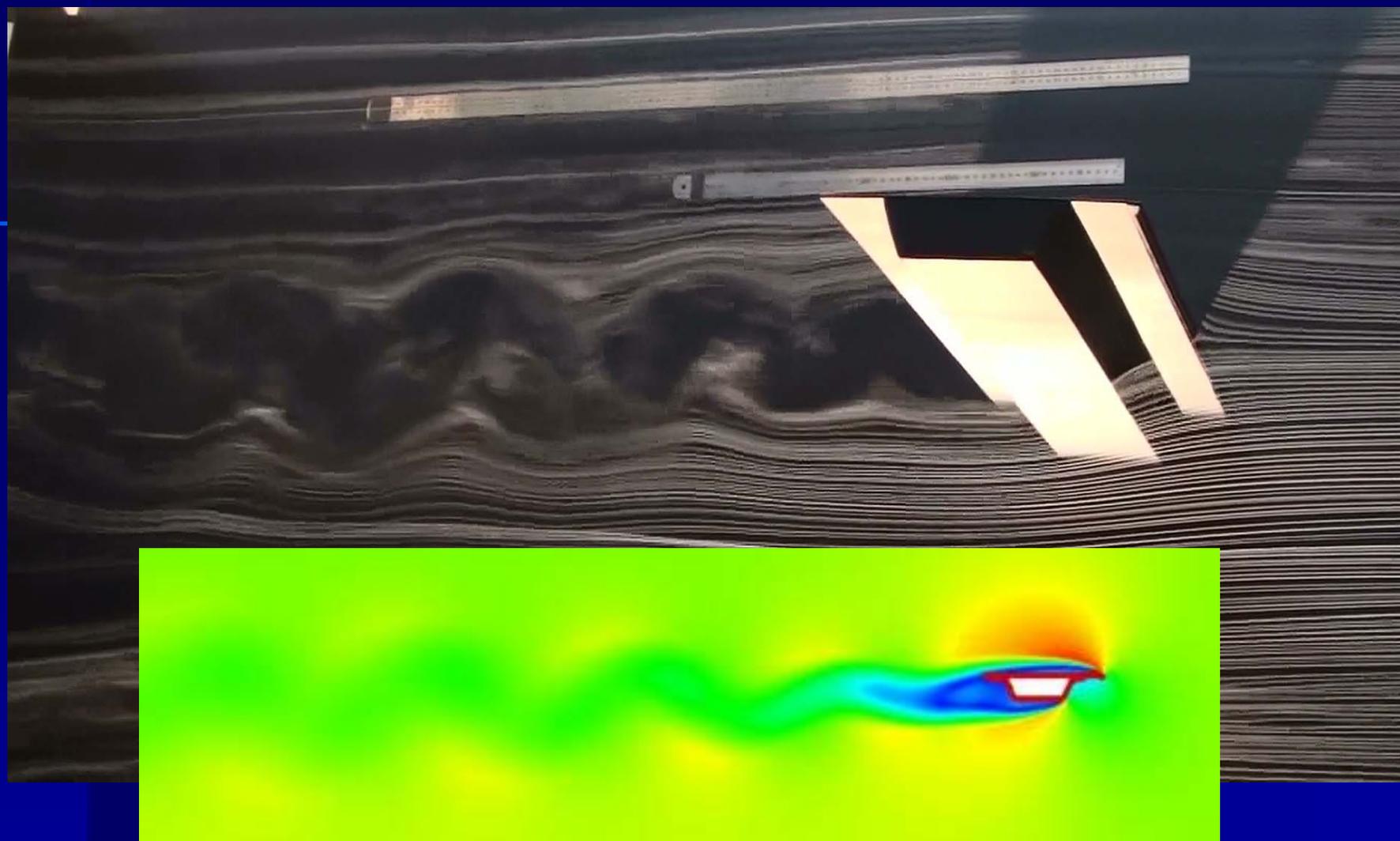
2006 г.



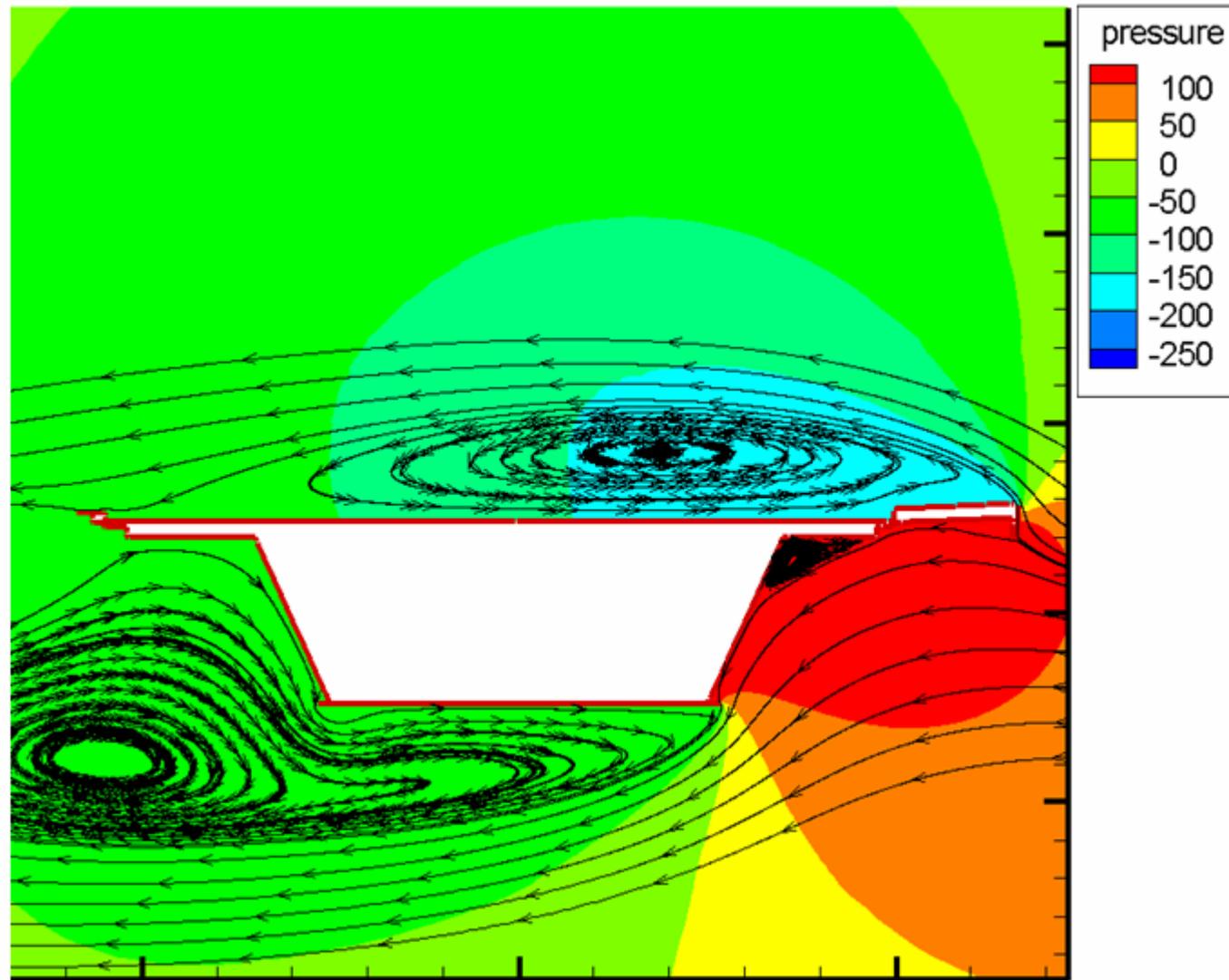
Колебания волгоградского моста май 2010 г.



