



# Smart Open Ecology 2017

## ”Умные экологические сервисы для всех”

Васильев Ю.П. “Умная планета”

5.03.2017

[smartplanet@bitrix24.com](mailto:smartplanet@bitrix24.com)



# Постановка задачи

- Обеспечить доступ граждан к данным экологического мониторинга в режиме реального времени в современной цифровой среде (Интернет, мобильные приложения и т. д.)
- Обеспечить доступ граждан к аналитике по экологической обстановке
- Создать платформу и интегрированный ресурс на ее базе:

Экология + OpenRecycling + ЧС + погода ...

# Открытые и большие данные для Устойчивого Развития. Цели



 **ЦЕЛИ** в ОБЛАСТИ  УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

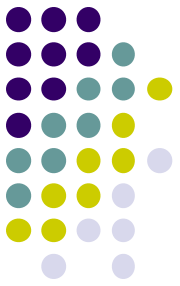
**17** ПАРТНЕРСТВО В  
ИНТЕРЕСАХ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках глобального партнерства



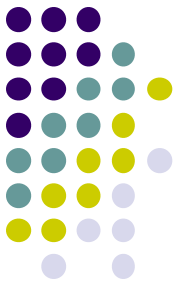
- 3
- 11
- 13
- 14
- 15
- 17

# Открытые и большие данные для Устойчивого Развития. Данные



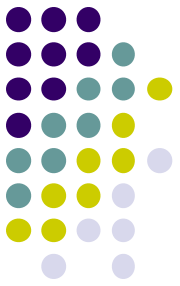
- Государственные  
Сети мониторинга  
Базы данных
- Общие  
• Коммерческие  
( недвижимость, туризм  
...)

# Оригинальность и референции



- <https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/>
- <http://opensourceecology.org/>
- <http://futureeverything.org/news/open-data-cities/>





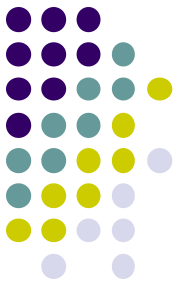
# Результаты за хакатон

- Модернизация концепции
- Три источника экологических данных
- Ресурс для общественной экологической

Экспертизы

Интеграционная платформа на открытом  
коде

# Актуальность



- По данным Всемирная Организация Здравоохранения в течение ближайших 30 лет состояние здоровья населения будет зависеть от качества среды обитания на 50-70%, затраты на стабилизацию качества окружающей среды могут превысить 40-50% валового национального продукта;
- Выбросы только по диоксиду серы ( $SO_2$ ) современных ТЭС(эстонские ТЭС, работающие на сланцах) составляет до 1 тыс. т  $SO_2$  в сутки;
- Ущерб от выбросов автомобильного транспорта в Санкт-Петербурге только по CO может составить до 20 тыс. руб/год на одного человека;

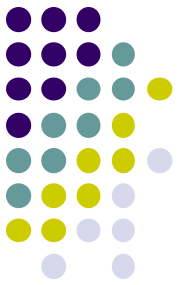
# Концепция Smart Open Eco включает:



- Минимизацию или исключение «ошибок» мониторинга;
- Контроль за концентрацией ЗВ в реальном времени (режим online);
- Сохранение существующей технологии производства на стационарных предприятиях – источниках загрязняющих веществ (ИЗВ).
- Нейтрализация ЗВ в выбросах нестационарных источников (транспортных средств)



# Источники данных. Пример



The screenshot displays the RECYCLE map website interface. At the top, there are navigation links: "Поддержи проект", "Стать волонтером карты", "Хочу раздельный сбор", and "Вход". The main content area features a map of Saint-Petersburg with numerous recycling points marked by numbered icons. A sidebar on the left allows users to select items to recycle, with a search bar and a "Где вы находитесь?" field. The bottom of the page includes a footer with "О проекте", "FAQ", and "Обратная связь".



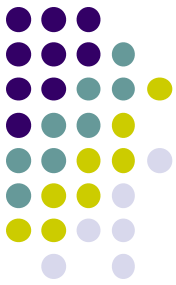
# Источники данных. Пример

The screenshot shows a web browser window displaying the official website of the Administration of Saint-Petersburg. The page is titled "Тематические карты по экологической обстановке в Санкт-Петербурге" (Thematic maps of the ecological situation in Saint-Petersburg). The main content area features a map of Saint-Petersburg with several red dots indicating the locations of monitoring stations. The text below the map states: "Вашему вниманию предлагается ряд информационных ресурсов, входящих в геоинформационную систему (ГИС) Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности." (Your attention is drawn to a series of information resources included in the GIS of the Committee for Nature Use, Environmental Protection and Ensuring Ecological Safety). Below the map, there is a link to "Карта расположения постов мониторинга Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха и графики заполнения воздуха по данным АСМ, Ф" (Map of the location of monitoring posts of the Automated system for monitoring atmospheric air and graphs of air filling by data from ASM, F). The text continues: "На карте представлены существующие станции АСМ (с возможностью интерактивного просмотра информации о станциях и графике ежедневного хода показателя, позволяющего оценить состояние)" (The map shows existing ASM stations (with the possibility of interactive viewing of information about the stations and the graph of the daily course of the indicator, which allows you to assess the state)).

The website header includes the logo of the Administration of Saint-Petersburg and the text "Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга". The navigation menu includes "Губернатор", "Власть", "Государственные услуги", "Пресс-центр", "Законодательство", and "Справочная информация". The right sidebar contains a "Власть" section with a list of links: "Комитеты, управления, инспекции и службы", "Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности", "Общая информация", "Структура ИОГВ", "Подразрешенные организации", "Сведения о руководителях", "Документы", "Текущая деятельность", and "Государственные услуги".

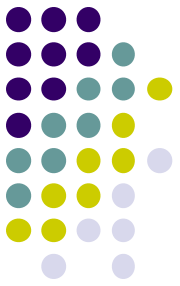


# Гражданский экомониторинг



The screenshot shows the TION website in a browser. The URL is [https://tion.ru/product/magicair/?utm\\_source=google\\_search&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=mag](https://tion.ru/product/magicair/?utm_source=google_search&utm_medium=cpc&utm_campaign=mag). The page features the TION logo and navigation menu. A central banner displays a smartphone app interface with a hand holding it. The app shows a home screen with three circular gauges: '470', '31', and '30'. Below them are sliders for 'Температура' and 'Влажность'. A blue button labeled 'Купить за 9 900 Р' is prominent. To the right, a chat window is open with a consultant named Александр Рыжаренко. The chat message reads: 'Здравствуйте! Я могу вам чем-то помочь?'. The website also includes a phone number '8 800 500 79 64' and a 'Профоборудование' button.

# Благодарности и приложения



IBM

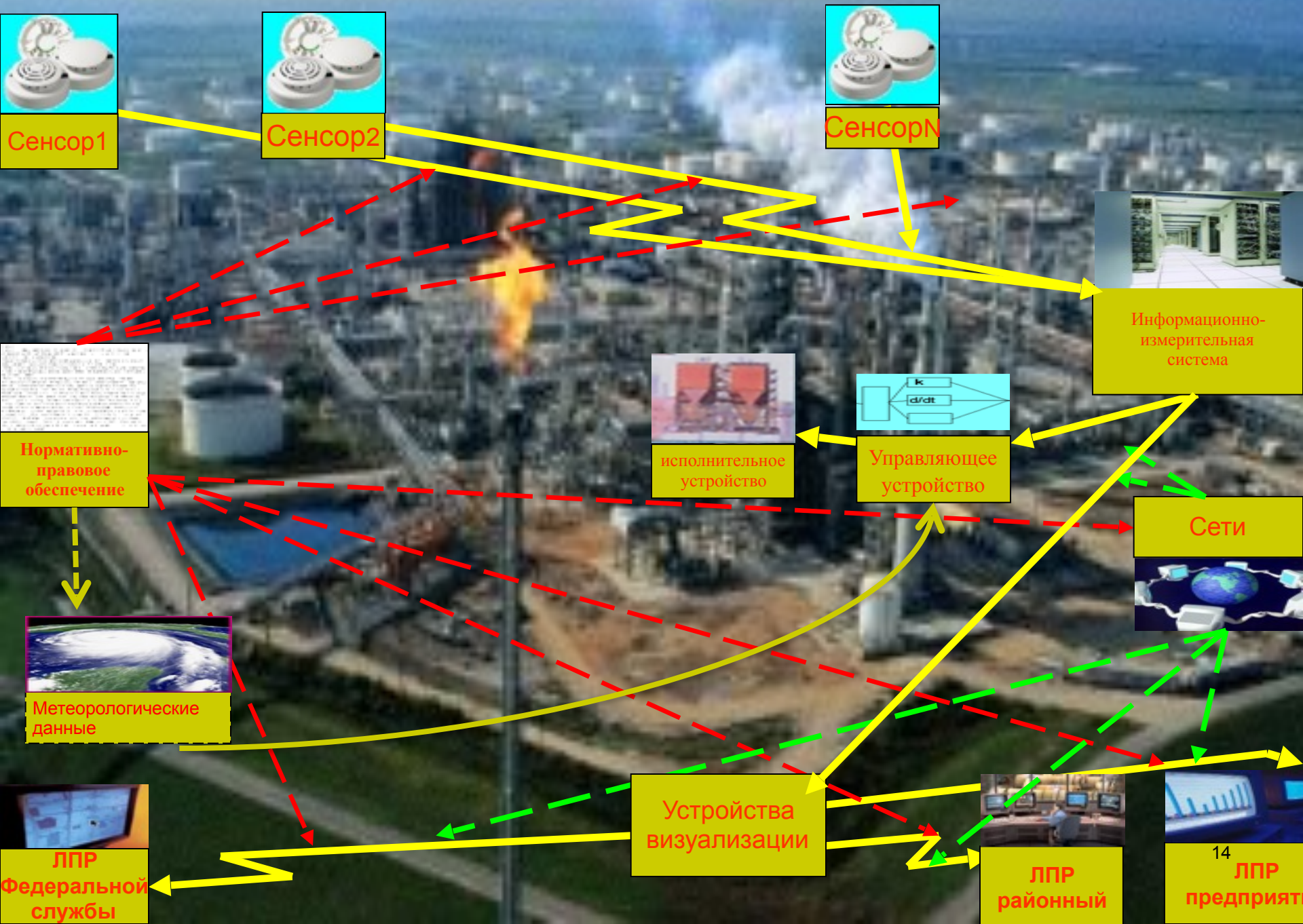
Международный институт инжиниринга в экологии и безопасности человека (МИИЭБЧ)

