

Аэродинамическая ТРУБА АТ-11

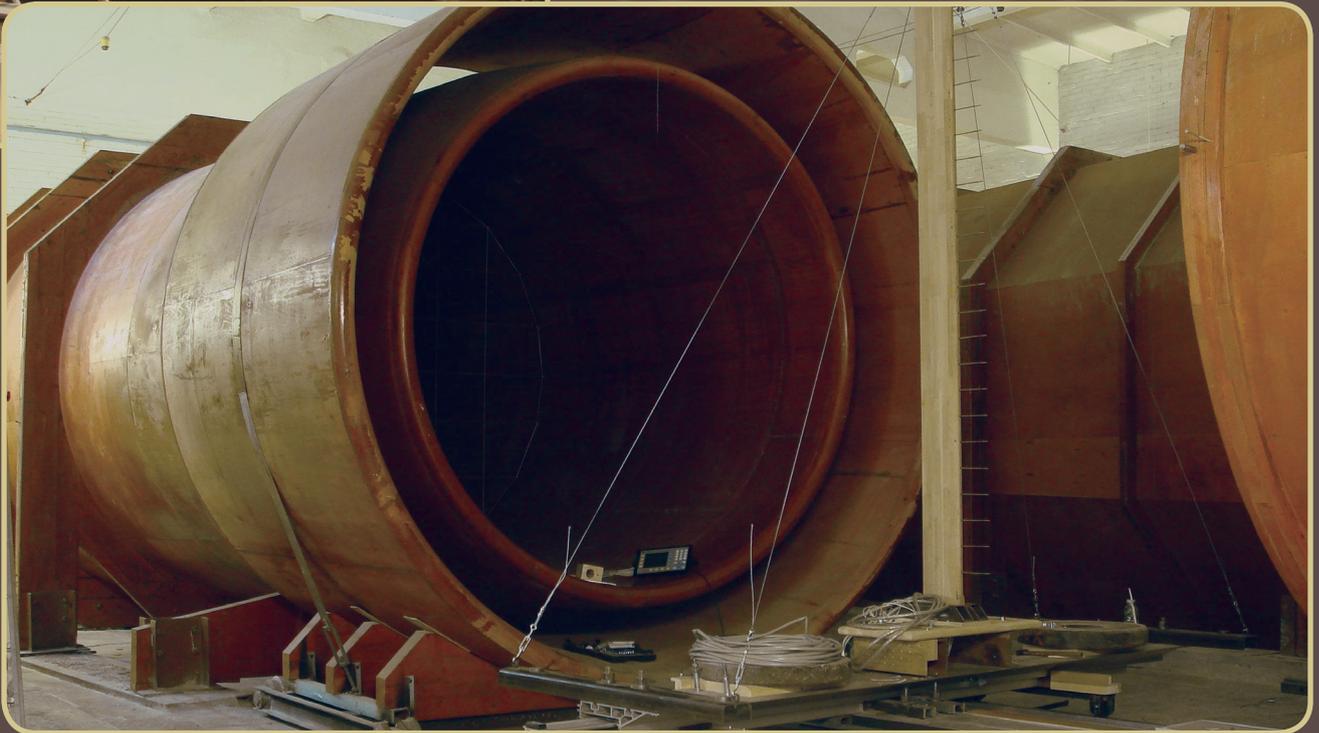
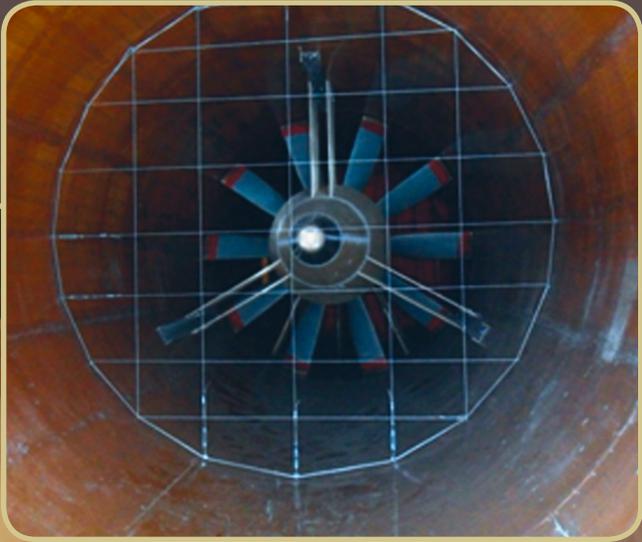


Аэродинамическая ТРУБА АТ-11

Аэродинамическая труба АТ-11 с открытой рабочей частью предназначена для определения аэродинамических характеристик моделей объектов, распределения давления по поверхности тел, определение скорости около модели и визуализации течений.



