



# Измерительный комплекс для мониторинга состояния городской среды на примере измерительной площадки ГО ИМКЭС

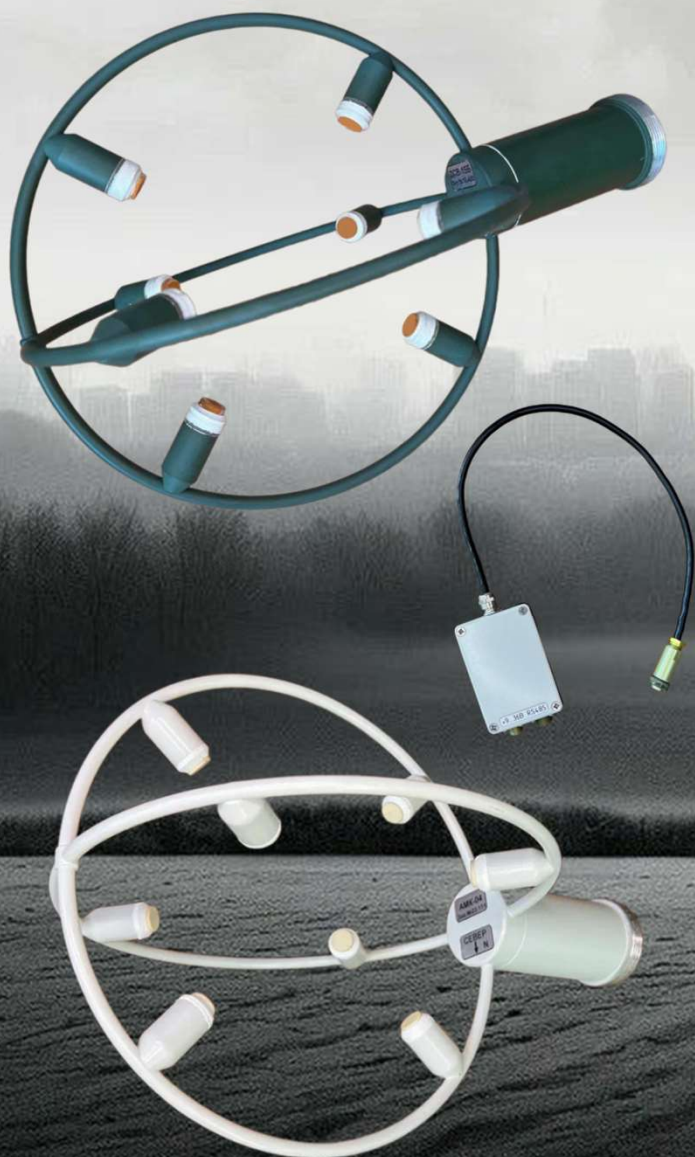
*Тельминов А.Е.<sup>1,2</sup>, Кобзев А.А.<sup>1,2</sup>, Капустин С.Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

<sup>2</sup> Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва



## Аппаратная часть - АМК-04



Измеряемая величина (обозначение)	Диапазон измерения	Предел допускаемой погрешности измерения
Температура воздуха (Т)	от минус 50 до +50°C	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ при $T < (+ 30^{\circ}\text{C})$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ при $T \geq (+ 30^{\circ}\text{C})$
Скорость горизонтального ветра (V)	от 0,2 до 40 м/с	$\pm(0,1+0,1V)$ , в диапазоне от 0,2 до 0,5 м/с; $\pm(0,2+0,05V)$ м/с в диапазоне от 0,5 до 40м/с;
Скорость вертикального ветра (W)	от минус 15 до 15 м/с	$\pm (0,2 + 0,02W)$ м/с, где W – числовое значение измеренной скорости вертикального ветра в м/с
Направление горизонтального ветра (D)	от 0 до 360 градусов	$\pm 4$ градуса
Относительная влажность воздуха (r)**	от 15 до 100%	$\pm 5\%$ *
Атмосферное давление (P)	от 693 до 1067гПа (от 520 до 800 мм рт. ст.)	$\pm 1$ гПа ( $\pm 0,8$ мм рт. ст.)