ГУАП

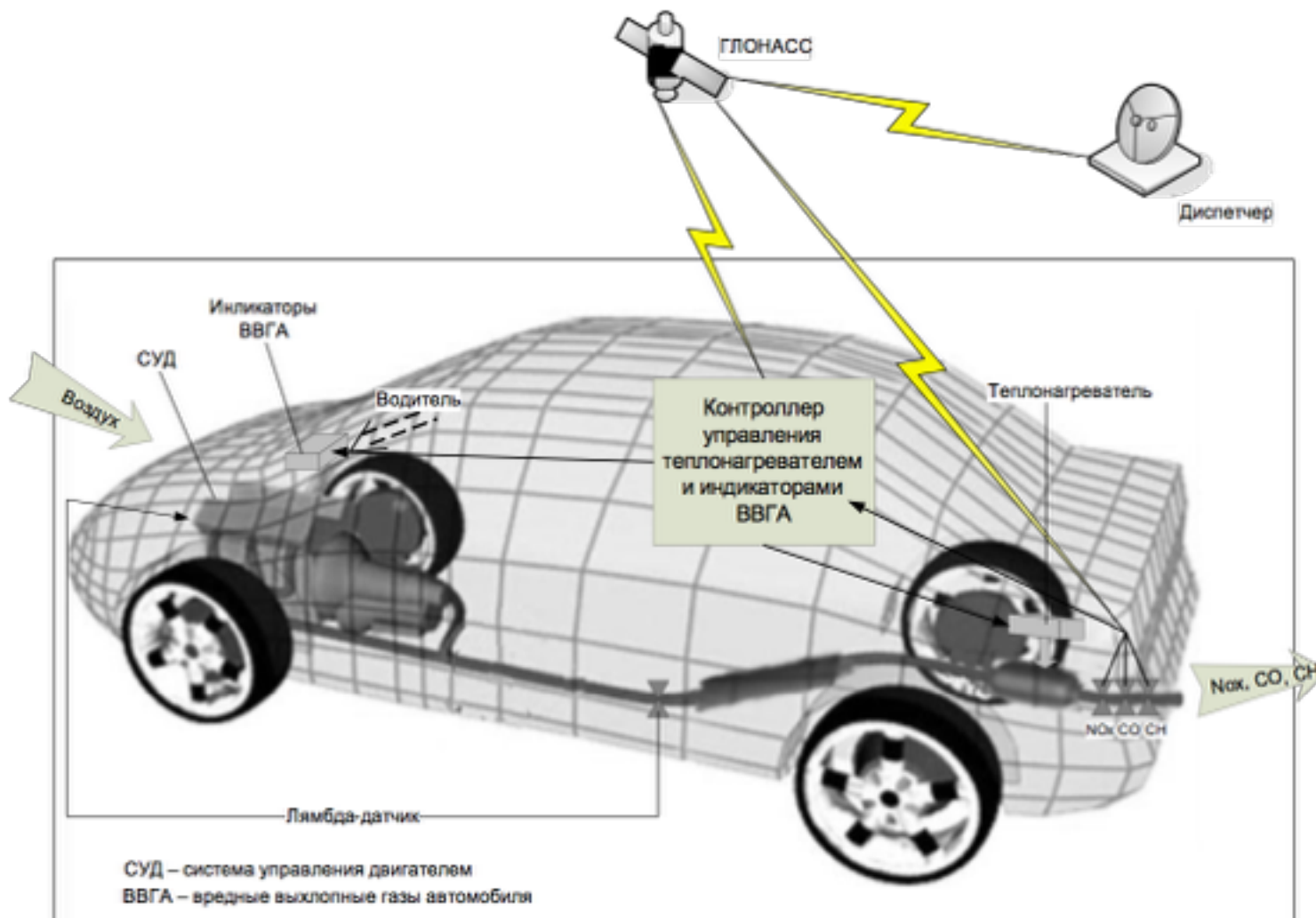
ИТМО

ЭТУ





# Замкнутая система управления нейтрализацией вредных выхлопных газов автомобилей (ранее ЗВ)





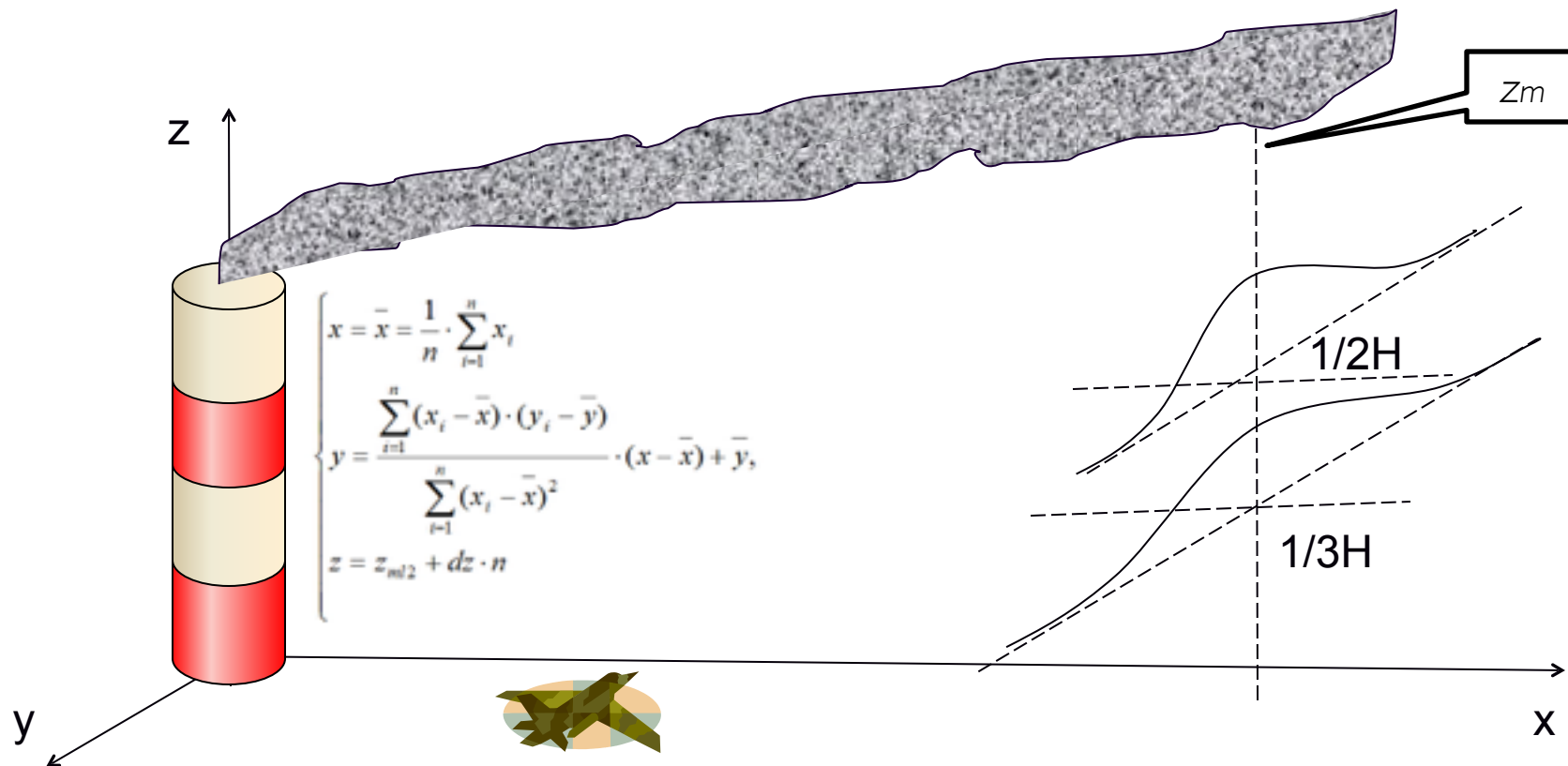
# Этапы реализации

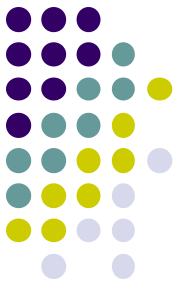
Создание Smart Open Eco включает обычные для сложных объектов этапы- НИР, ОКР, конструкторская и технологическая подготовка и серийное производство.