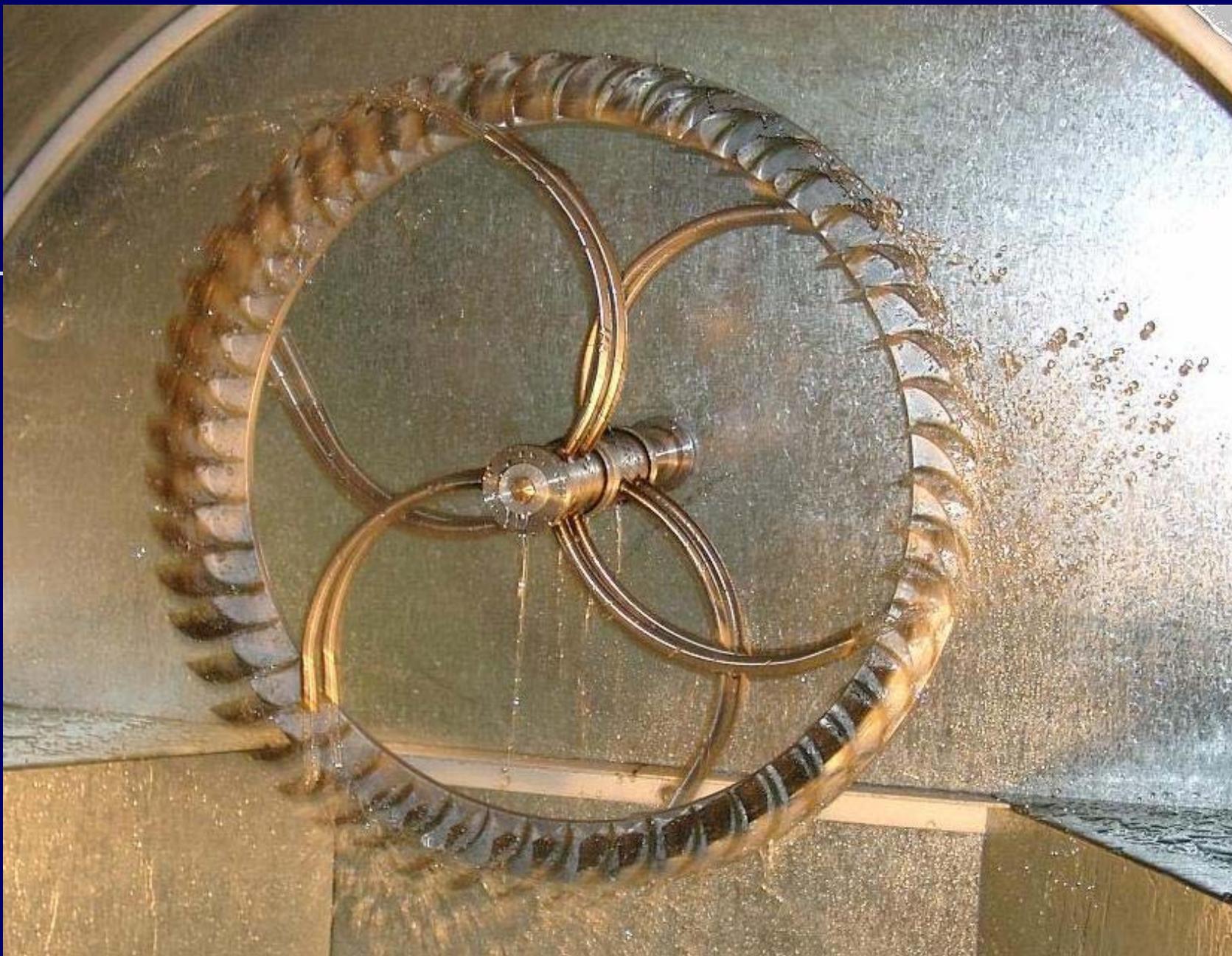
Колебания волгоградского моста май 2010 г.



Визуализация течения в окрестности модели
волгоградского моста
(физический эксперимент и численные расчеты)

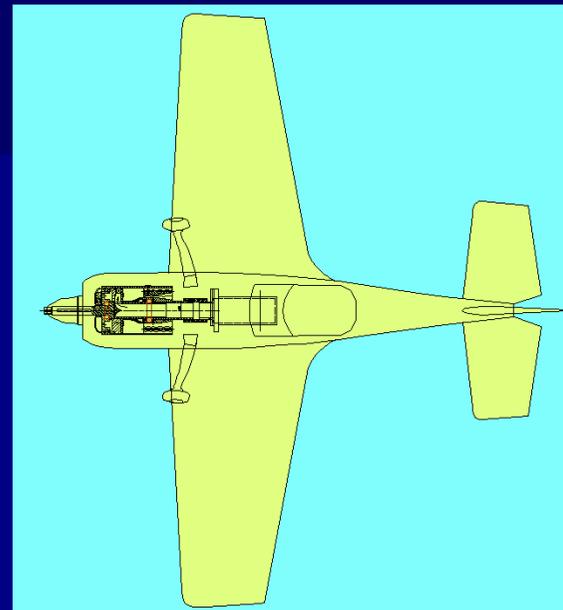
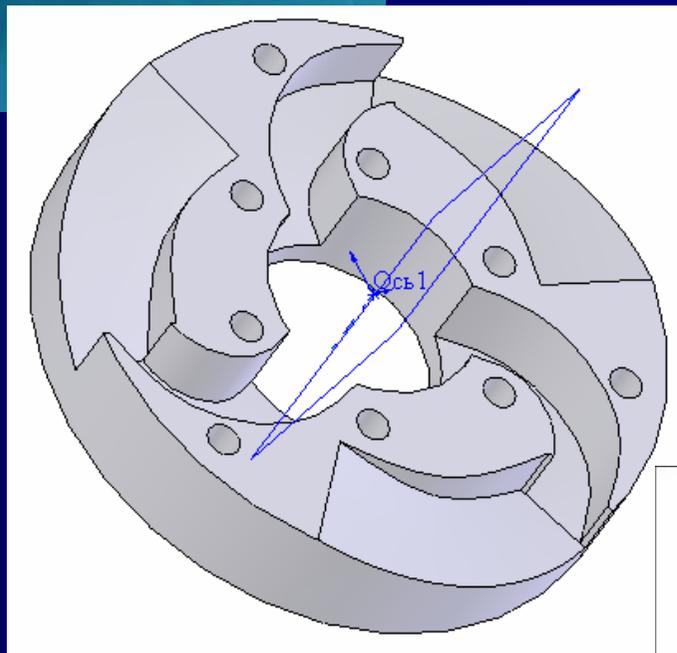
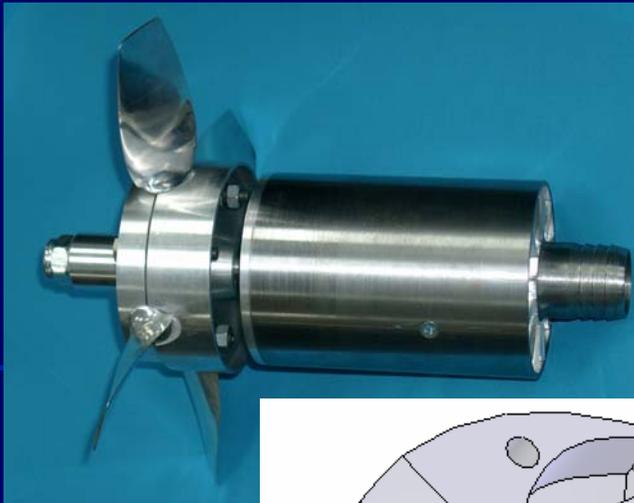


Численные расчеты течения
в окрестности модели
волгоградского моста
(доцент Гостеев Ю.А., выпускник кафедры
1996 г.)