\* Предел основной погрешности измерения.

\*\* При температурах ниже минус 40°C погрешность измерения относительной влажности воздуха не нормируется. Предел дополнительной допускаемой погрешности измерения относительной влажности воздуха не более 2% /10°C



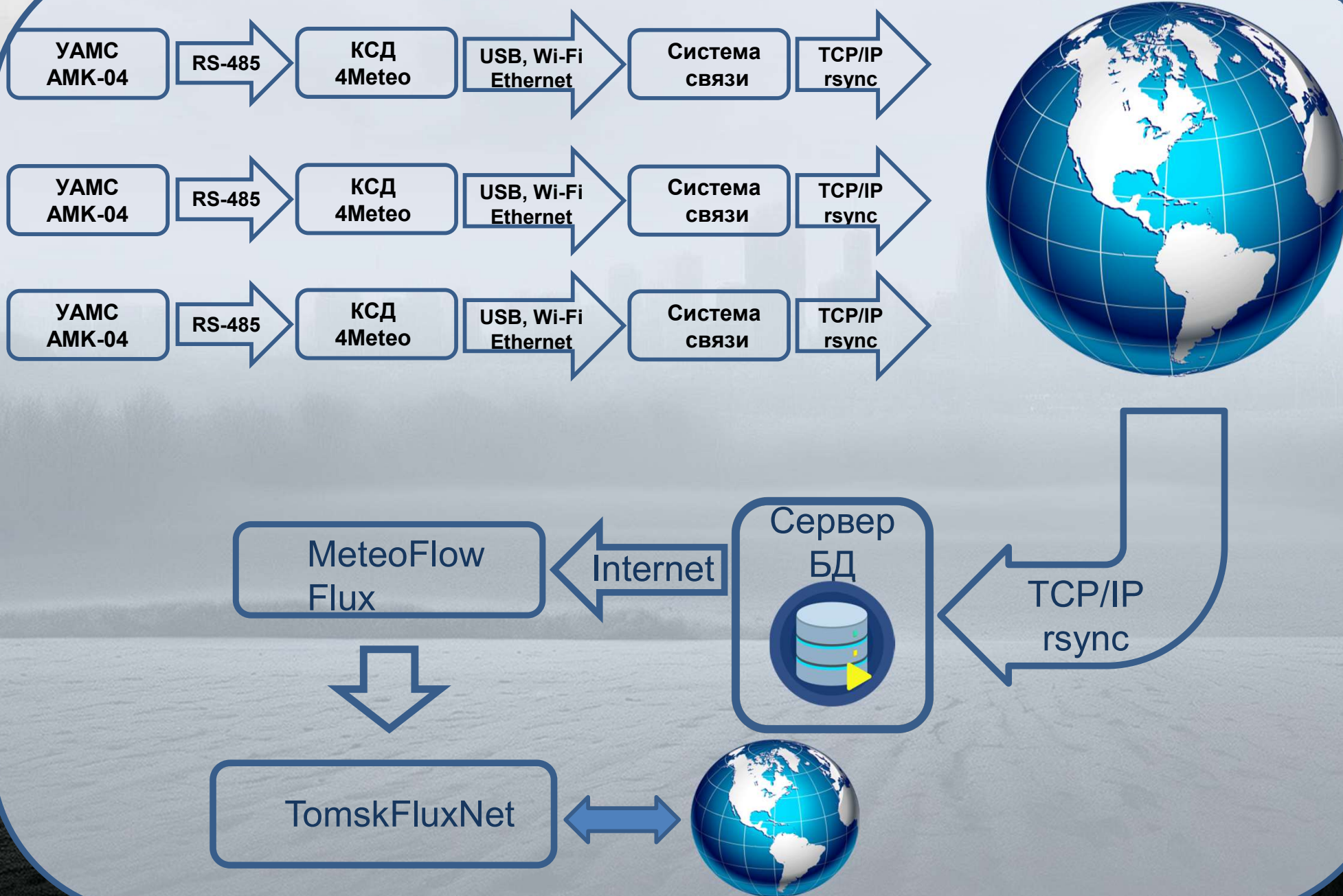
# Аппаратная часть - КСД



- 4Meteo развернуто на КСД консольное приложение для работы на аппаратных платформах архитектуры x86, x64, ARM под ОС Linux.
- считывает первичные данные измерений ультразвуковых измерителей
  - автоматически вычисляет значения трех компонент скорости ветра, акустической температуры, скорости звука, давления и влажности в режиме реального времени;
  - автоматически вычисляет значения метеорологических параметров с усреднением
  - автоматически сохраняет свои выходные данные на устройстве длительного хранения