Тип трубы	Аэродинамическая труба с открытой рабочей частью
Диаметр выходного сопла	2.25 м
Длина рабочей части	4 м
Максимальная скорость потока в рабочей части	70 м/с
Число Рейнольдса	До 10^6
Тип привода	Электродвигатель постоянного тока с тиристорным преобразователем и электронным управлением



Аэродинамическая ТРУБА АТ-11

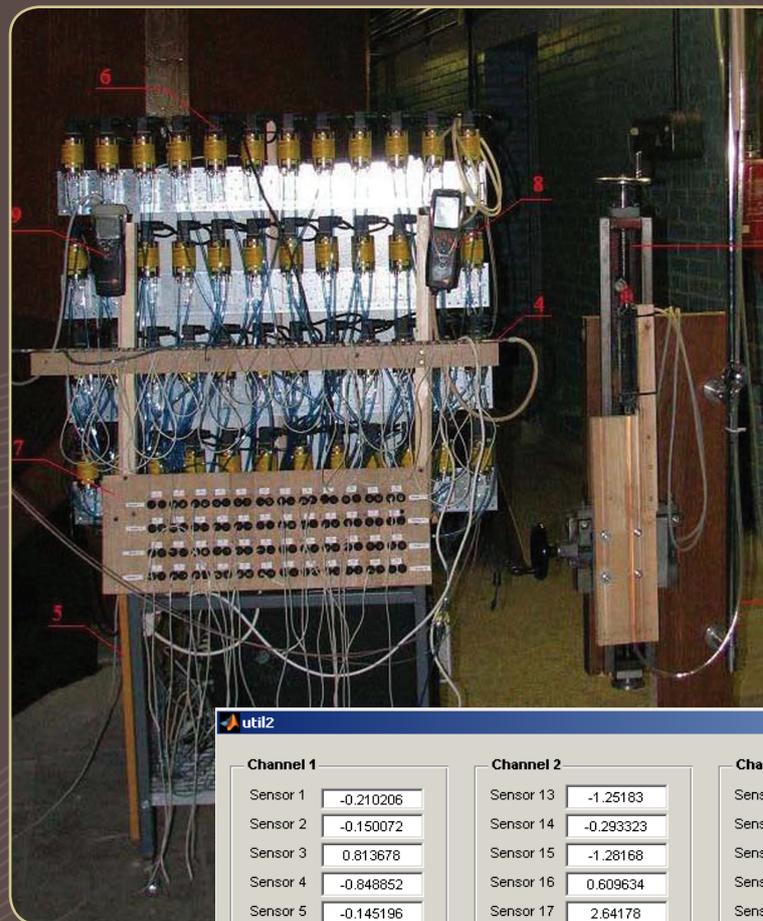
Системы измерения аэродинамической трубы АТ-11

В зависимости от условий течения выбираются следующие системы измерений:

- Система измерения дифференциальных давлений
- Система измерения быстропеременных давлений
- Система измерения виброакустических параметров
- Система ПОЛИС – оптическая система измерения скорости потока, предназначенная для бесконтактного измерения трех компонент вектора скорости по методу StereoPIV.

Система измерения дифференциальных давлений

Предназначена для работы с трубками Пито-Прандтля, а также для измерения распределения давления по поверхности тела с помощью дренажных отверстий.



util2	
Channel 1	Channel 2
Sensor 1	-0.210206
Sensor 2	-0.150072
Sensor 3	0.813678
Sensor 4	-0.848852
Sensor 5	-0.145196
Sensor 6	0.430367
Sensor 7	6.84712
Sensor 8	-0.285814
Sensor 9	0.447044
Sensor 10	-0.182593
Sensor 11	-0.416513
Sensor 12	-0.5756
Sensor 13	-1.25183
Sensor 14	-0.293323
Sensor 15	-1.28168
Sensor 16	0.609634
Sensor 17	2.64178
Sensor 18	-0.500729
Sensor 19	0.368616
Sensor 20	-0.992837
Sensor 21	0.153704
Sensor 22	-0.445349
Sensor 23	-0.576925
Sensor 24	-0.251881