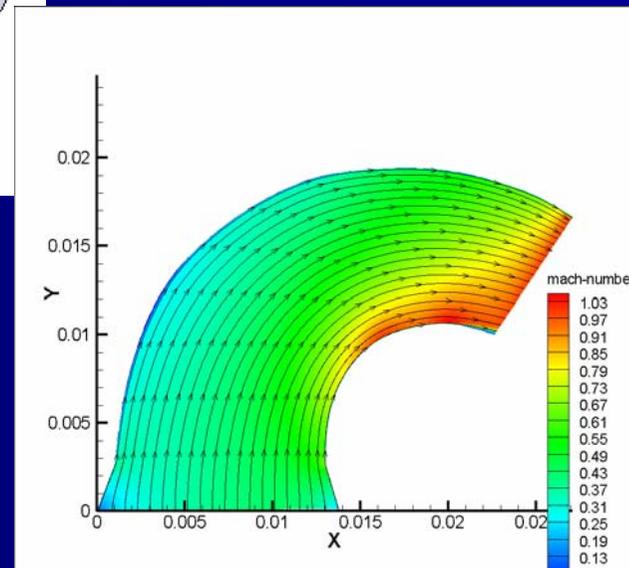


Фонтан в вестибюле 1 корпуса НГТУ

РЕАКТИВНАЯ МИКРОТУРБИНА ДЛЯ ПРИВОДА ВИНТОВ МОДЕЛЕЙ САМОЛЕТОВ



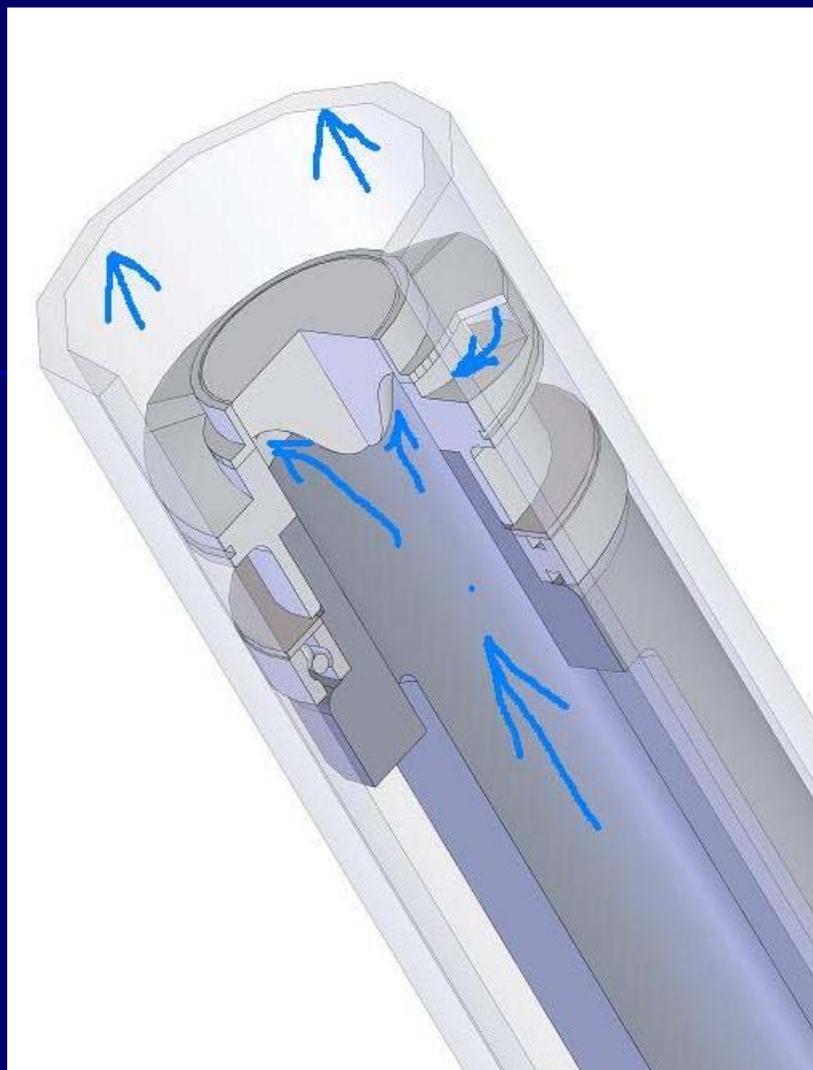
Для ФГУП
СибНИА им. С.А.Чаплыгина



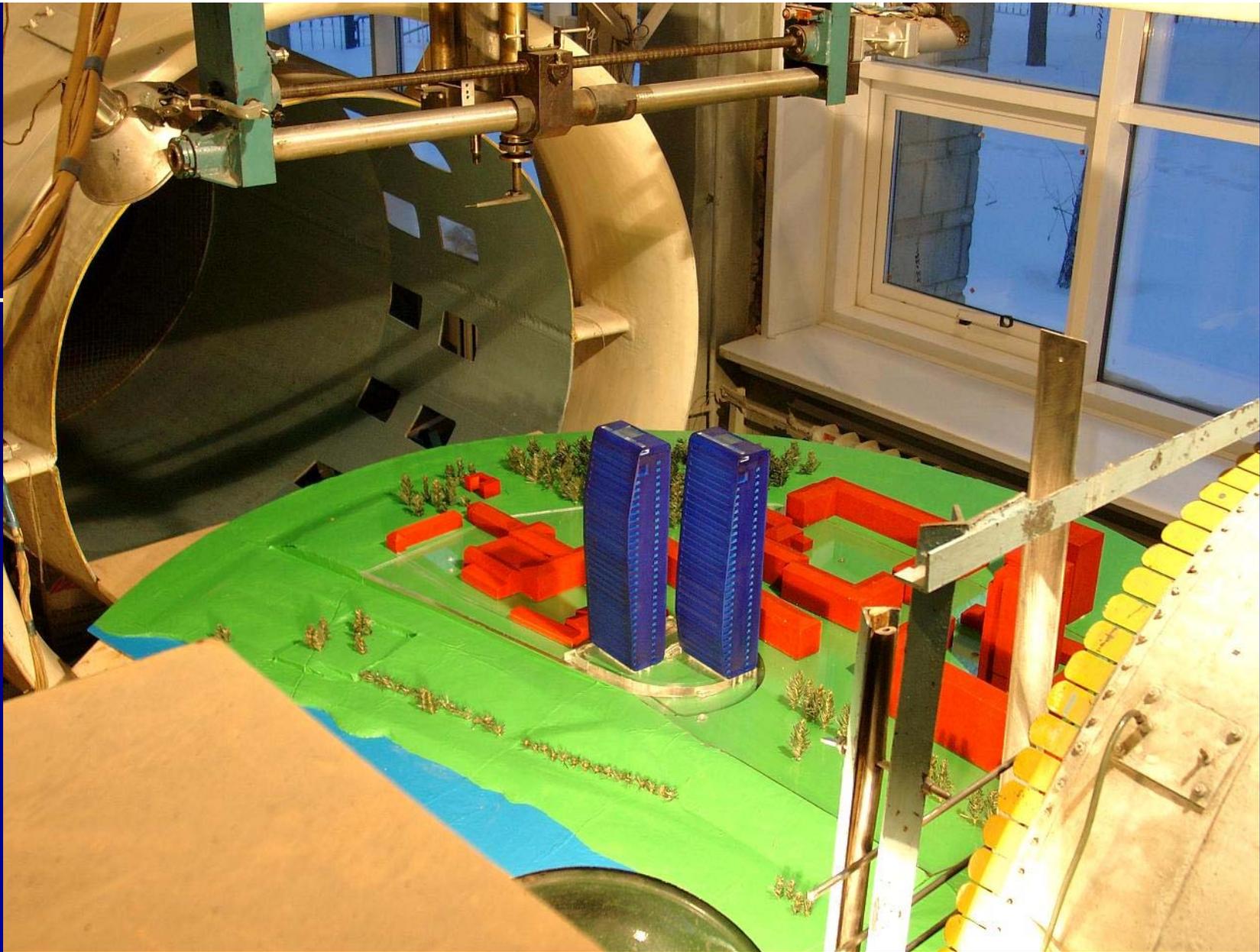


РЕАКТИВНАЯ МИКРОТУРБИНА
в несколько раз легче
электродвигателя
той же мощности





РЕАКТИВНАЯ МИКРОТУРБИНА
привода дебалансного генератора колебаний
в газовой скважине - Госконтракт 2010-2012 гг
совместно с Институтом горного дела СО РАН