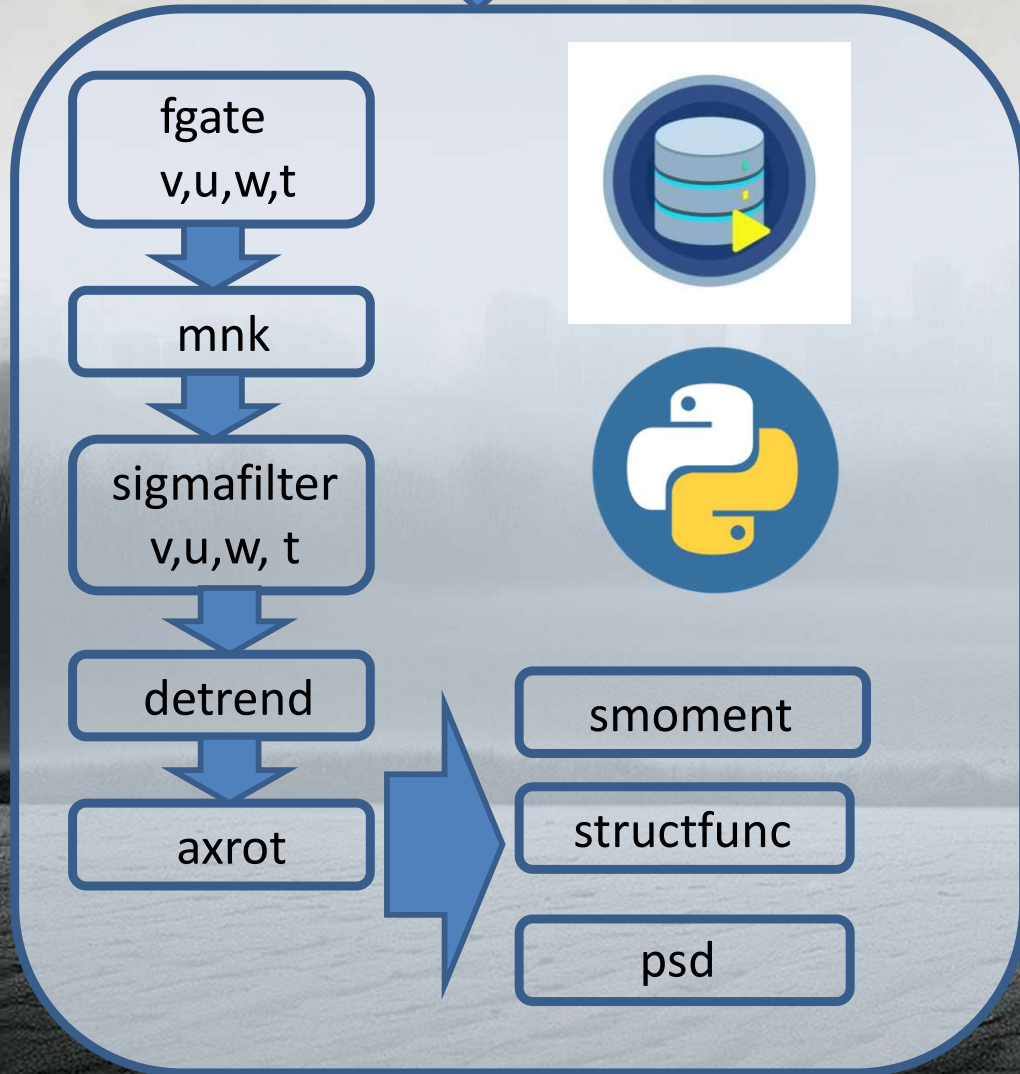
# Сетевое взаимодействие



# Алгоритмы работы и программное обеспечение



4Meteo



quality

uv uw vw wt ut vt uu vv  
uut vvt wwt utt vtt wtt uvt uwt vwt wuu  
wvv uuu vvv www ttt wuvw

H tau TKE Et L u\*

V D w t P r ro

skewness : u v w t

kurtosis: u v w t

rms: u v w t

alfa – угол атаки термоанемометра

$C_t^2 C_n^2 C_v^2$

# Алгоритмы работы и программное обеспечение

$$\tau = -\rho_0[\langle u'w' \rangle + \langle v'w' \rangle] = \rho_0 u_*^2 \text{ – поток импульса}$$