Тип датчиков

Дифференциальные датчики давления

Количество датчиков

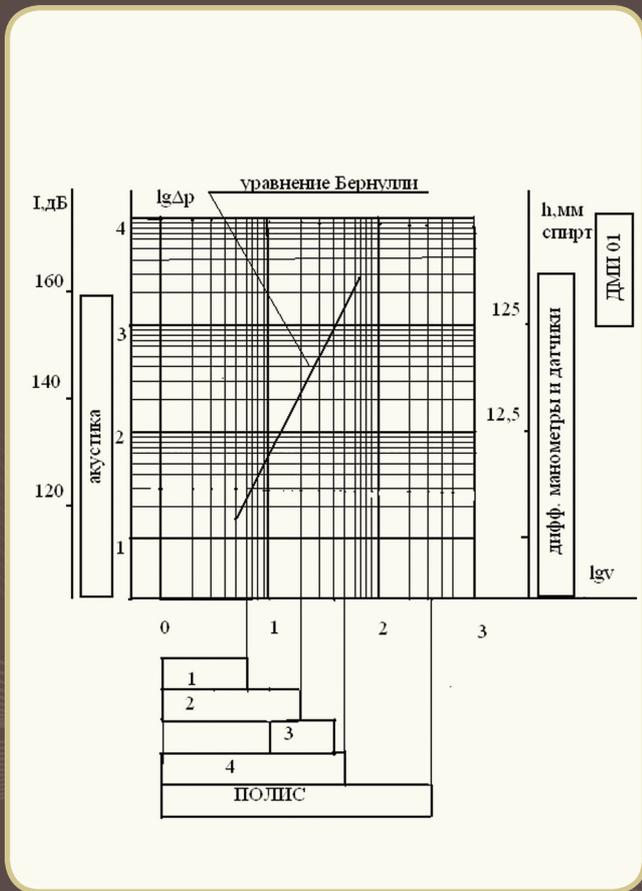
48 шт

Измеряемый диапазон

-2500 ... +2500 Па

Частота опроса датчиков

0.5 Гц



На диаграмме по оси абсцисс отложен десятичный логарифм скорости v потока, по оси ординат – десятичный логарифм разности между полным и статическим давлениями для трубки тока. Прямая линия показывает связь скорости и перепада давлений, рассчитанную по уравнению Бернулли для несжимаемой жидкости. Допущение о несжимаемости воздуха при скорости потока ~ 100 м/с приводит к погрешности $\sim 5\%$.

Сложность измерения газодинамических параметров в аэродинамической трубе состоит в том, что величины измеряемых давлений Δp очень малы, от 100 Па до 3000 – 4000 Па. Измерение скорости потоков с помощью жидкостных манометров было широко распространено до 80-х годов прошлого века. В наше время на смену таким манометрам пришла новая аппаратура, в частности сенсорные манометры, пьезорезисторные и т.д. преобразователи, которые позволяют проводить измерения перепадов давления и скоростей, характерных для дозвуковых аэродинамических труб (см. диапазон дифф. манометры и датчики). Сохранились в неизменности лишь конструкции приемников – трубок Пито. В аэродинамической трубе АТ-11 для измерения малых дифференциальных стационарных давлений используются датчики фирмы APLISENS.

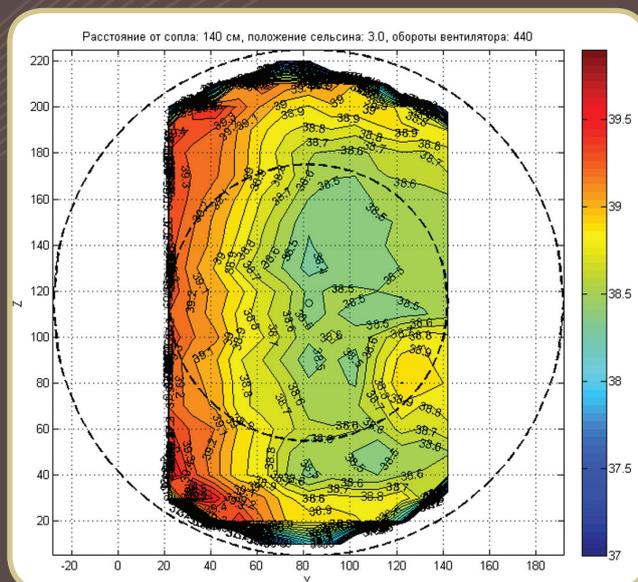
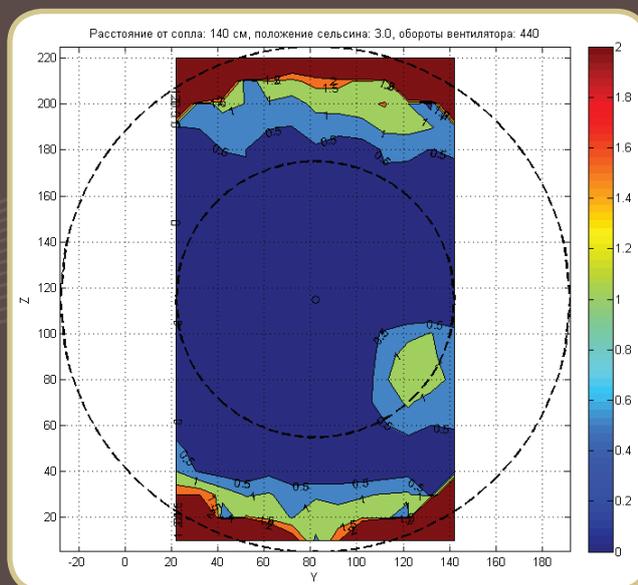
Наибольшую трудность в аэродинамическом эксперименте представляют измерения быстропеременных и нестационарных давлений в газодинамических процессах (диапазон ДМИ 01). В аэродинамической трубе АТ-11 для таких измерений используется система измерения быстропеременных давлений.