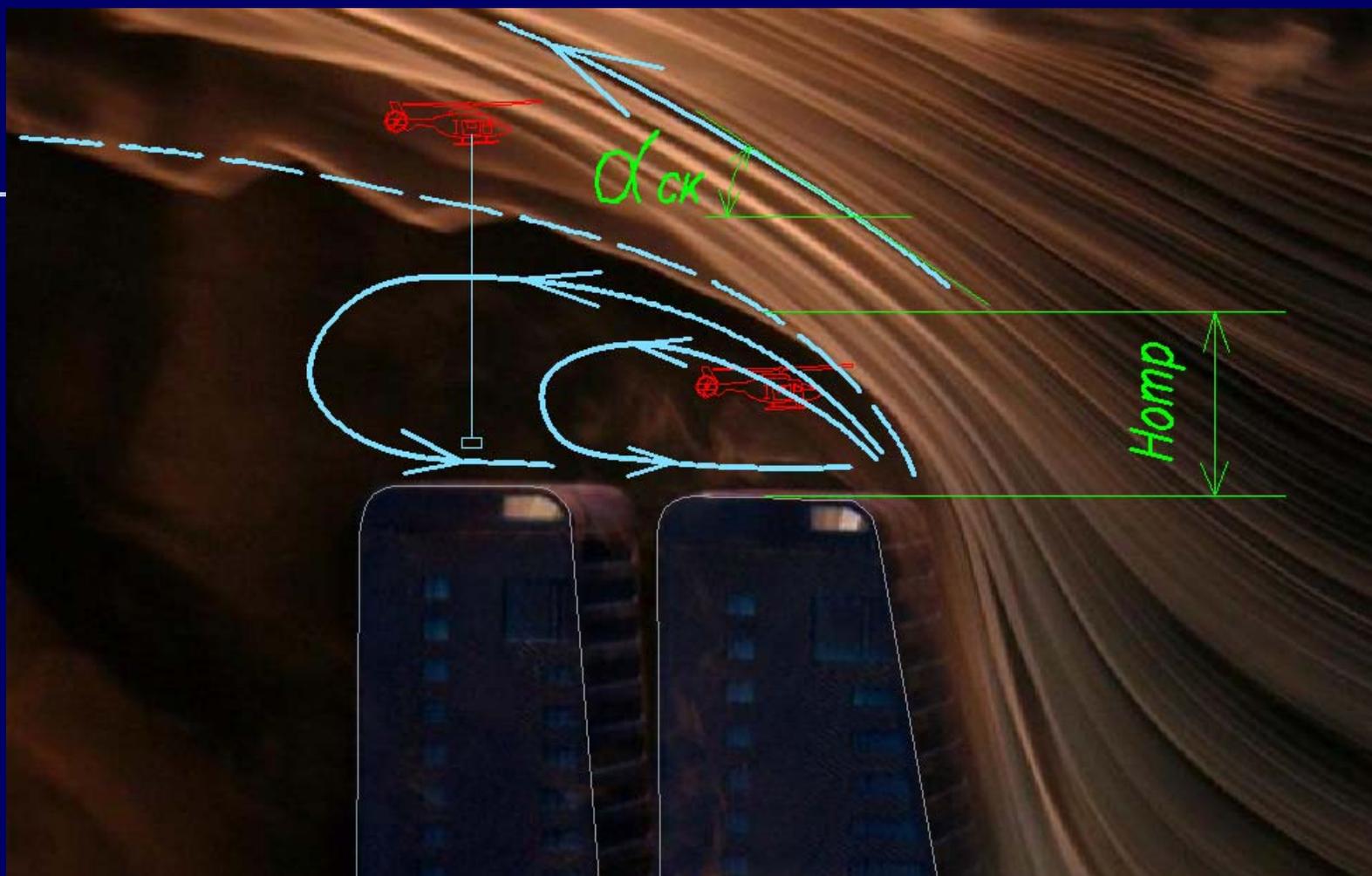
Макет микрорайона с высотными зданиями
в аэродинамической трубе Т-503
(Красноярск, АМ «ТЕКТОНИКА»)



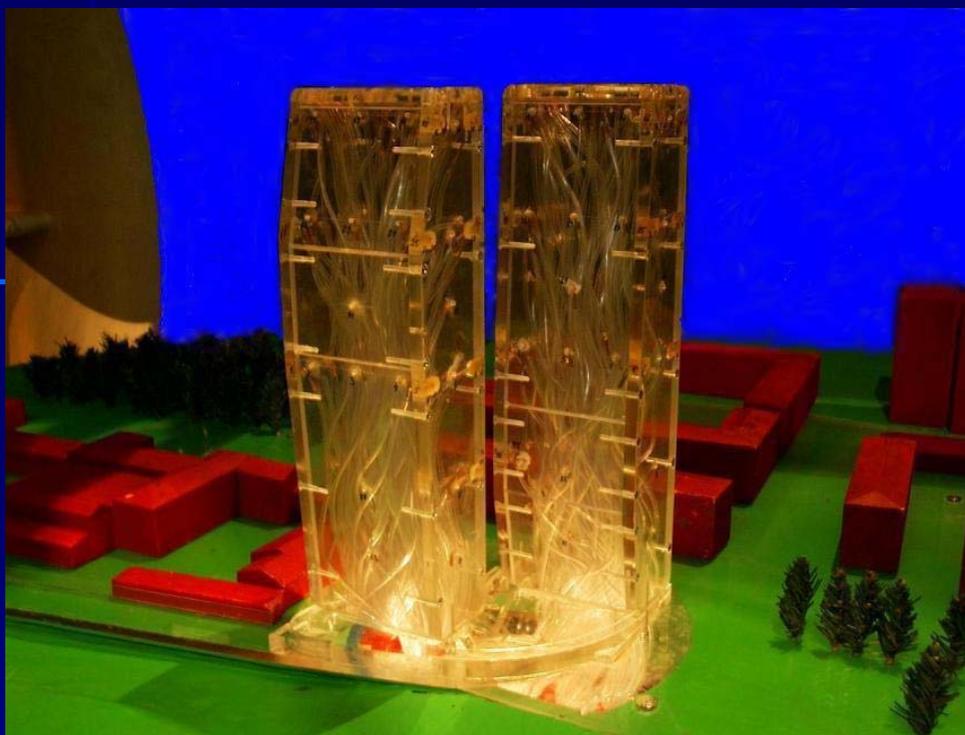
Модели высотных зданий в масштабе 1:250,
изготовленные на 3D принтере



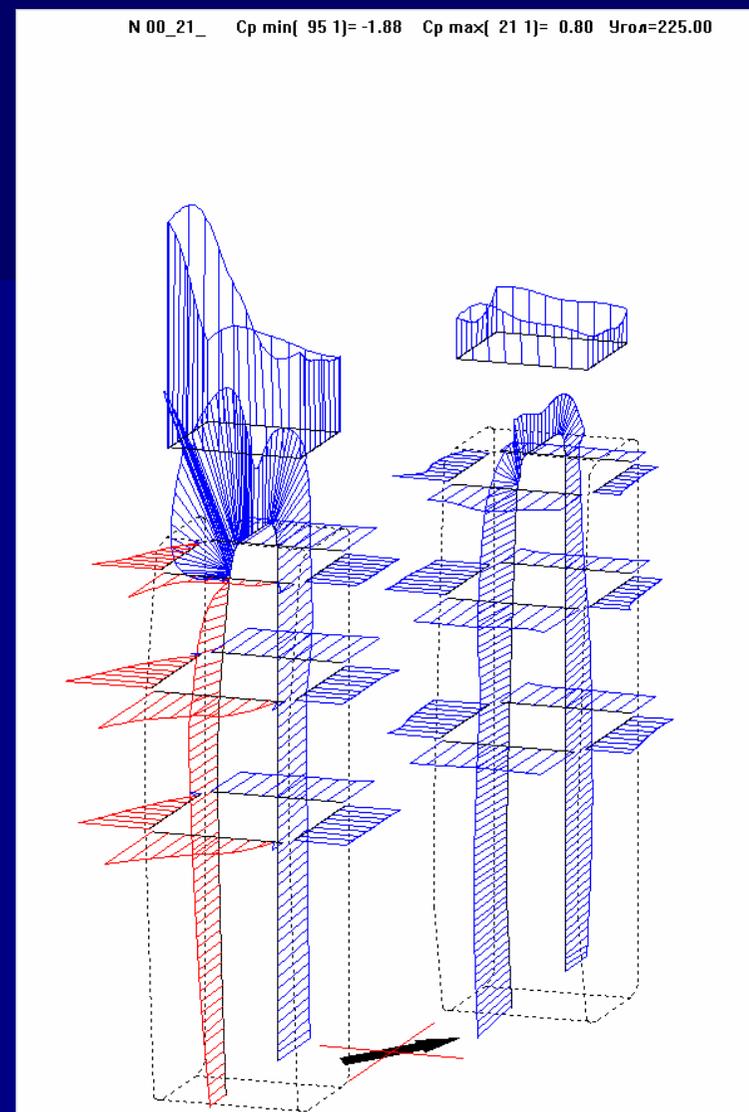
Визуализация течения в окрестности высотных зданий