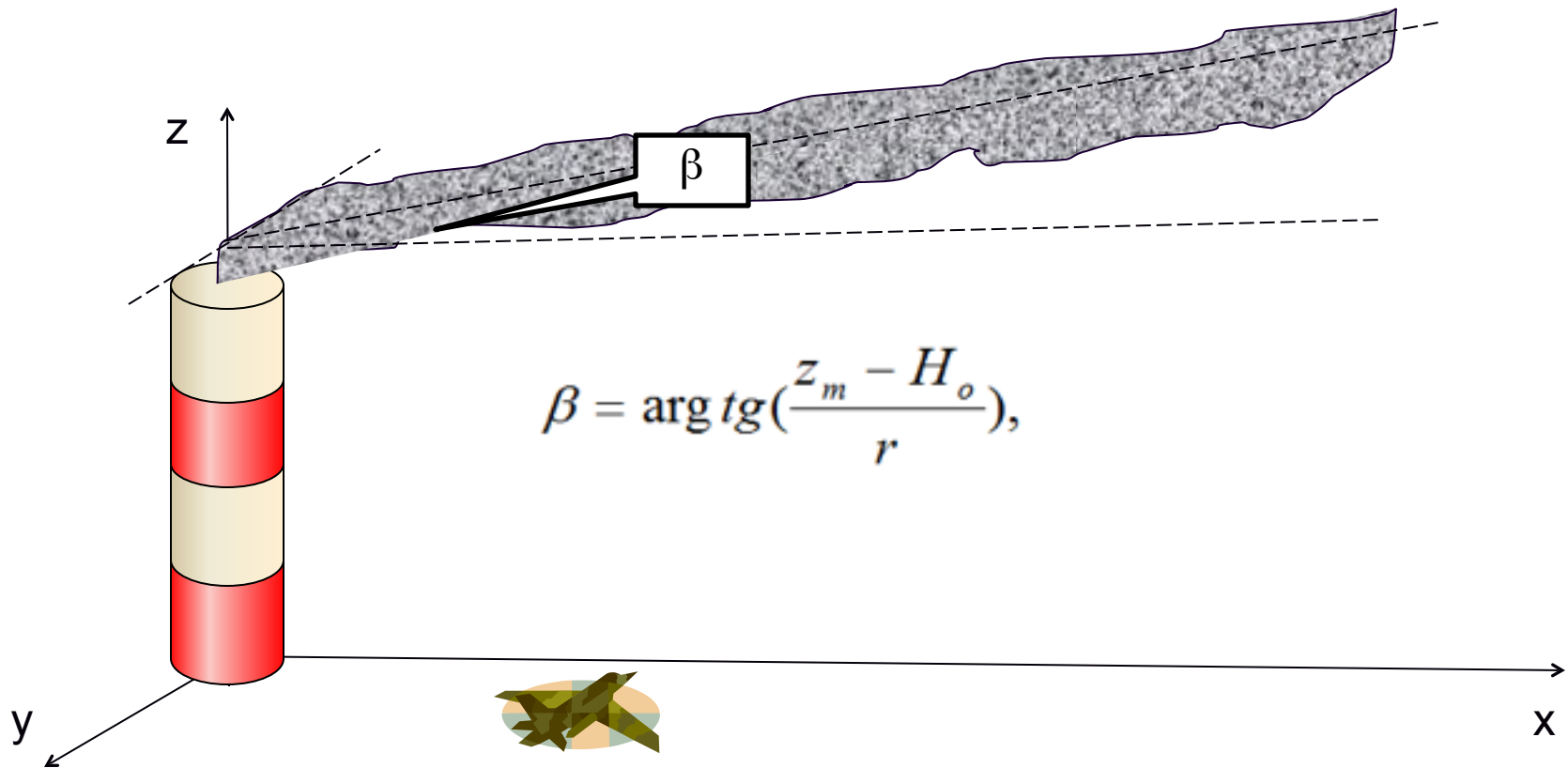


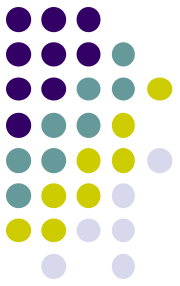
# Определение характеристик факела.



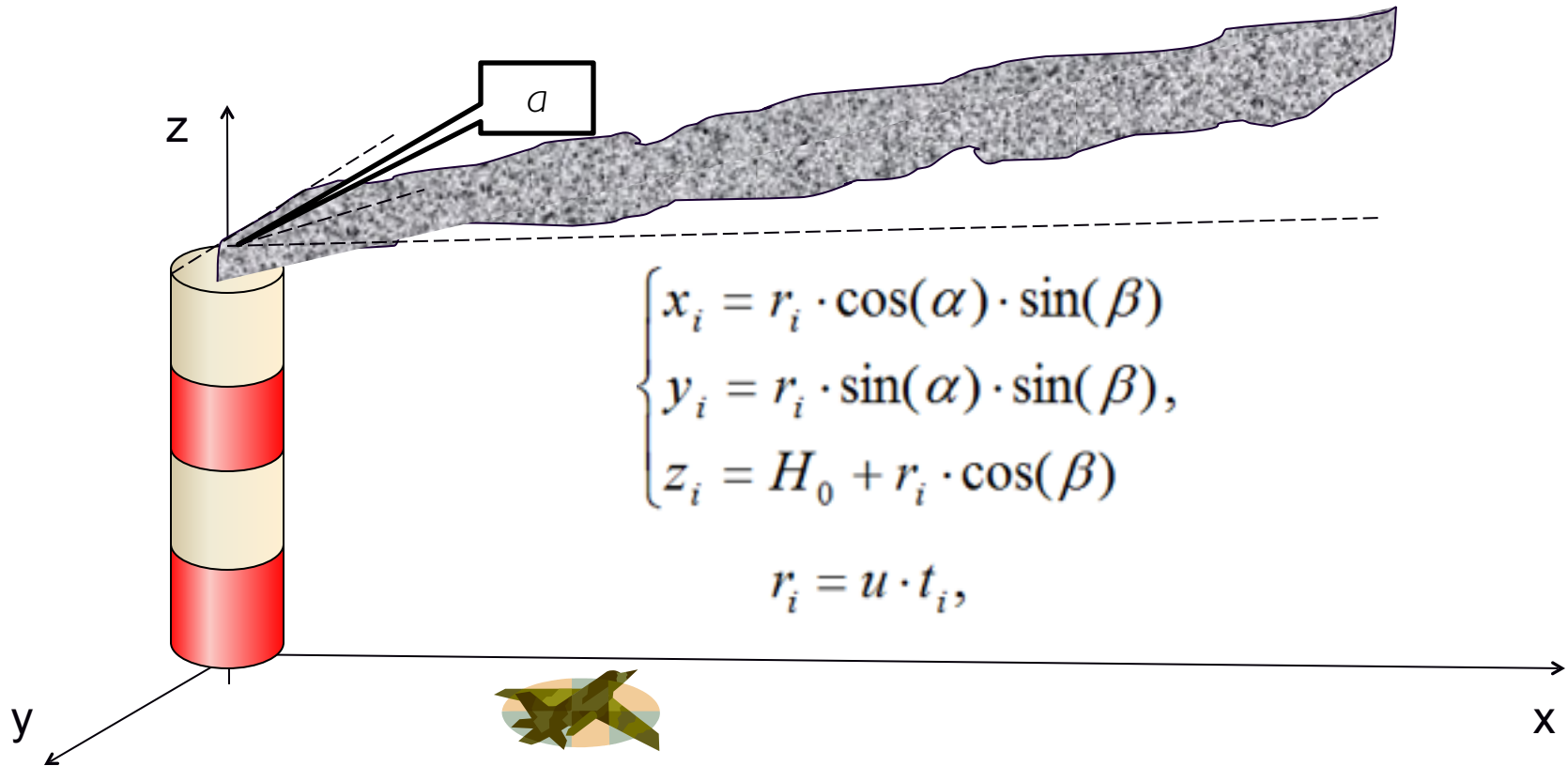


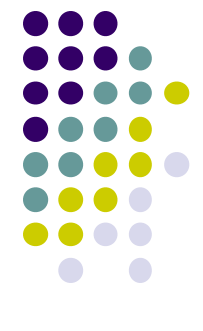
# Расчет угла подъема факела



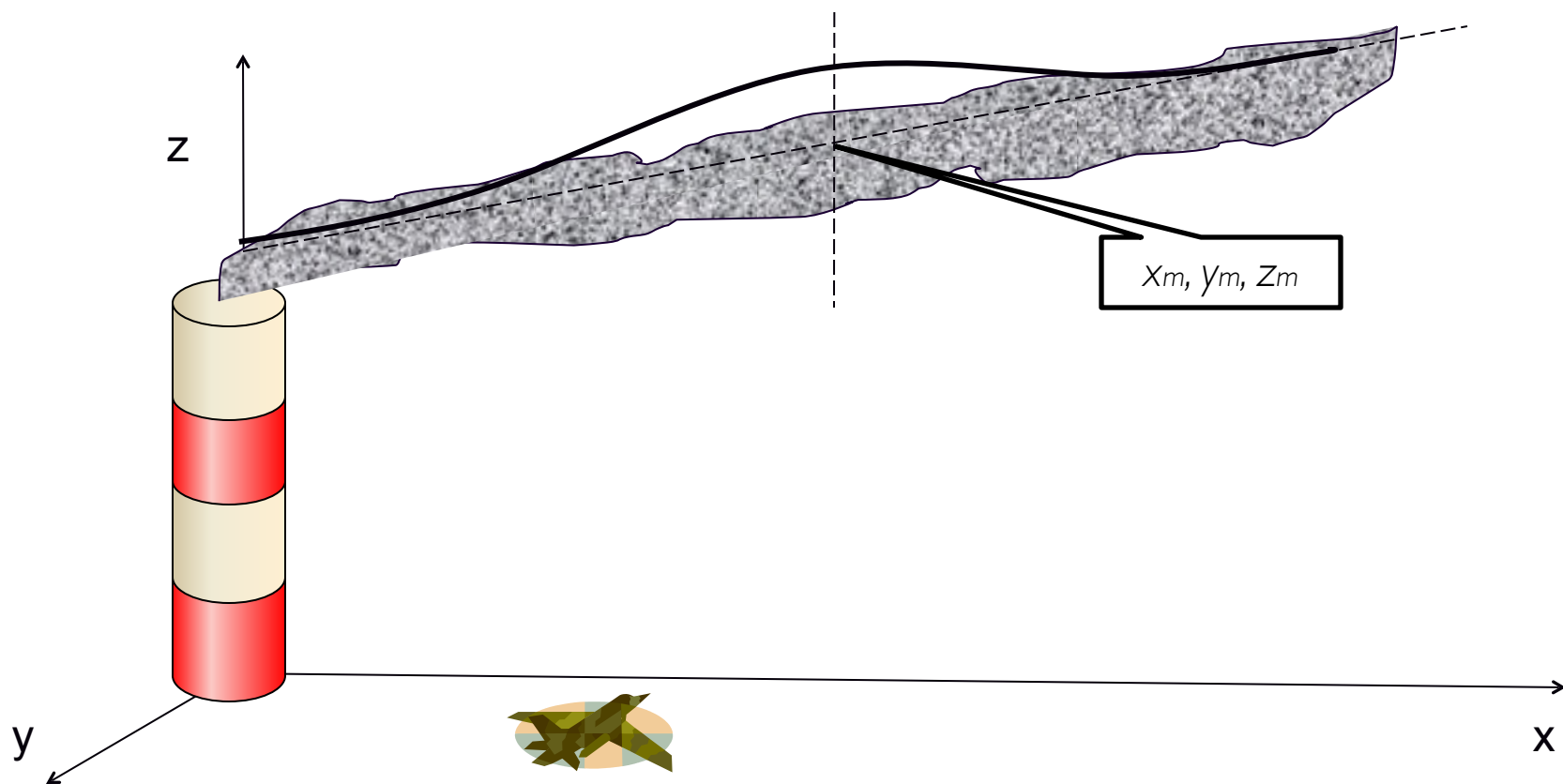


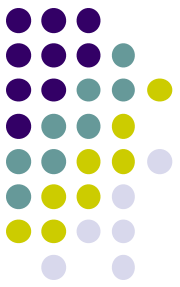
# Расчет координат перемещения ЗВ в факеле