Кроме того, при обтекании различных моделей поверхностное давление может находиться в диапазоне акустических давлений (диапазон Акустика). Измерение такого рода давлений проводится с помощью комплекса виброакустической аппаратуры компании «Брюль и Кьер Саунд & Вибрейшн Межемент А/С» (Дания).

Оптическая система измерения скорости потока ПОЛИС, предназначенная для бесконтактного измерения трех компонент вектора скорости по методу StereoPIV, охватывает весь диапазон изменения скорости.

Channel 3		Channel 4		Additional info	
Sensor 25	-0.247135	Sensor 37	0.132709	Real pressure 1	<input type="text"/>
Sensor 26	0.272581	Sensor 38	-0.0920123	Real pressure 2	<input type="text"/>
Sensor 27	-0.411914	Sensor 39	0.196822	<input type="button" value="Write all values to file"/>	
Sensor 28	-0.194924	Sensor 40	-1.14893		
Sensor 29	-1.31886	Sensor 41	-1.4932		
Sensor 30	0.597259	Sensor 42	0.0426498		
Sensor 31	-0.0459161	Sensor 43	-1.00756		
Sensor 32	-0.995884	Sensor 44	0.381536		
Sensor 33	1.05244	Sensor 45	-0.886286		
Sensor 34	-0.102171	Sensor 46	0.369605		
Sensor 35	-0.32613	Sensor 47	-0.410746		
Sensor 36	-2.62955	Sensor 48	-3.20706		

Аэродинамическая ТРУБА АТ-11



Измерение поля скоростей косвенным методом

Карта распределения скорости в открытой рабочей части аэродинамической трубы АТ-11 при положении сельсина 3.0 (443 оборота вентилятора в секунду), сечение 140 см.

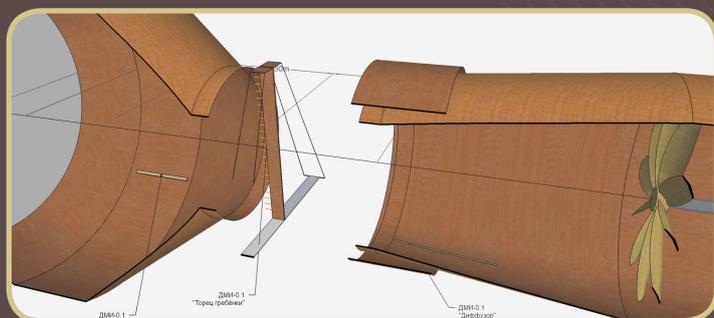
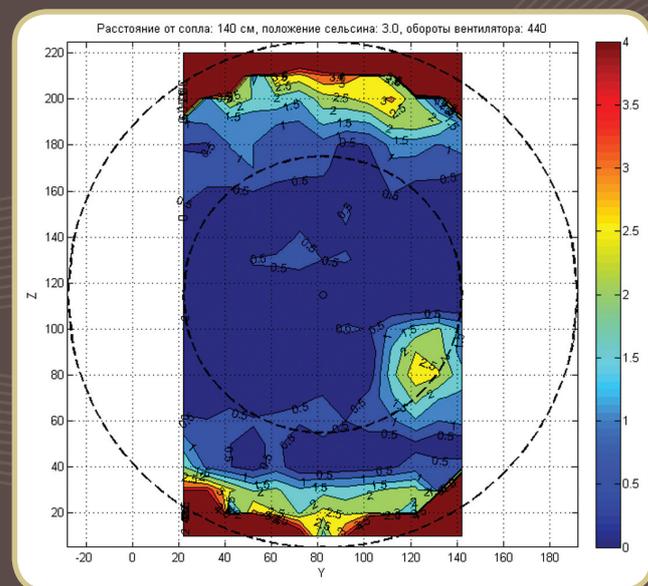
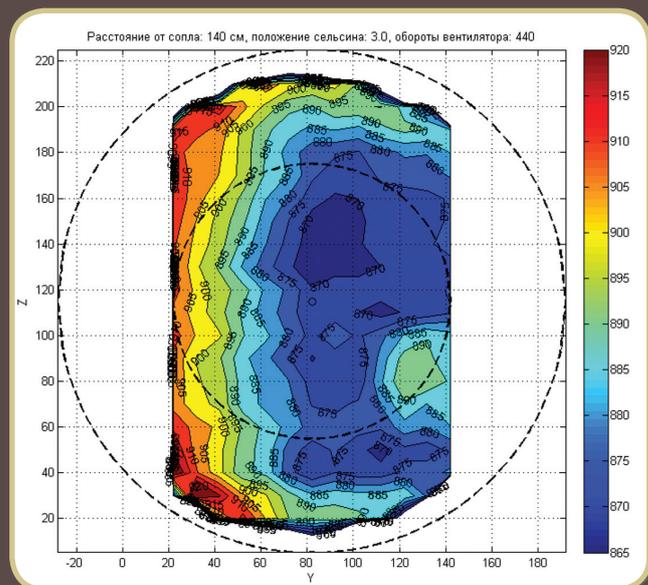
а - Скорость, м/с;

б - Отклонение от средней скорости, %.