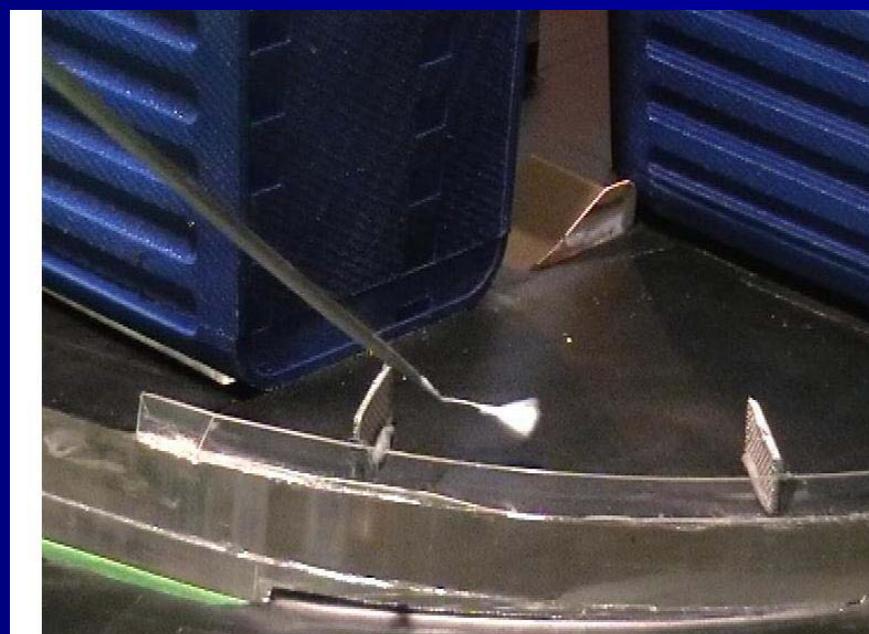
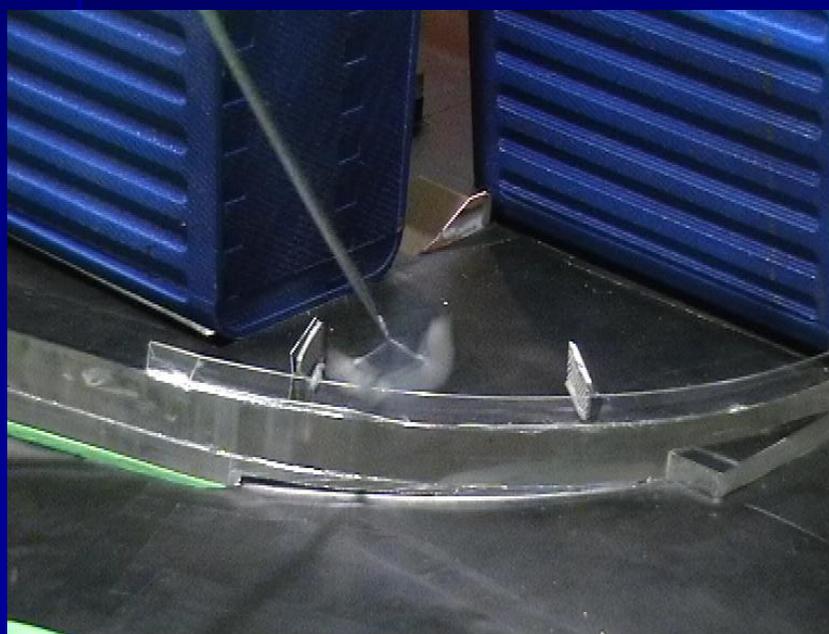
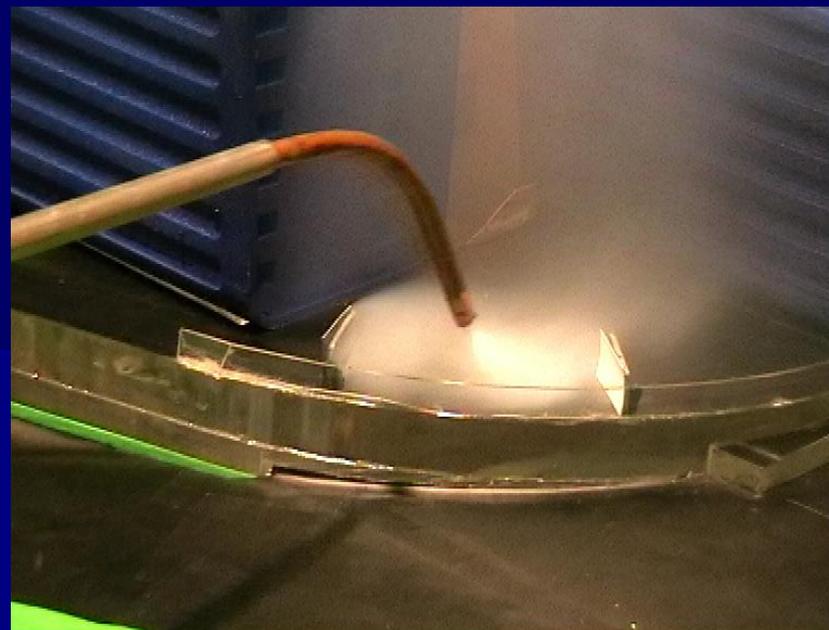
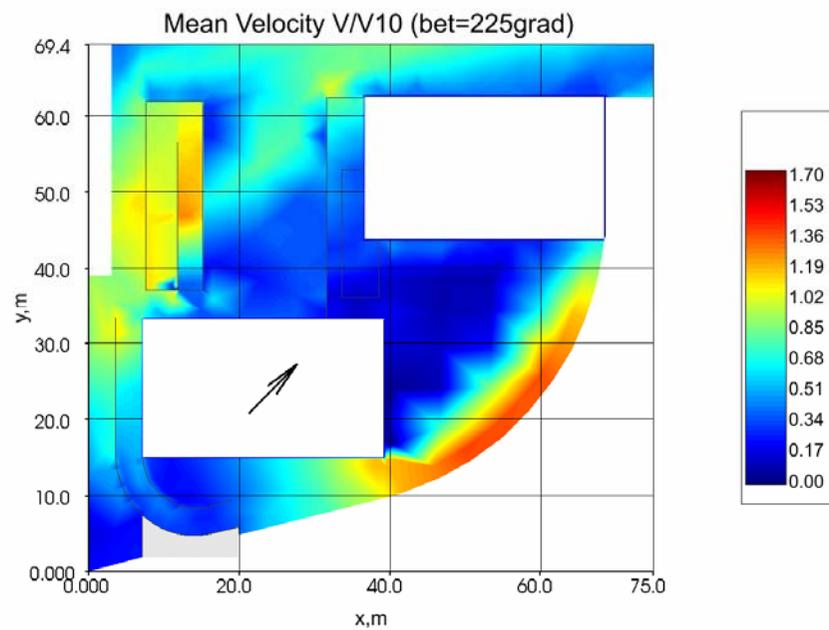
Визуализация течения
в окрестности вертолетных площадок