# Поиск максимума концентрации ЗВ в факеле





## Построение математических моделей:

- Математические модели газо-воздушной смеси (аналогично по воде и почве);
- Математические модели многомерного объекта управления с перекрестными связями (промзона, район).
- Математические модели объектов управления выхлопными системами автомобилей

## Математические модели ЗСУПТ.

$$\begin{aligned} L\{Y(X, \Lambda, t)\} &= E(X, t), X \in D, t \in 0, T \\ B\{Y(X, \Lambda, t)\} &= G(X, t), X \in D, t \in 0, T \\ I\{Y(X, t)\} &= Y_0(X, t), X \in D, t=0 \end{aligned} \quad (1)$$

где:

**L**-оператор объекта управления

**B**-оператор краевых условий,

**I**-оператор начальных условий

**Y**-выход источника ЗВ, распределённый по параметрам **X**,

**E**-вход, распределённый по параметрам **X**,

**Λ**-сосредоточенные параметры,

**X**- пространственные параметры-координаты в земной системе координат.

Если входное воздействие  $E(X, t)$  не находится в нашем распоряжении, то движение этой системы не будет управляемым и возможно лишь пассивное наблюдение за происходящими процессами. В частности, путём математического моделирования на ЭВМ можно получить функцию  $Y(X, \Lambda, t)$ . С другой стороны, если входное воздействие включает управление  $U(Y, X, t)$ , то можно воздействовать на объект управления для достижения основной цели – минимизации ЗВ, поступающих в окружающую природную среду. Такое управление относится к классу «подвижных управлений».

С учётом этого обстоятельства система (1) примет вид:

$$\begin{aligned} L\{Y(X, \Lambda, t)\} &= E(X, t) + U(Y, X, t), X \in D, t \in 0, T \\ B\{Y(X, \Lambda, t)\} &= G(X, t), X \in D, t \in 0, T \\ I\{Y(X, t)\} &= Y_0(X, t), X \in D, t=0 \end{aligned} \quad (2)$$



# Математическая модель стационарных объектов управления «ВХОД-ВЫХОД»



$$\frac{dc}{dt} + V_{\xi} \frac{dc}{d\xi} + V_{\eta} \frac{dc}{d\eta} + V_{\zeta} \frac{dc}{d\zeta} = \frac{d}{d\xi} K_{\xi} \frac{dc}{d\xi} + \frac{d}{d\eta} K_{\eta} \frac{dc}{d\eta} + \frac{d}{d\zeta} K_{\zeta} \frac{dc}{d\zeta} + K_1 * Q + K_2 * C \quad (3)$$

$$\frac{C(L, p)}{C(\xi_0, p)} = e^{-\tau * p} * e^{-\frac{K_2(L-\xi_0)}{V_{\xi}}} \quad (4)$$

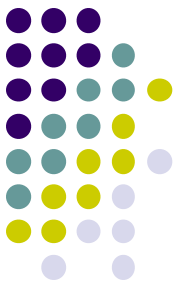
$$\frac{C(L, p)}{Q(\xi_0, p)} = \frac{K_1}{V_{\xi}} * \left(1 - e^{-\frac{(p+K_2)(L-\xi_0)}{V_{\xi}}}\right) \quad (5)$$

$$\frac{Q_j^*(L_{ij}, p)}{C_j(\xi_j, \eta_j, \zeta_j, p)} = \frac{K_1}{V_{ij}} \left(1 - e^{-\frac{(p+K_2)}{V_{ij}}}\right) \quad (6)$$

где

$$V_{ij} = V \cdot \cos(\overbrace{V, L_{ij}}) = V(m_1 \cdot m_2 + l_1 \cdot l_2 + n_1 \cdot n_2)$$

# Математическая модель объектов управления нейтрализацией выхлопных газов автомобилей



$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = -K_1^+ C_{O_2} (Q_{Pt})^2 + K_1^- (Q_{PtO})^2 \quad (1)$$

$$\frac{dQ_{Pt}}{dt} = -K_1^+ C_{O_2} (Q_{Pt})^2 + K_1^- (Q_{Pt})^2 - K_2^+ C_{CO} Q_{Pt} + K_2^- Q_{PtCO} + K_3^+ (Q_{PtCO})(Q_{PtO}) \quad (2)$$

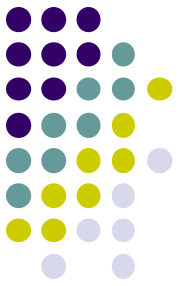
$$\frac{dQ_{PtO}}{dt} = K_1^+ C_{O_2} (Q_{Pt})^2 - K_1^- (K_3)^+ - K_3^+ (Q_{PtCO})(Q_{PtO}) \quad (3)$$

$$\frac{dC_{CO}}{dt} = K_2^- C_{CO} Q_{Pt} + K_1^- (Q_{PtCO}) \quad (4)$$

$$\frac{dQ_{PtCO}}{dt} = K_2^+ C_{CO} Q_{Pt} - K_2^- (Q_{PtCO}) - K_3^+ (Q_{PtCO})(Q_{PtO}) \quad (5)$$

$$\frac{dC_{CO_2}}{dt} = K_3^+ (Q_{PtCO})(Q_{PtO}) \quad (6)$$

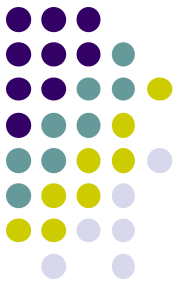




# Синтез управлений:

- Синтез управлений в предположении, что датчики ЗВ находятся в экстремальной точке;
- Синтез управлений беспилотным летательным аппаратом при поиске экстремума.
- Синтез управлений катализатором в системе выхлопа автомобиля

# Синтез управлений Smart Open Eсо



$$\frac{dY}{dt} = AY + BU + X, U = U_0 + U_x \quad (1)$$

$$I_1 = \min \left\{ \frac{1}{2} \int_0^{\xi} (Y^T P X + U_x^T R_x U_x) dt \right\} \quad (2)$$

$$I_0 = \min \left\{ \frac{1}{2} \int_0^{\xi} (Y^T Q Y + U_0^T R_0 U_0) dt \right\} \quad (3)$$

$R_x$  - положительно определённая диагональная матрица весовых коэффициентов

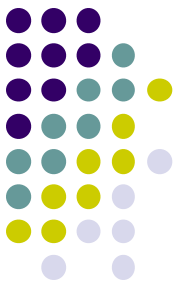
$U_x(x, t)$  – управление по возмущению

$K^* = -KA - A^T K + KBR_0^{-1} B^T K - Q$  - Уравнение Риккати

Матрицы  $Q$  и  $R_0$  определяются частотными методами.

$$U_0 = -R_0^{-1} B^T K Y \quad (4)$$

$$U_x = R_x^{-1} B^T \int_{t_0}^{\xi} e^{D^T(\tau-t)} P X d\tau \quad (5)$$

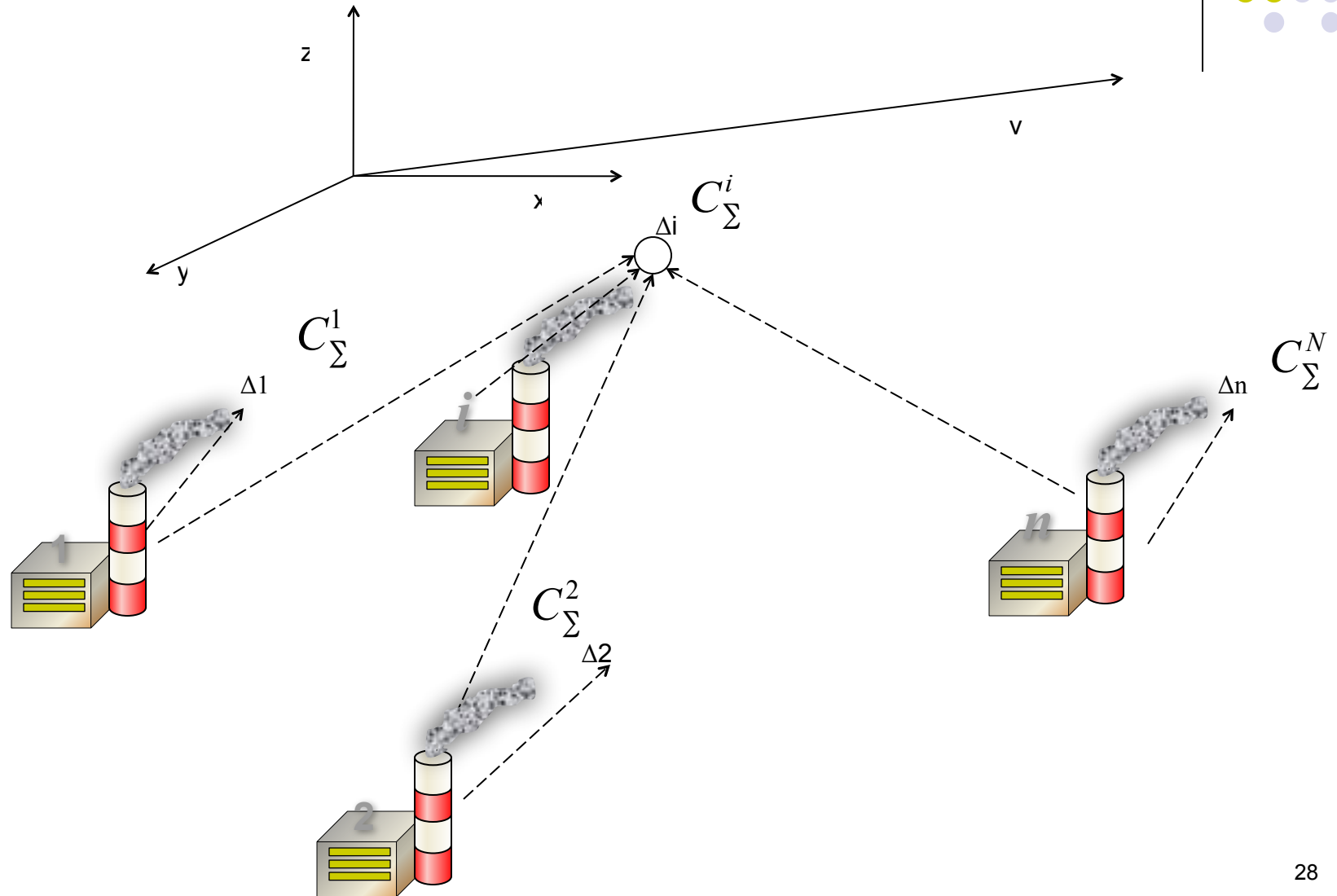
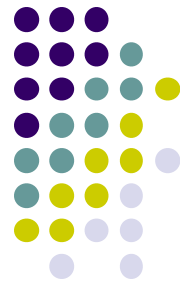