$$H = C_p \rho_0 \langle w'T' \rangle \text{ – поток явного тепла}$$

$$L = -u_*^3 \rho_0 C_p / (kbH) \text{ – масштаб Монины-Обухова}$$

$$b = g / \langle T' \rangle \text{ – параметр плавучести}$$

# Измерительный комплекс на базе ГО ИМКЭС СО РАН



# Измерительный комплекс на базе ГО ИМКЭС СО РАН



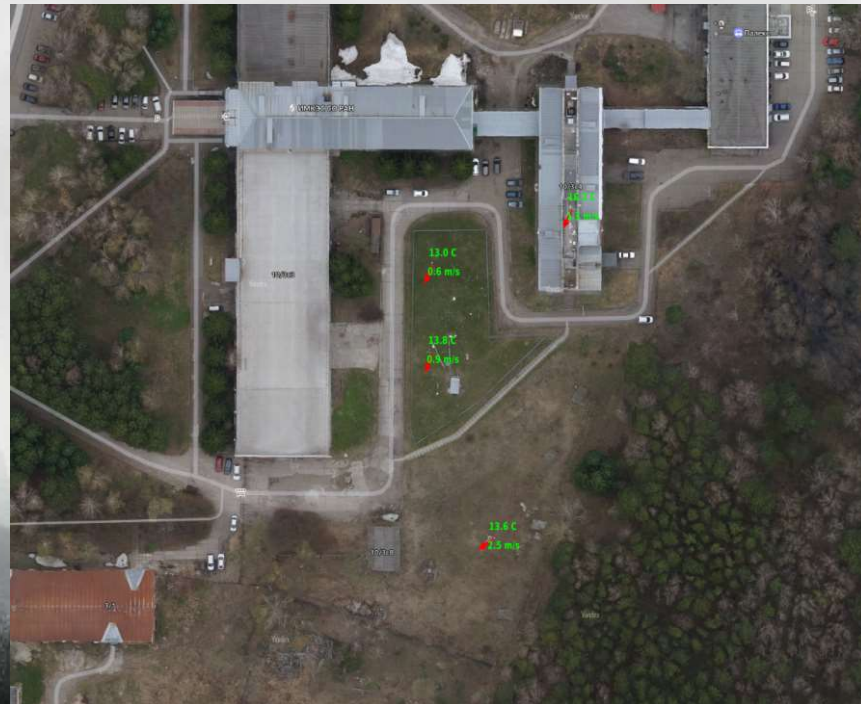
## Геофизическая обсерватория ИМКЭС СО РАН (ГО ИМКЭС)