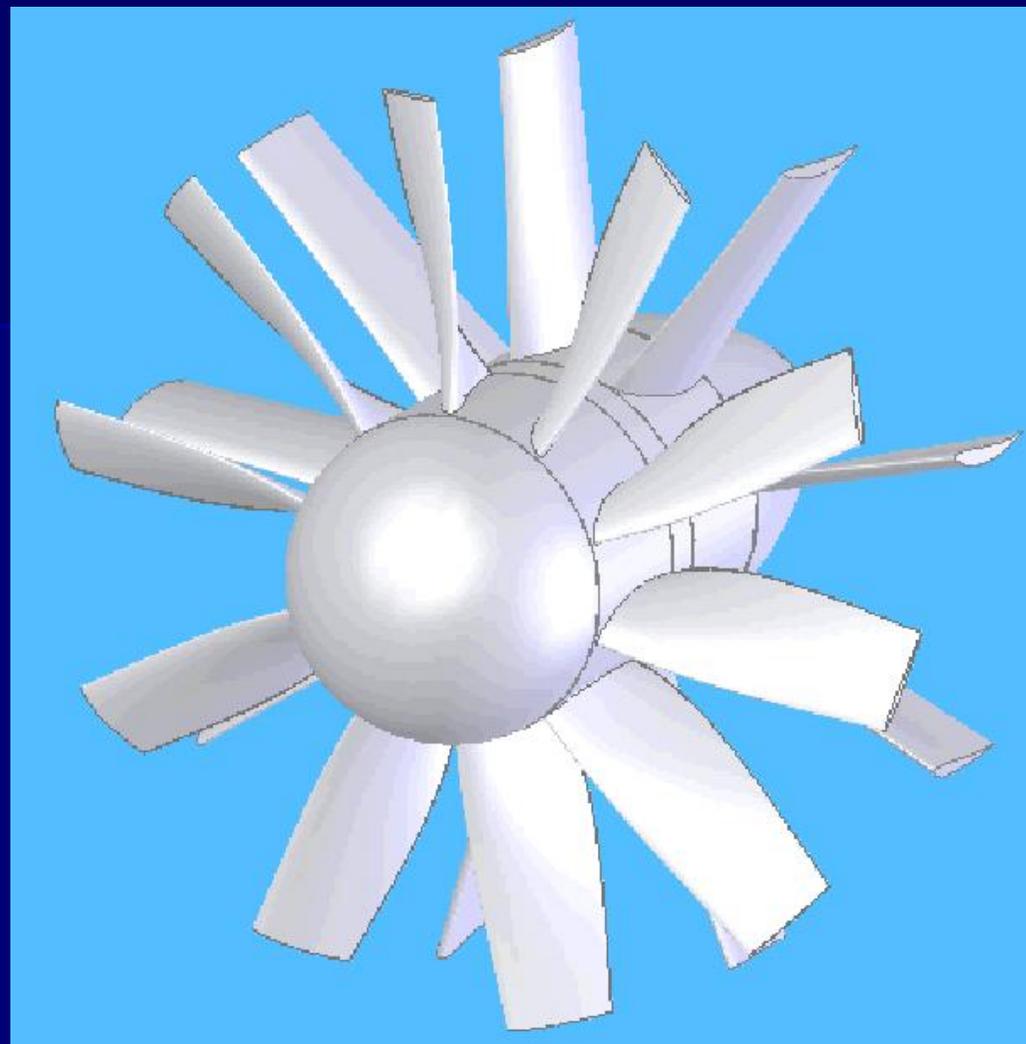
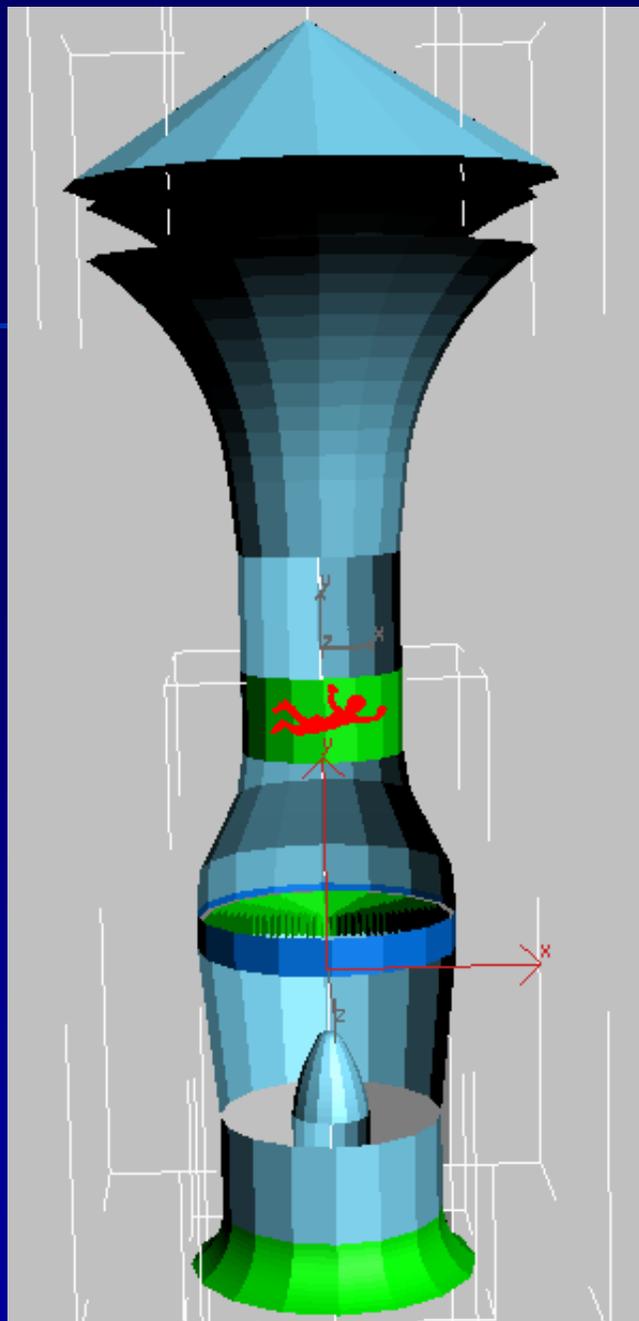
Дренированные модели
высотных зданий



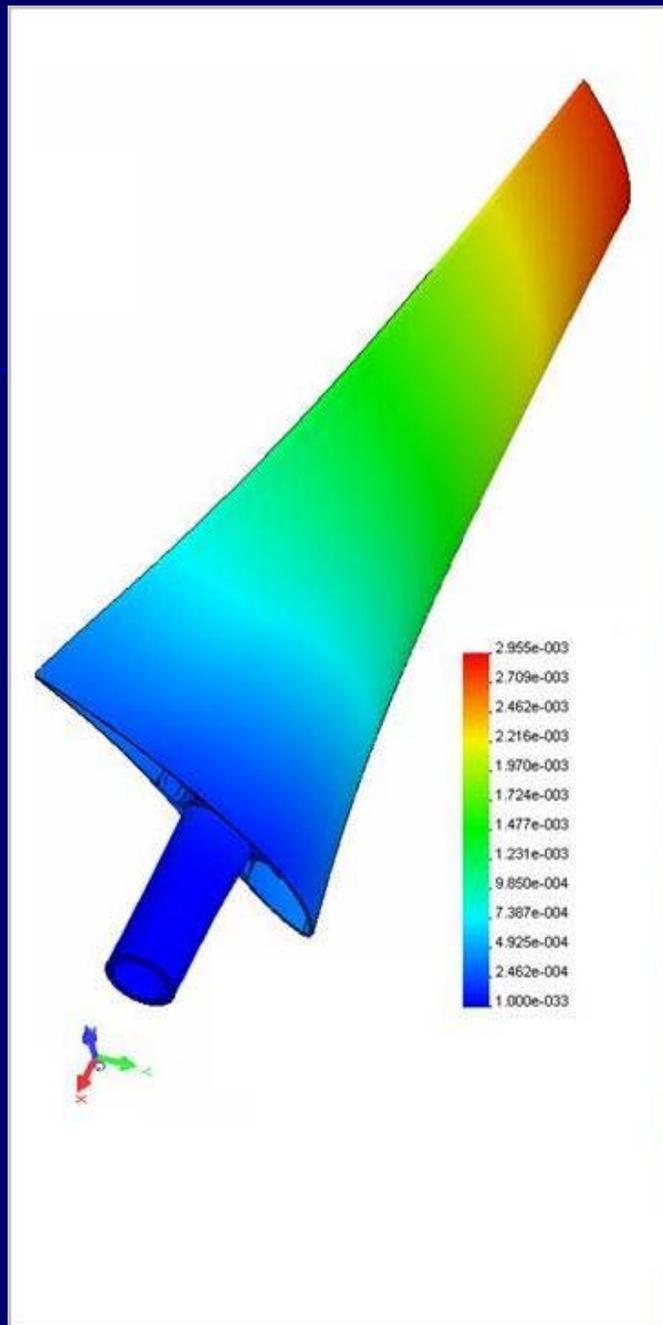
Распределение давления
по поверхности высотных зданий



Ветровая обстановка в пешеходных зонах



**Вертикальные
аэродинамические трубы**
3D-модель вентиляторной группы
(магистрант Шевченко С.С.,
выпускник кафедры 2010 г.)