Измерение поля давлений прямым методом

Карта распределения давления в открытой рабочей части аэродинамической трубы АТ-11 при положении сельсина 3.0 (443 оборота вентилятора в секунду), сечение 90 см.

а - Давление, Па;
б- Отклонение от показаний центрального датчика, %.



Система измерения быстропеременных давлений

Система измерения быстропеременных давлений. Предназначена для измерения нестационарных процессов, пульсаций давления

Тип датчиков

Индуктивные датчики давления ДМИ-01

Количество датчиков

30 шт

Количество измерительных линий

4

Аэродинамическая ТРУБА АТ-11

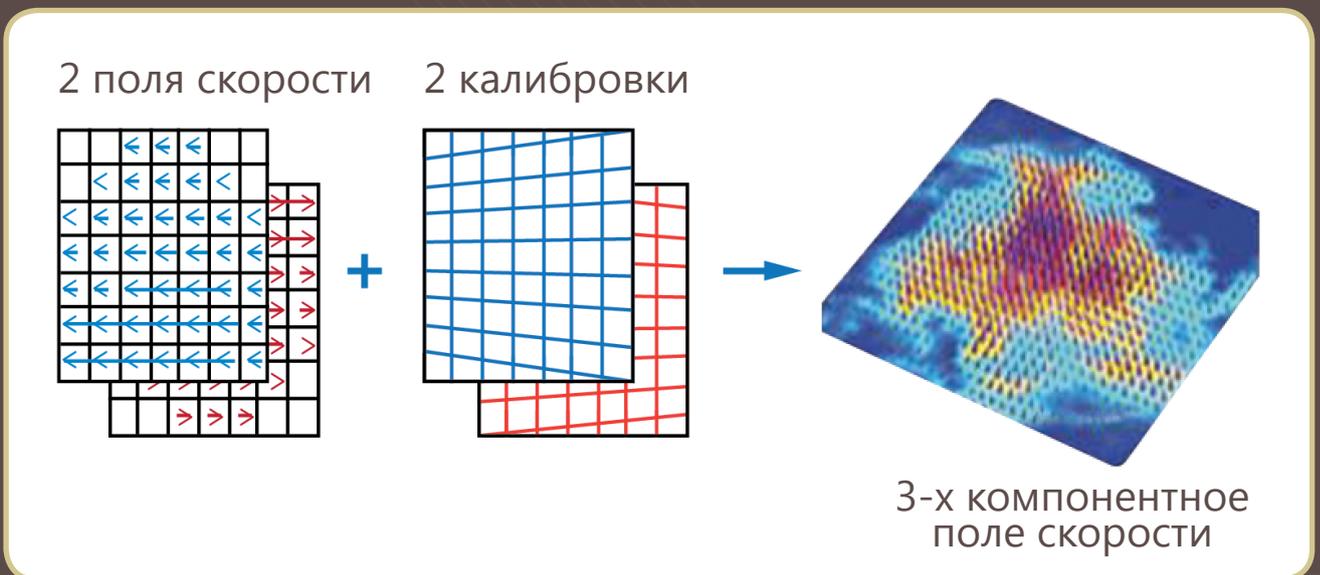
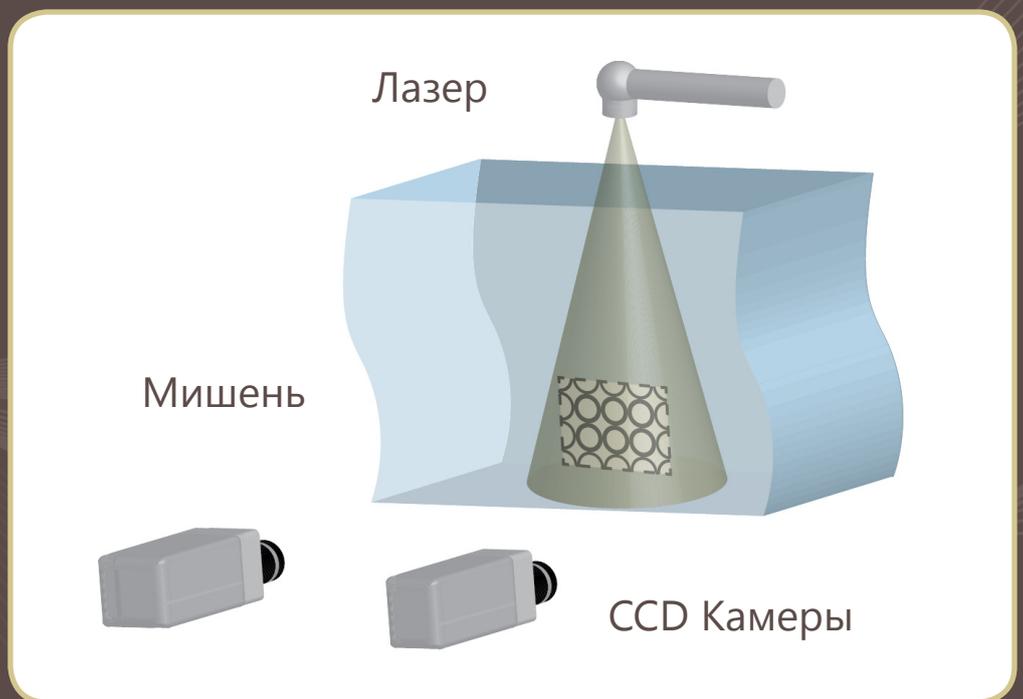
Оптическая система измерения скорости потока