# Моделирование Smart Open Eco

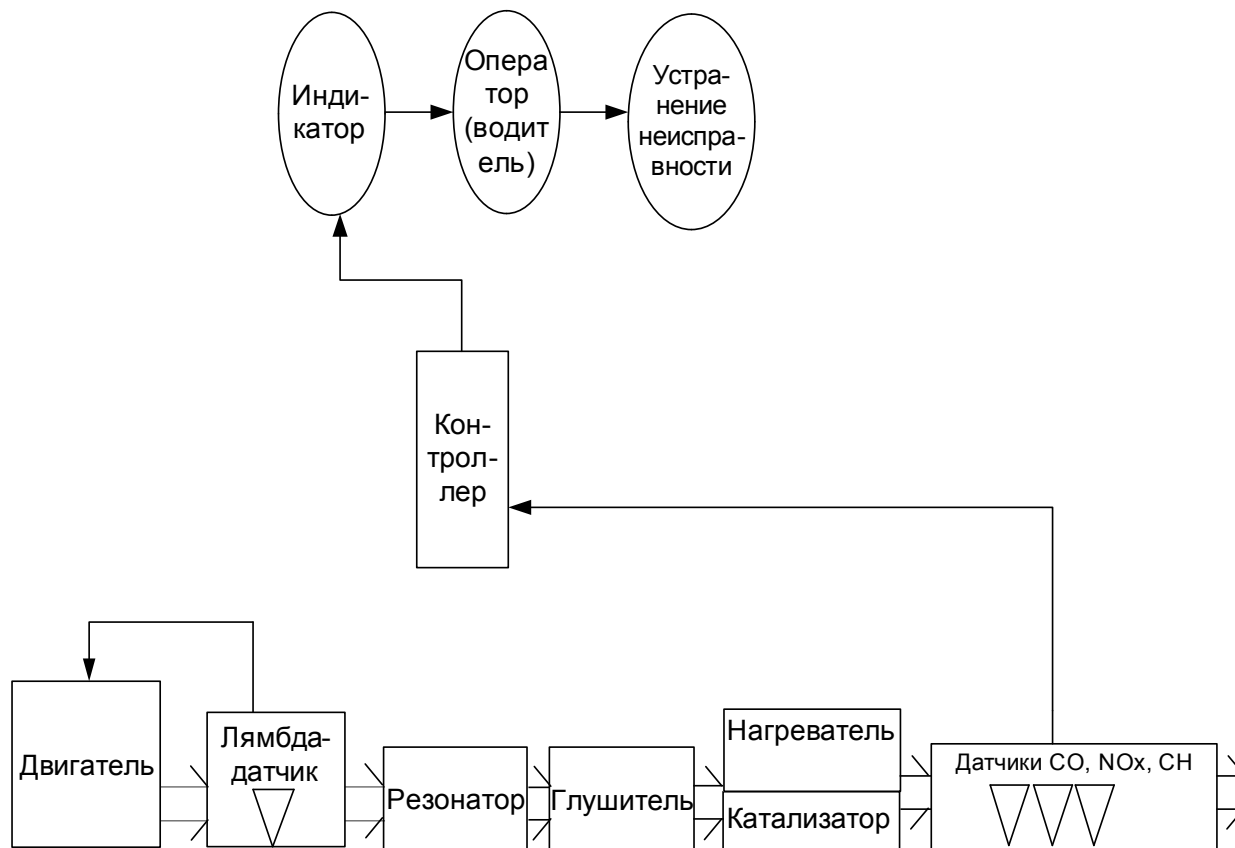
- Линейной системы;
- Системы с вероятностными характеристиками элементов;
- Системы с распределенным объектом управления;
- Взаимного влияния предприятий ИЗВ;
- Системы управления нейтрализацией выхлопных газов автомобиля

# Многомерная система управления (стационарными источниками ЗВ)

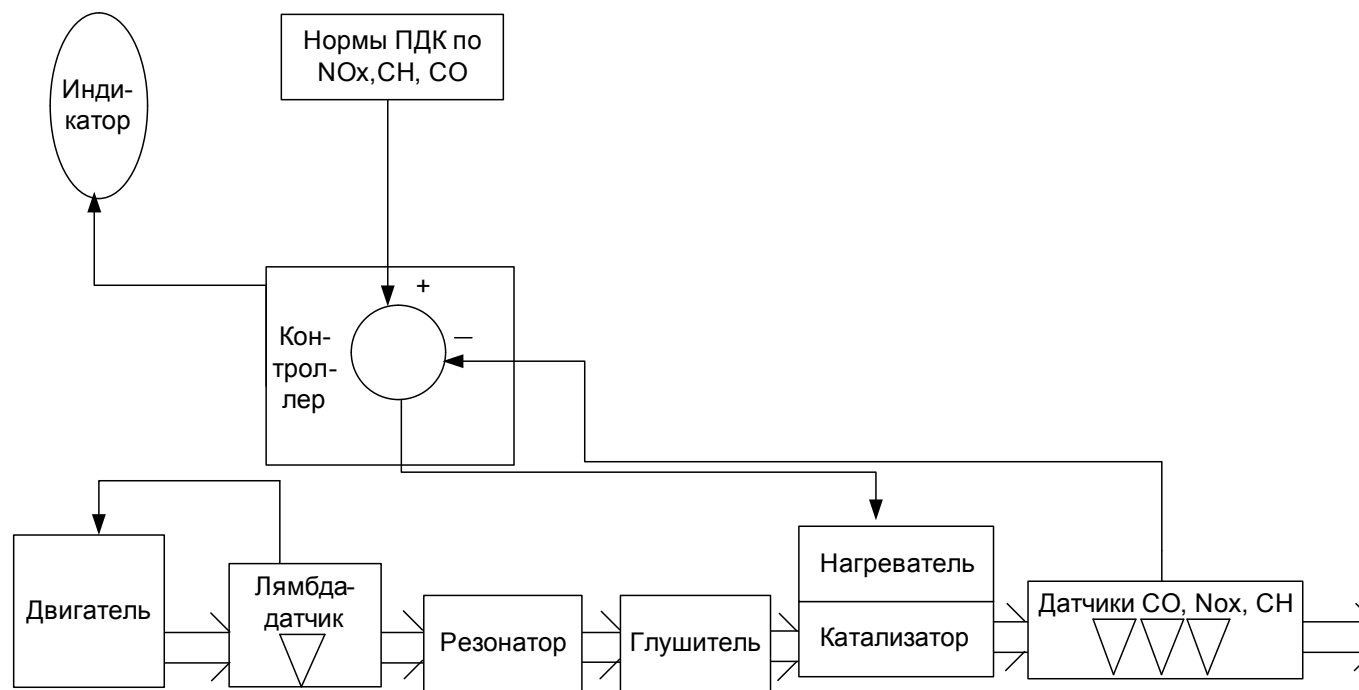
- $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_i, \dots, \Delta_n$  – датчики
- $1, 2, \dots, i, \dots, n$  – предприятия – источники загрязнения
- $x, y, z$  – опорная система координат
- $\mathbf{v}$  – вектор скорости ветра



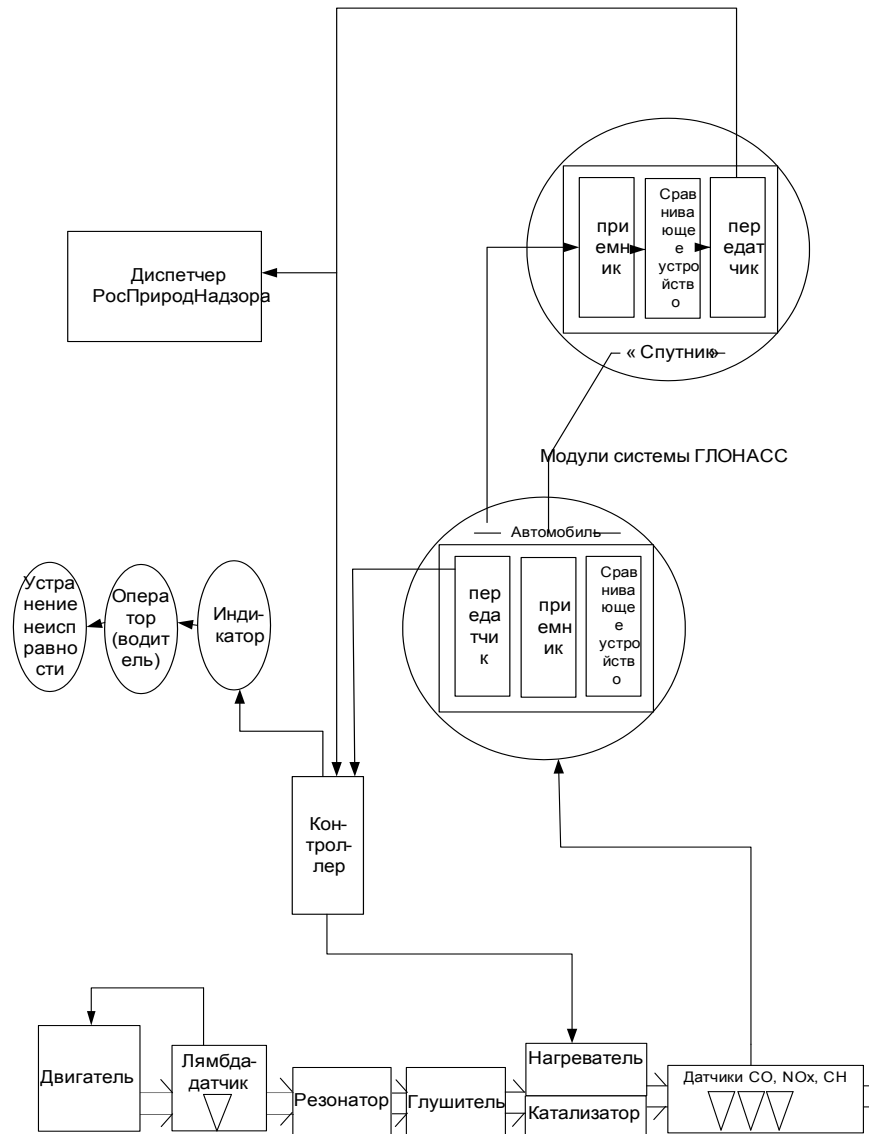
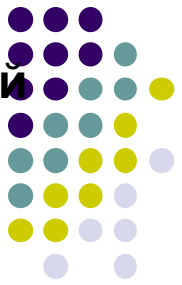
# Система нейтрализации выхлопных газов автомобиля с оператором