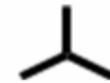


Теория и практика

- **Исследования истечения
через отверстия некруглой формы**

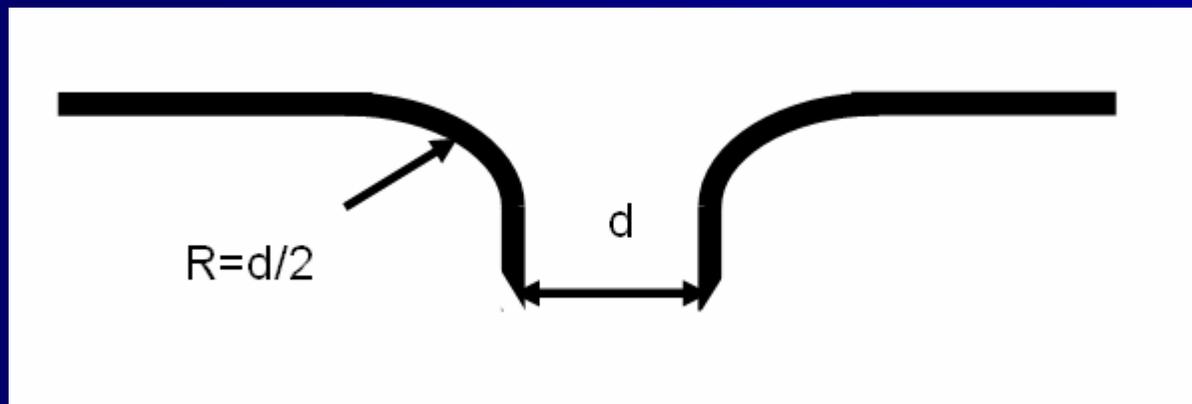
- Цель - повысить полноту сгорания топлива в ДВС
- Руководитель – профессор Кураев А.А.

Форма отверстия



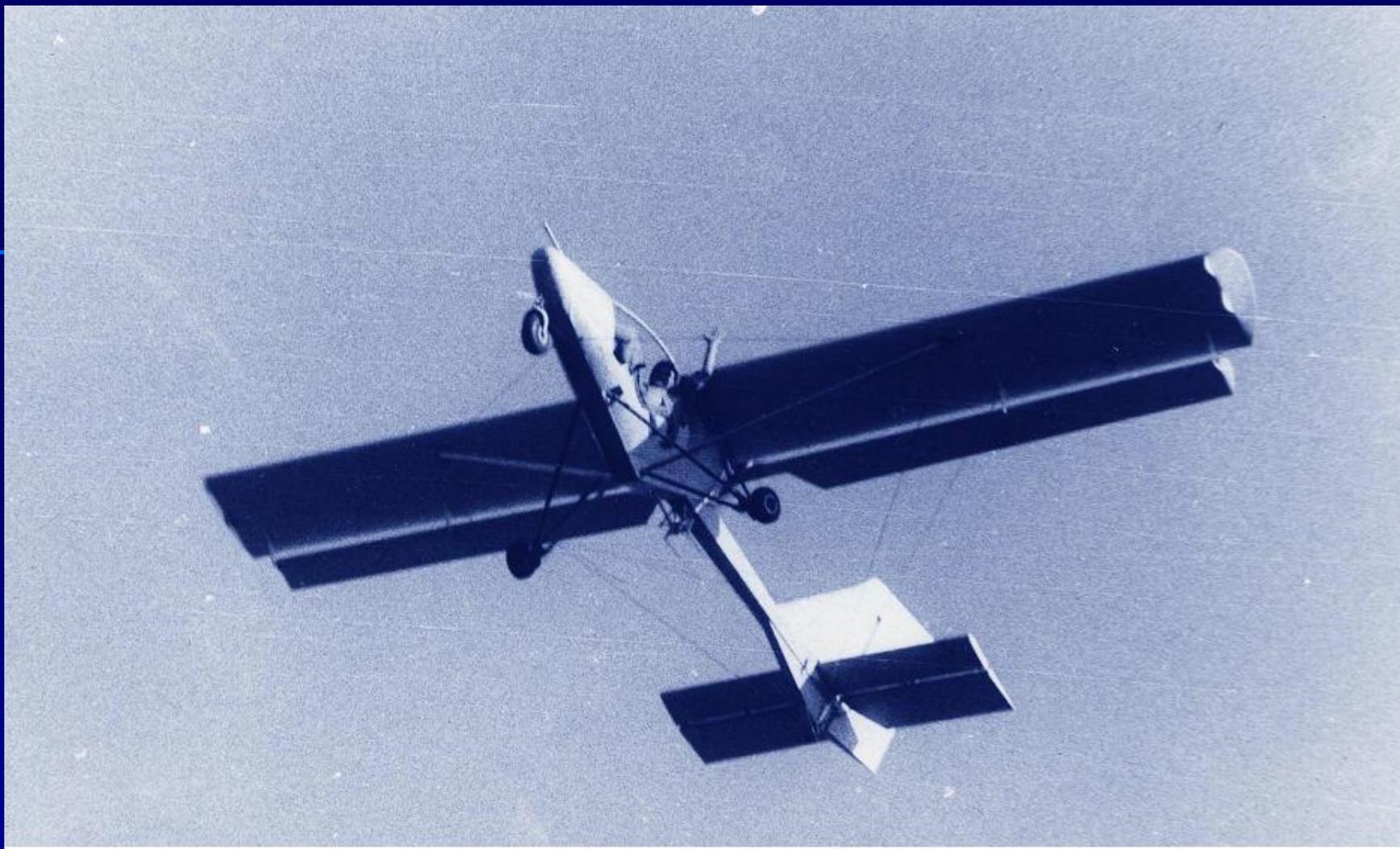
- **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ПОЛУПРОХОДИМОСТИ ПЕРФОРИРОВАННОЙ МЕМБРАНЫ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕМ ПОТОКЕ**

- Руководитель – профессор Кураев А.А.



Студенты получают глубокую физико-математическую и компьютерную подготовку.

Обучение ведется по «физтеховской» системе – с третьего курса студенты активно занимаются научно-исследовательской работой с ведущими специалистами Института теоретической и прикладной механики (ИТПМ СО РАН), Сибирского научно-исследовательского института авиации (СибНИИА), НГТУ.



Самолет, построенный в СКБ ФЛА.
Главный конструктор – студент-аэродинамик
Морозов М.В., сейчас зам. начальника ЛИБа
СибНИА

Филиал кафедры АГД в
Институте теоретической и прикладной механики
СО РАН им. С.А. Христиановича
Аэродинамические трубы ИТПМ