Предназначена для бесконтактного измерения трех компонент вектора скорости в плоскости около модели. Система работает, используя метод StereoPIV (Stereo Particle image velocimetry). Система устанавливается на независимое координатное устройство, что позволяет проводить измерения в различных плоскостях, без перекалибровки.

Тип системы	Stereo PIV
Количество камер	2
Разрешение системы измерения	512x512 векторов скорости
Частота измерения	0.5 Гц.
Объем измерения скорости потока	800x800x800 мм
Диапазон координатного устройства	1500x1500x1500 мм

Метод Stereo PIV позволяет измерять трехкомпонентные поля скорости в выбранном сечении потока. Для этого одно и то же изображение трассеров регистрируется двумя камерами под различными углами. Комбинация проекций изображений частиц на обе камеры позволяет провести реконструкцию «реального» трехкомпонентного смещения частиц в толщине лазерного ножа с использованием процедуры калибровки камер.

Механизм реконструкции известен нам, например, из устройства человеческого зрения, которое тоже является стереоскопическим.



Аэродинамическая ТРУБА АТ-11

Комплекс аппаратный (фирмы Брюль и Кьер) для измерения виброакустических параметров

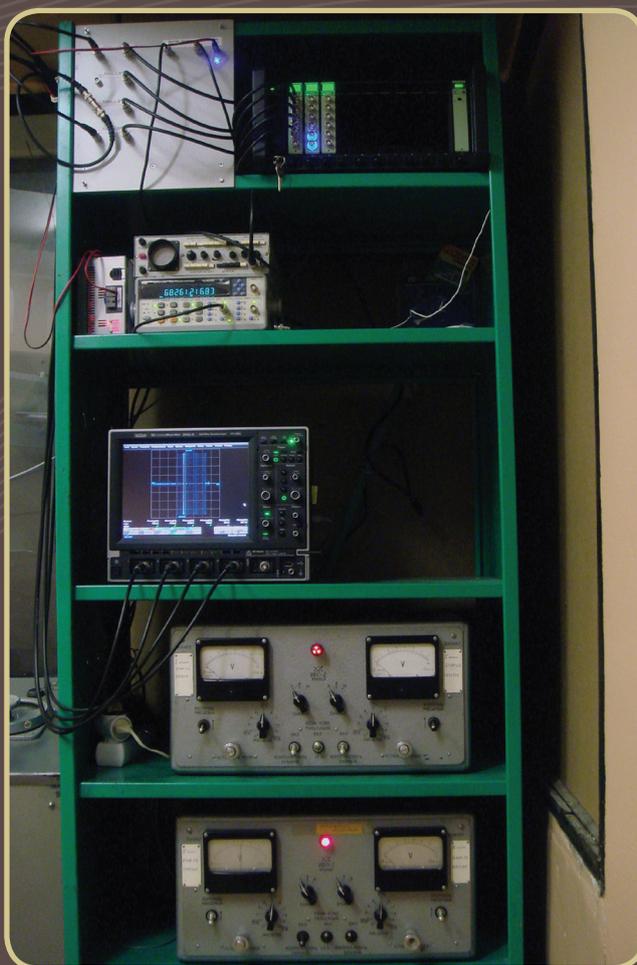
Комплекс представляет собой универсальный многоканальный портативный анализатор для решения сложных задач исследования шумов и вибраций, в том числе для анализа поведения модельных строительных конструкций.

В состав комплекса входят:

- универсальный многоканальный (14 каналов) портативный анализатор - 1 ком.;
- пьезоэлектрический акселерометр - 8 шт.;
- портативный калибратор - 1 шт.;
- пистонфон - 1 шт.