# Локальная система управления нейтрализацией отработавших газов автомобиля.



# Глобальная замкнутая система управления нейтрализацией ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ





# Построение БД элементов Smart Open Eco.



# БД по датчикам и очистным агрегатам (стационарный источник)

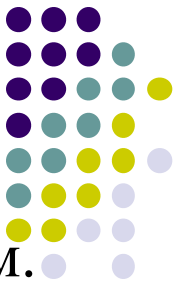


✓ Сбор данных по датчикам, веществам и очистным агрегатам.

✓ Анализ собранных данных и отбор необходимых параметров для оптимального выбора совместимых датчика и очистного агрегата под конкретное вещество или их набор.

✓ БД, как компонента Smart Open Eco, в которой хранится и отображается информация наиболее удобным образом для пользователя.

# БД по элементам ЗСУНВГА (подвижной источник)



- ✓ Сбор данных по датчикам, веществам и катализаторам.
- ✓ Анализ собранных данных и отбор необходимых параметров для оптимального выбора совместимых приборов (датчиков, микроконтроллеров) и условий эксплуатации.
- ✓ БД, как компонента ЗСУНВГА, в которой хранится и отображается информация наиболее удобным образом для пользователя.

# БД элементов Smart Open

## Есо Формирование данных



### По датчикам были выбраны следующие параметры:

- ✓ название датчика;
- ✓ страна производитель датчика;
- ✓ вещества датчика;
- ✓ мощность источника питания, Вт;
- ✓ цена датчика, руб;
- ✓ гарантия, мес;
- ✓ тип датчика;
- ✓ принцип работы;
- ✓ режим работы;
- ✓ габариты, мм;
- ✓ масса датчика, кг;
- ✓ способ забора;
- ✓ диапазон измерений, мг/м<sup>3</sup>;
- ✓ погрешность, %.

### По очистным агрегатам были выбраны следующие параметры:

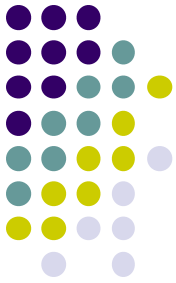
- ✓ название очистного агрегата;
- ✓ страна производитель очистного агрегата;
- ✓ вещества очистного агрегата;
- ✓ метод очистки;
- ✓ способ управления;
- ✓ производительность, м<sup>3</sup>/ч;
- ✓ масса очистного агрегата, кг;
- ✓ V катализатора, м<sup>3</sup>;
- ✓ концентрация загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>;
- ✓ цена очистного агрегата, руб.

### По веществам были выбраны следующие параметры:

- ✓ название вещества;
- ✓ максимально допустимая разовая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;
- ✓ химическая формула;
- ✓ класс опасности.

# БД элементов ЗСУНВГА

## Формирование данных



### По микроконтроллерам были выбраны следующие параметры:

- серия контроллера;
- максимальная тактовая частота;
- количество несимметричных каналов АЦП;
- аналоговый компаратор;
- каналов в ЦАП;
- напряжение питания;
- линий ввода/вывода;
- тип корпуса;
- каналов ШИМ;
- цена.

### По токсичным веществам были выбраны следующие параметры:

- название;
- химическая формула;
- максимально допустимая концентрация.

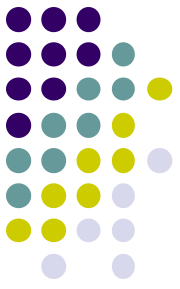
### По модулям ГЛОНАСС были выбраны следующие параметры:

- название;
- вес;
- габариты;
- частотный диапазон;
- передача данных;
- типы сетей;
- интерфейсы;
- диапазон рабочих температур;
- точность позиционирования;
- чувствительность приемника;
- цена.

### По датчикам ВГА веществам были выбраны следующие параметры:

- Название;
- тип измеряемого вещества;
- габариты;
- цена.

## Продолжение БД элементов ЗСУНВГА



### По каталитическим преобразователям были выбраны следующие параметры:

- название;
- тип;
- рабочее напряжение;
- мощность;
- габариты;
- наличие теплонагревателя;
- цена.

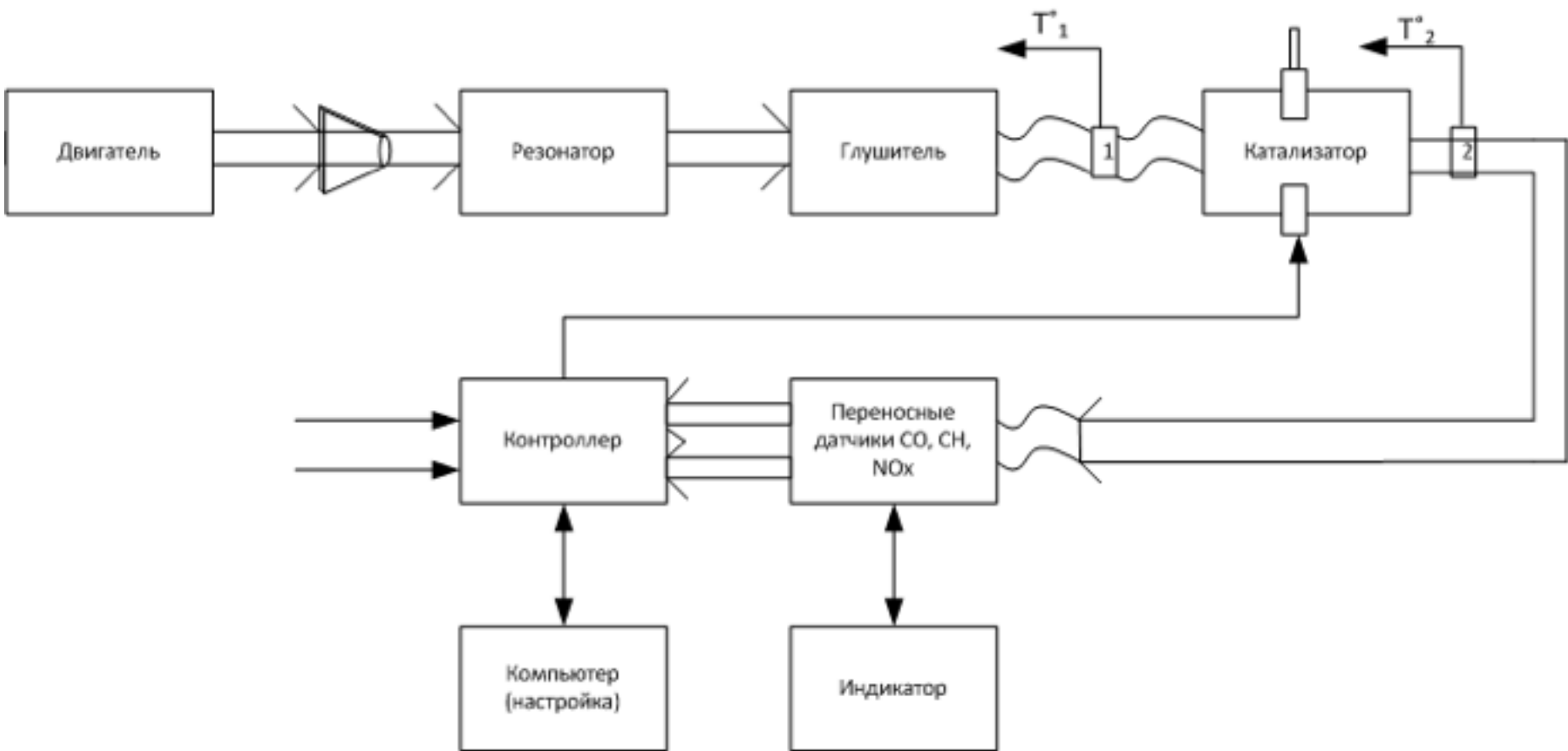
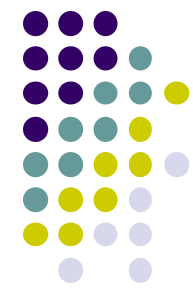
### По датчикам температуры были выбраны следующие параметры:

- название;
- тип кабеля;
- диапазон температур;
- тип электрического соединения;
- потребляемый ток;
- сопротивление изоляции;
- способ крепления;
- защитная трубка;
- цена.

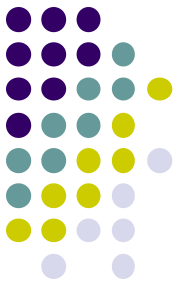
### По индикаторам ВГА были выбраны следующие параметры:

- название;
- напряжение питания;
- сопротивление датчика;
- отображение напряжения (дискретность);
- поддерживаемый диапазон количества ВВГ;
- дискретность отображения количества ВВГ.