Инфраструктура геофизической обсерватории располагается на территории института в Академгородке, в юго-восточной пригородной зоне Томска (56°28'31" С.Ш. 85°3'16" В.Д., высота над уровнем моря 167 м). На географической обсерватории располагаются несколько измерительных точек:

<https://tct.tomskfluxnet.ru>



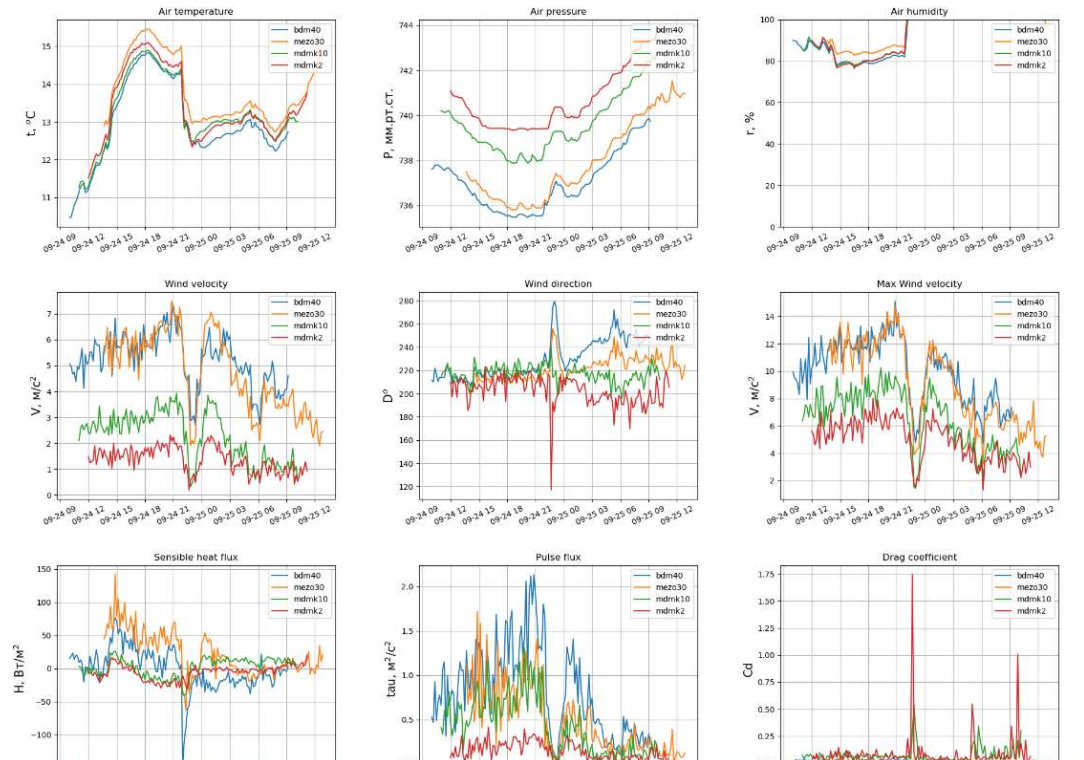
# Визуализация



## Tomsk Cavity Turbulence Experiment

О проекте    Описание эксперимента    Карта    База данных

TomskCavityTurbulence - Large-Eddy Simulation with Physical Experiment



<https://tct.tomskfluxnet.ru>

# Выводы

- На базе акустических термоанемометров создан прототип микромасштабной измерительной системы для регистрации пространственно-временной изменчивости атмосферных параметров в городской среде.
- Измерения включают измерения основных средних значений ( $V$ ,  $D$ ,  $w$ ,  $t$ ,  $P$ ,  $r$ ), а также турбулентных пульсаций скорости ветра и температуры в области городской агломерации. Имеется возможность расширения измеряемых величин (солнечная радиация, осадки,  $PM_{2.5}$ )
- Переложен методологический подход (развернута «песочница» на языке Python) для экспериментирования с измеренными метеовеличинами, тестирования гипотез или параметризации/верификации городских моделей.