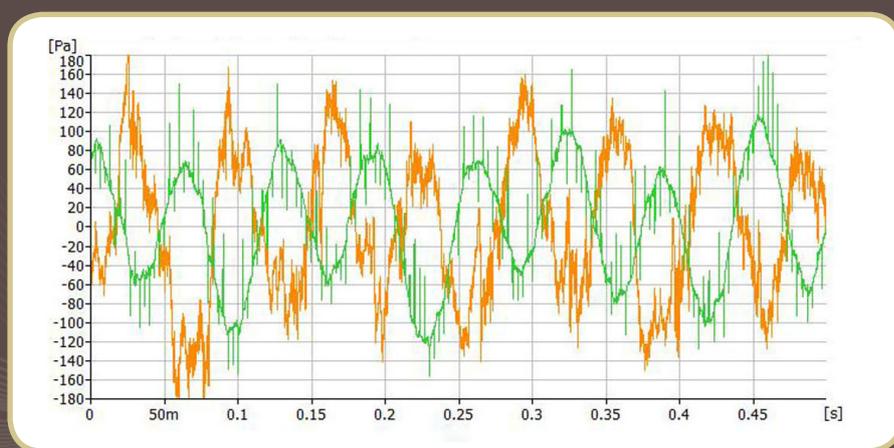
Комплекс аппаратный обеспечивает следующие возможности:

- многоканальная обработка данных в реальном времени;
- функция цифрового магнитофона;
- возможность мультианализа;
- функции постобработки данных;
- модульная масштабируемая конструкция анализатора;
- гибкая настройка, возможность внешнего управления и экспорта данных;
- автоматическое распознавание конфигурации системы;
- встроенная база данных по акселерометрам и микрофонам;
- система автоматической калибровки;
- наличие встроенных обучающих и справочных систем;
- автоматическое генерирование текстовых отчетов.



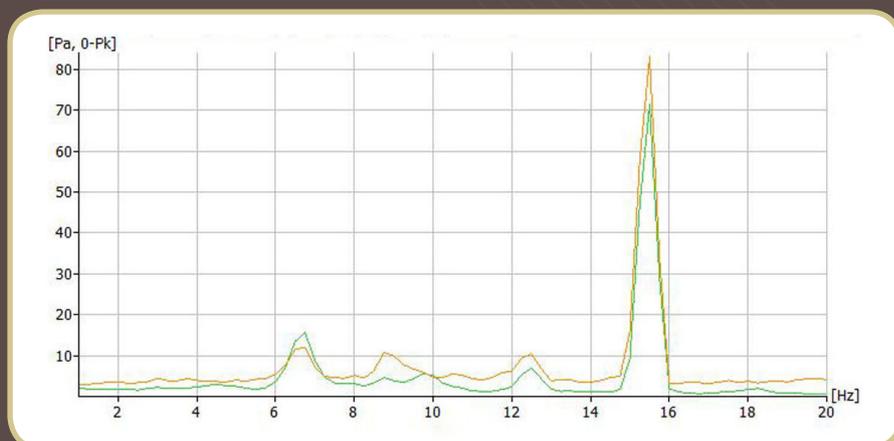
Форма сигнала: диффузор и форкамера

На графике Форма сигнала приведена временная развертка сигналов с двух датчиков быстропеременных давлений ДМИ, установленных в диффузоре и форкамере. По оси ординат отложена амплитуда колебаний давления в Паскалях

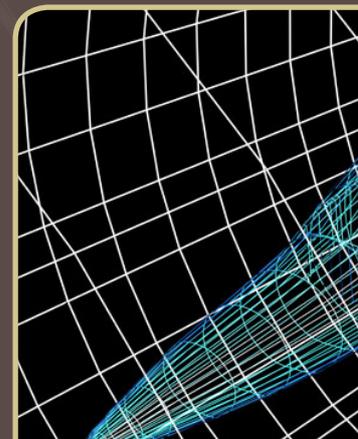


Спектр сигнала: диффузор и форкамера

Применение многоканального портативного анализатора системы Брюль и Къер позволяет провести спектральный анализ кривых. На графике Спектр сигнала изображен результат обработки сигналов с датчиков ДМИ анализатором «быстрое преобразование Фурье». По оси абсцисс – частота в Герцах, по оси ординат – амплитуда эффективного значения в Паскалях



Аэродинамическая ТРУБА АТ-11



Система измерения сил и моментов

Для измерения статических нагрузок

- Шестикомпонентный датчик для измерения статических нагрузок с параметрами $F_{x,y} = 800\text{Н}$; $F_z = 1600\text{Н}$; $M_{x,y} = 60\text{Нхм}$; $M_z = 120\text{Нхм}$
- Тензометрическая аппаратура с программным продуктом.
- Шестикомпонентные динамометры (2 штуки) на меньшие параметры усилий.