# Схема ЗСУНВГА для проведения эксперимента



# Элементы Smart Open Eco, необходимые на этапе ОКР :



- Малогабаритные беспилотные летательные аппараты и другие подвижные носители датчиков ЗВ;
- Датчики ЗВ, построенные на базе нанотехнологий;
- Агрегаты очистки;
- Компоненты сетей передачи данных;
- Контроллеры встраиваемые в Smart Open Eco.



# Экономическая эффективность.



# Оценка экономического эффекта Smart Open Eco стационарного источника

Внедрения ЗСУПТ на ТЭЦ

$$\text{Оценка ущерба} - M_i = (\text{ФВВ}_i - \text{ВДВ}_i) * T * 0,0864 \text{ т/год}, \quad (1)$$

где:

$\text{ФВВ}_i$  - фактическая величина выброса  $i^{\text{го}}$  ЗВ, установленная на момент проведения замера;

$\text{ВДВ}_i$  - величина допустимого выброса по нормативам;

$T$  – продолжительность выброса ЗВ с превышением  $\text{ВДВ}_i$ ;

$0,0864$  – коэффициенты пересчёта размерностей.

Размер вреда и убытков причинённых выбросом  $i^{\text{го}}$  ЗВ предприятием источником определяется по формуле:

$$Y_i = K_{ин} * H_i * M_i + Z_0, \quad (2)$$

где:

$K_{ин}$  - коэффициенты индексации за счёт инфляции;

$H_i$  - такса установленная по существующим нормам;

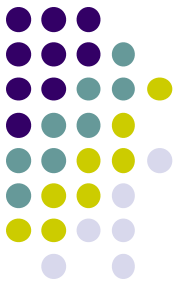
$Z_0$  - затраты на определение вреда от ЗВ включая мониторинг и лабораторный анализ.

В соответствии с уравнениями (1,2) для ТЭЦ, выбрасывающей 20т.тонн/год, в пересчёте на  $\text{SO}_2$ , находим:

$Y_i = 4$  млрд. руб./год, при таксе 176000 руб./тонна.

Оценки на создание и внедрение ЗСУПТ для такой ТЭЦ по нескольким составляющим ЗВ, в соответствии с предварительной калькуляцией, составляют:

$Z_{тэц} \approx 60$  млн. руб./год \* 2 года  $\approx 120$ млн.руб



# Оценка экономического эффекта ЗСУНВГА



Оценка ущерба:

$$M_i = (OF_i - ONVi) * T * 0,0864, \text{ т.}, (1)$$

Где  $OF_i$  – фактическая величина выброса  $i$ -го ЗВ установленная на момент проведения замера,

$ONVi$  – величина допустимого  $j$ -го выброса по нормативам,

$T$  – продолжительность выброса ЗВ с превышением  $ONVi$ ,

$0,0864$  – коэффициент пересчета размерностей.

Размер вреда и убытков, причиненных выбросом  $i$ -го ЗВ, определяется по формуле:

$$Y_i = K_{ин} * N_i * M_i + Z_0, \text{ руб.}, (2)$$

Где  $K_{ин}$  – коэффициент индексации за счет инфляции,

$N_i$  – такса, установленная по существам нормам, в тыс. руб.,

$Z_0$  – затраты на определение вреда от Зв $_i$ , включая мониторинг и лабораторный анализ, руб.

Например, выбросы оксида углерода  $CO$  в городе Санкт-Петербург, рассчитанные по приведенной в программе составляют  $M_i \approx 70000$  т/год и величина ущерба соответственно:

$$Y_i = 1,79 * 155000 \text{ руб./т.} * 70000 \text{ т./год} \approx 19,4 \text{ млрд. руб./год}$$

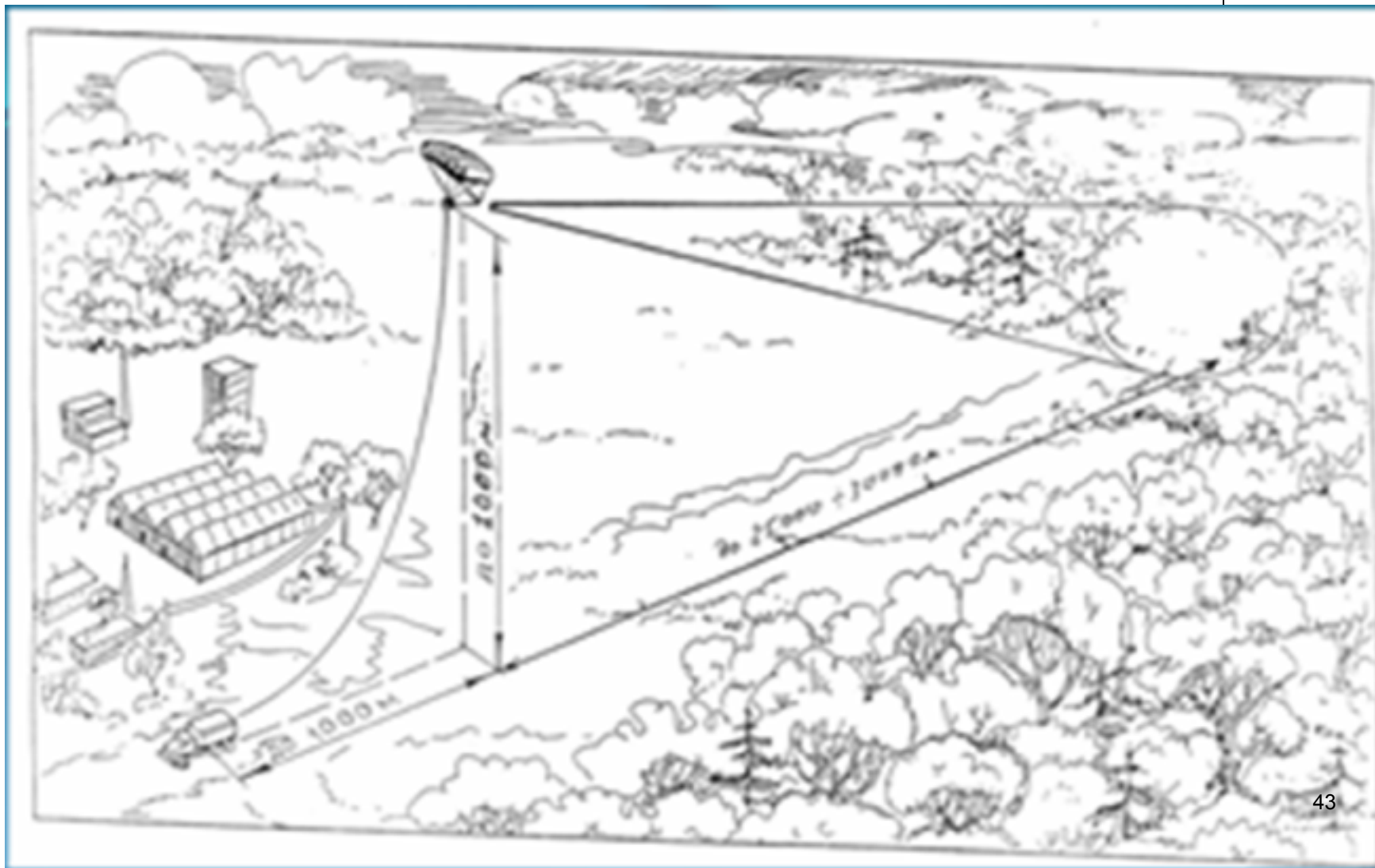
Оценка ущерба от вредных выбросов в пересчете на каждый легковой автомобиль в городе Санкт-Петербург будет:

$$N \approx 12947 \text{ руб./год.}$$

Затраты на разработку ЗСУНВГА одновременно (в течение 1 года) составят: Завт  $\approx 373000$  руб, стоимость 1 комплекта продукта  $10000$  руб, тогда как, за счет ЗСУНВГА компенсация только  $30\%$  от возможного ущерба из-за вредных выбросов в СПб легковых автомобилей и только от  $CO$ , составит  $6$  млрд.руб. ежегодно.