АТ - 303



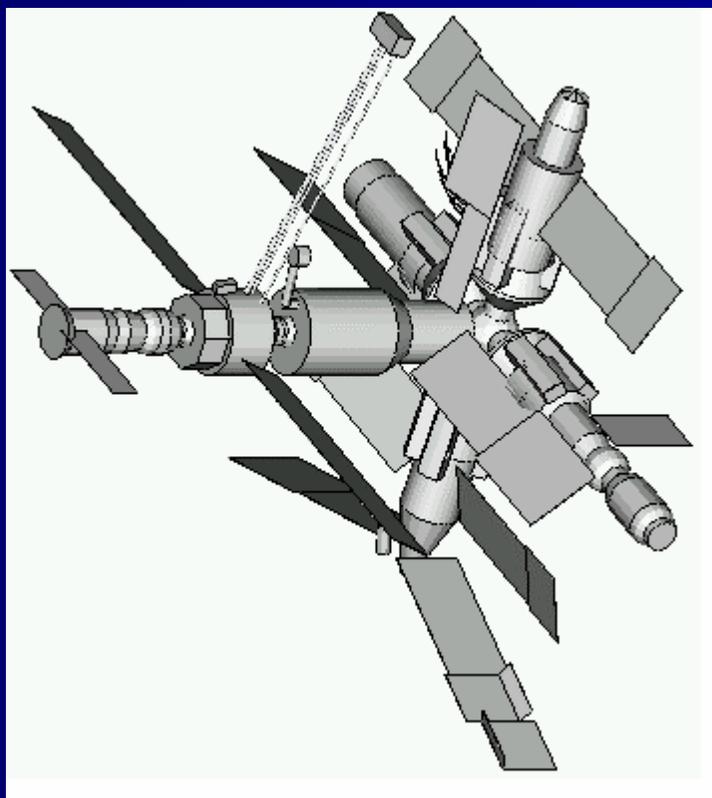
Т - 324



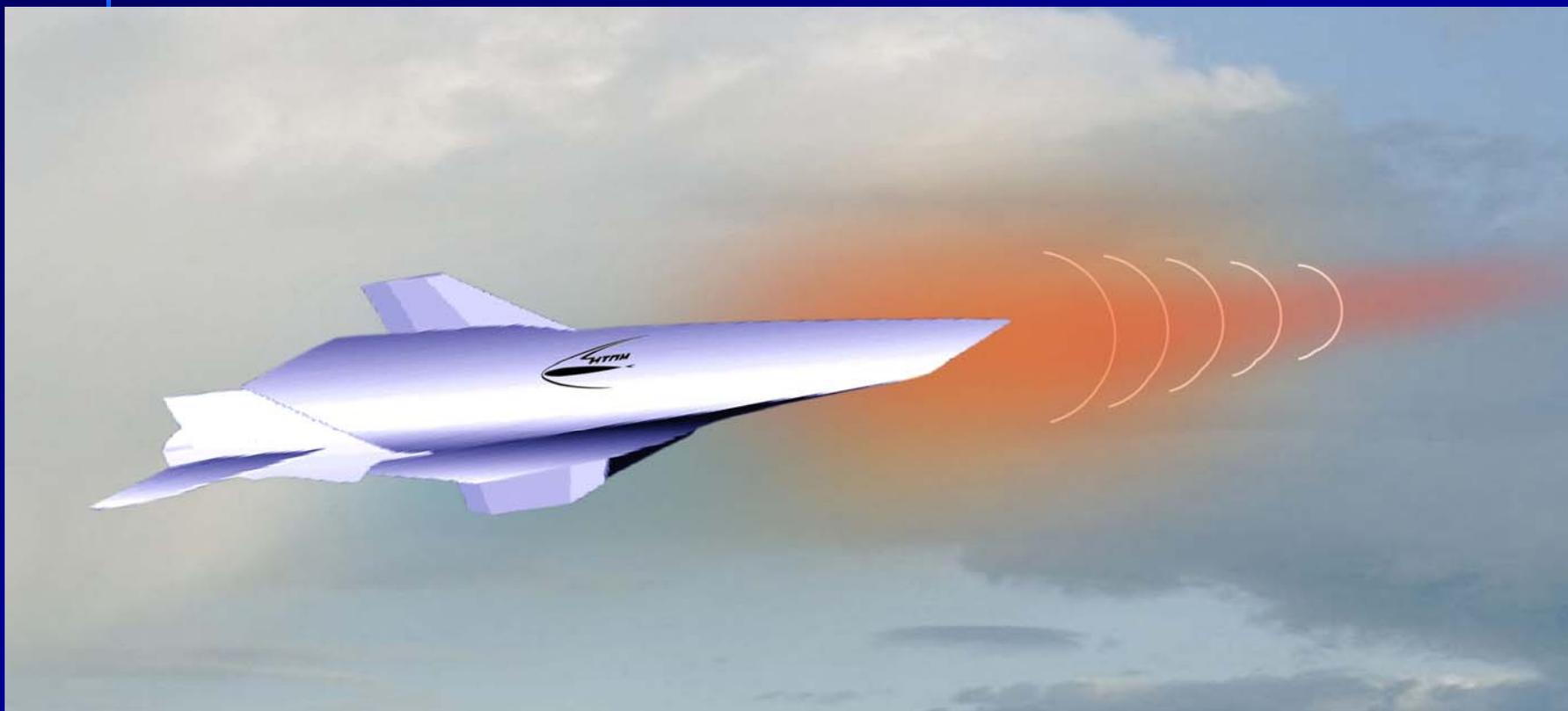
Т - 313

Математическое моделирование в механике

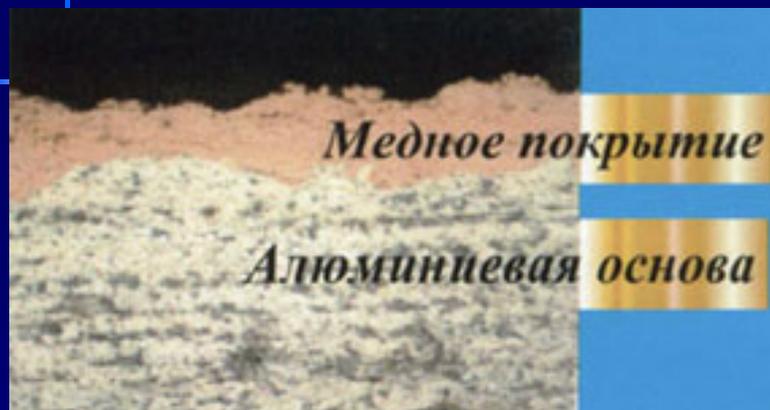
Расчет траектории спуска космической станции «Мир»



**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОДВОДА ТЕПЛА ПЕРЕД ТЕЛОМ
В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ
для аппаратов снарядного и самолетного типов**



Холодное газодинамическое напыление



Микрошлиф наконечника с покрытием



Алюминиевые кабельные наконечники



Установка ХГН

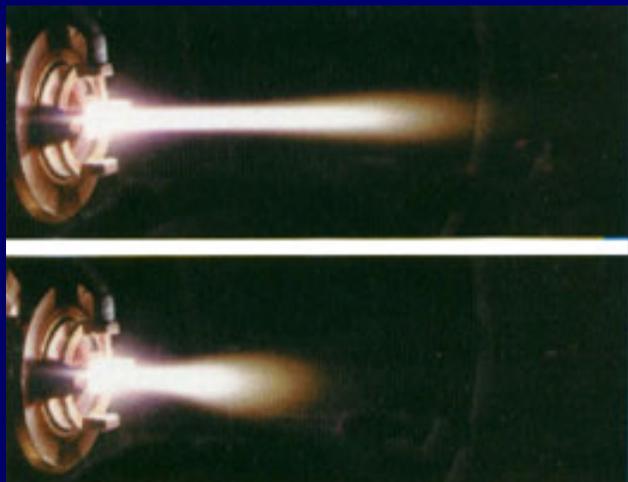


Пистолет для напыления порошков

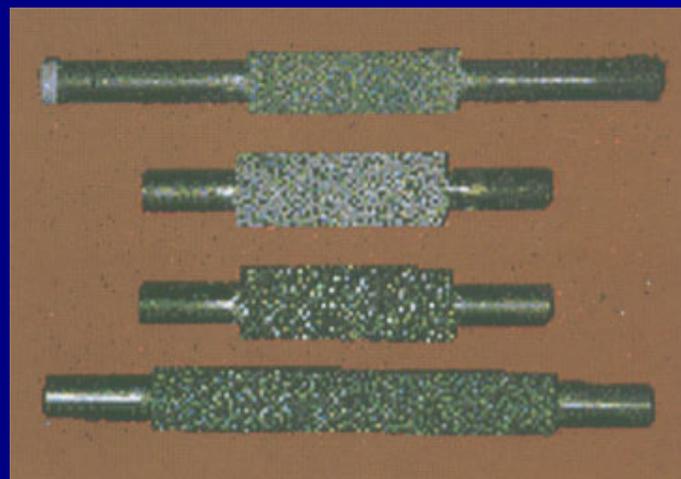
Многоцелевые плазмотроны



Многоцелевой плазмотрон мощностью 50 кВт в ручном варианте исполнения



Ламинарная и турбулентная струи плазмы



Механически- и термостойкие керамические покрытия

Филиал кафедры АГД в
ФГУП "СибНИА им. С.А.Чаплыгина"



Аэродинамическое проектирование самолетов



Семейство сверхманевренных самолетов Су-27

К о н е ц