Для измерения динамических нагрузок

- однокомпонентные акселерометры (8 каналов)
- спектральный анализ
- программный продукт (продукция Брюль и Кьер)



Область применения исследований

Авиация

- Самолеты
- Беспилотные летательные аппараты

Судостроение

- Подводные аппараты (подводные лодки, спасательные капсулы к ним, торпеды).
- Гражданские суда (ледоколы, суда снабжения, трубоукладчики, исследовательские суда, газовозы)
- Военные суда

Строительные сооружения

- Нефтяные и газовые платформы
- Архитектура (административные здания от 50м, жилые от 75м, стадионы, ГЭС, ТЭЦ, градирни, ЛЭП, открытые складские площадки)
- Моделирование взаимодействия атмосферных потоков с рельефом местности

Газовые исследования

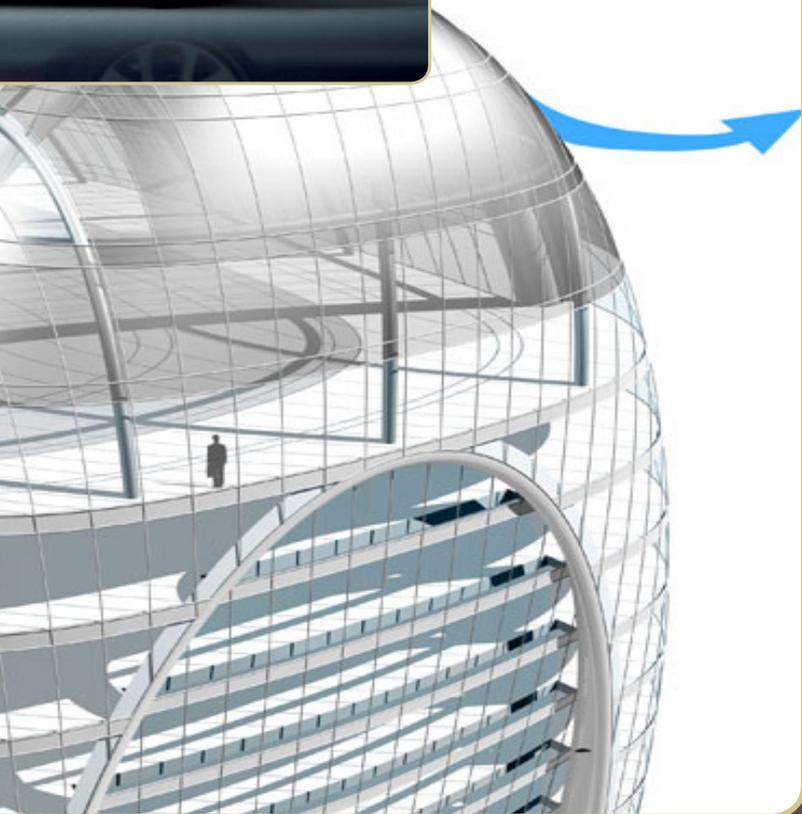
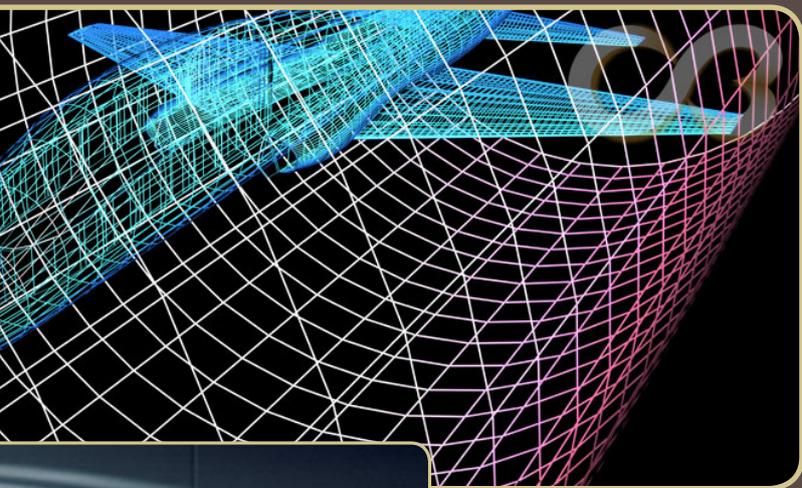
- Ветроэнергетика
- Новые модели парусов
- Скоростные поезда
- Аэродинамика для спорта

Возможные направления

- Аэродинамика спортивных яхт
- Аэродинамика автомобилей

Задачи, которые можно решать на аэродинамической трубе АТ-11

- Аэродинамика дозвуковых летательных аппаратов;
- определение ветровых нагрузок на здания, сооружения, буровые платформы и пр.;
- исследование аэродинамических характеристик транспортных средств, судовых рулей, подводных аппаратов, спортивного инвентаря;
- исследование колебаний плохообтекаемых тел, находящихся в потоке газа или жидкости;
- исследования аэроупругой устойчивости большепролетных балочных и вантовых конструкций;
- гидродинамика однофазных и двухфазных течений: судостроительная гидродинамика с учетом поверхности раздела вода/воздух, расчет обтекания корабельных винтов, подводных аппаратов и т.п., в том числе с учетом кавитации.





Лаборатория прикладной аэродинамики СПбГУ
198504 Санкт-Петербург, Старый Петергоф,
Ульяновская ул., д. 7

Заведующий лабораторией:
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Цветков Алексей Иванович

тел. +7 921 773 81 25
e-mail: acvetkov@yandex.ru