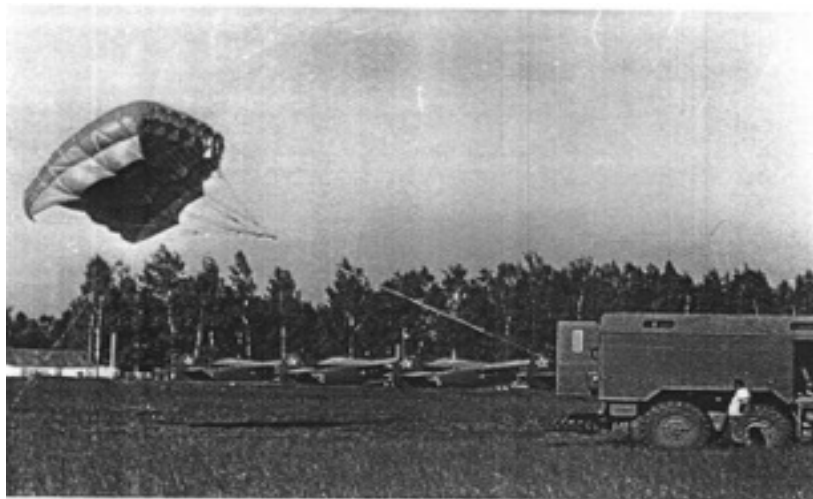
# Элементы Smart Open Eco

## *БПЛА с датчиками ЗВ*

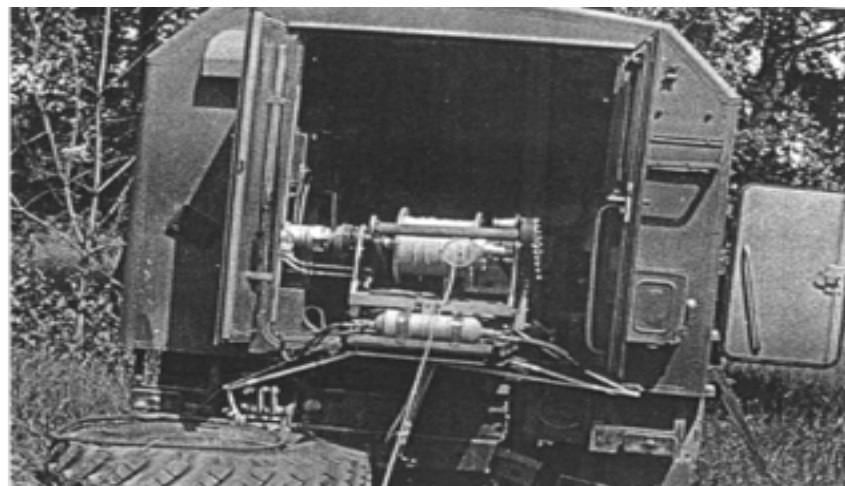


*ЗВ*

*Запуск воздушного змея*



*система подвеса*

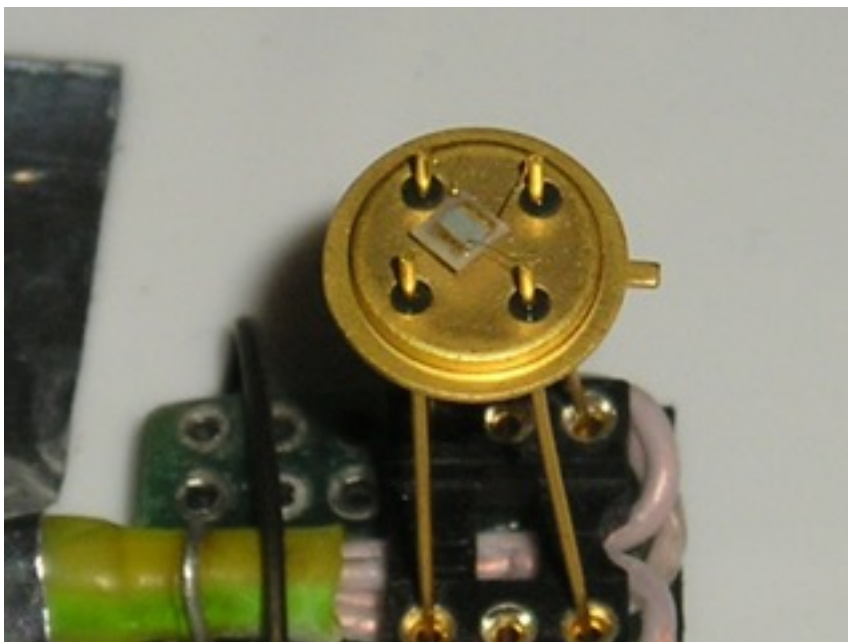


## Элементы Smart Open Eco, Датчики 3В



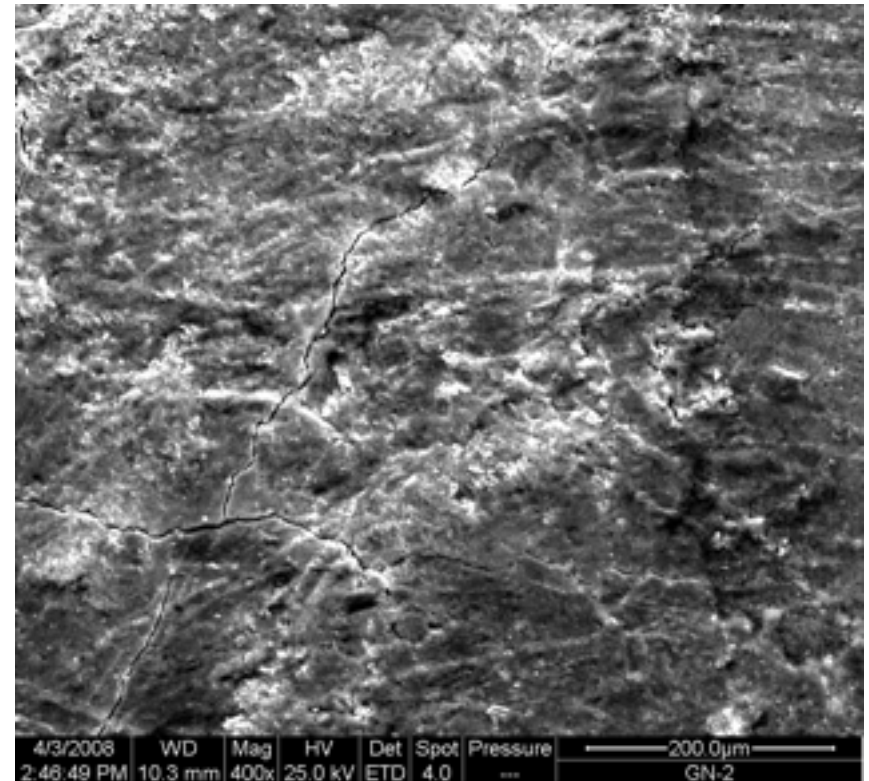
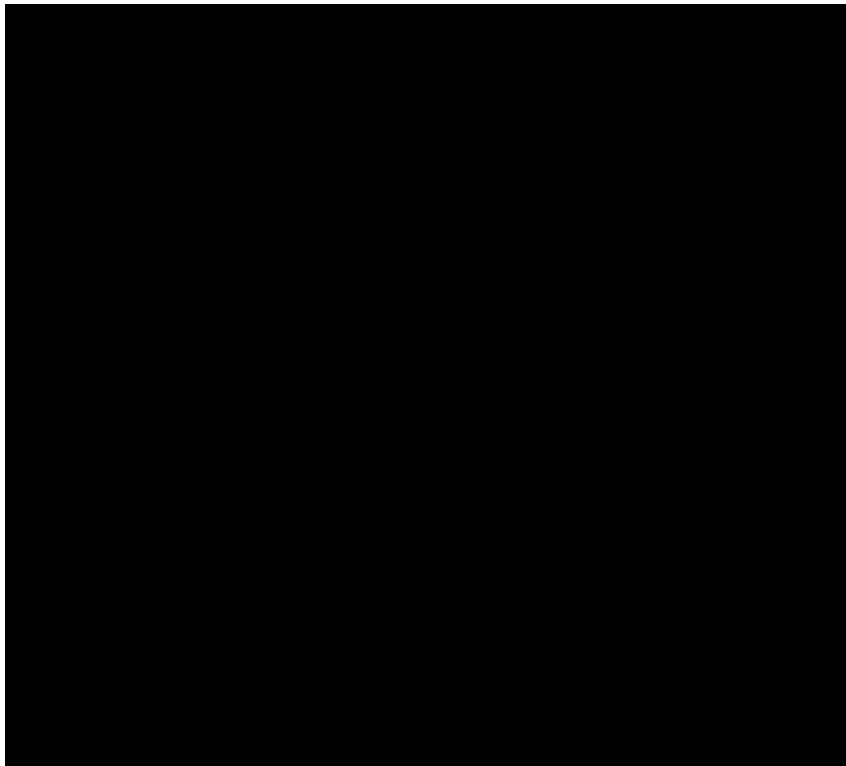
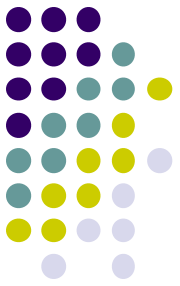
Сенсоры для измерения SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>4</sub> и других низкомолекулярных загрязнений, основанные на нанополупроводниковых компонентах:

- диапазон от 0,5 до 100 ограничений концентрации (ОК);
- чувствительность – меньше чем 0,1 ОК;
- время измерения– не более 5 с.



# Элементы Smart Open Eco, Датчики ЗВ

Поверхность толсто пленочного материала, используемых в сенсорах, на основе нанотехнологий.





# Элементы Smart Open Eco

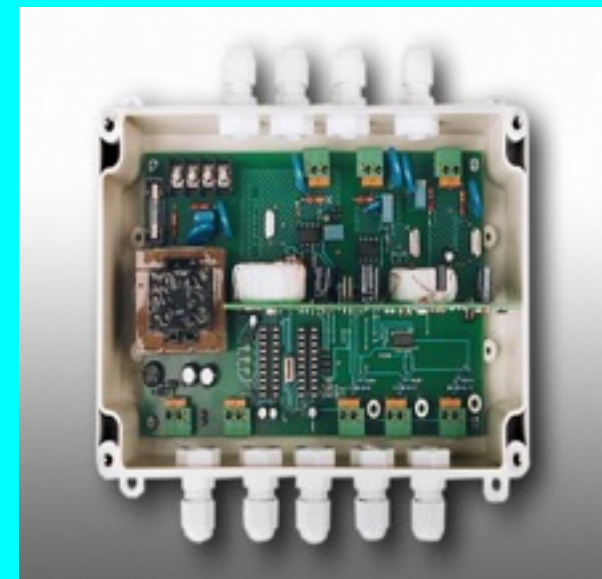
Информационно измерительные системы.  
Производство компании «Пантес»



Измерительное  
устройство с радио  
каналом.



Многоканальное  
измерительное  
устройство



Преобразователь  
первичных сигналов

# Элементы Smart Open Eco

Контроллеры.  
Производство компании «Пантес»



УУ с каналом телеметрии

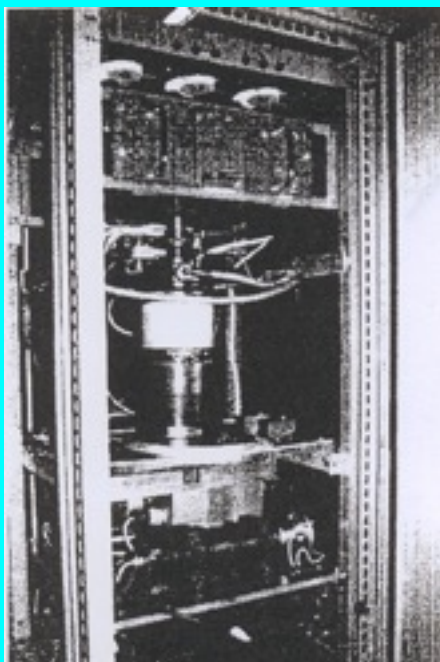


УУ с пневматическими устройствами

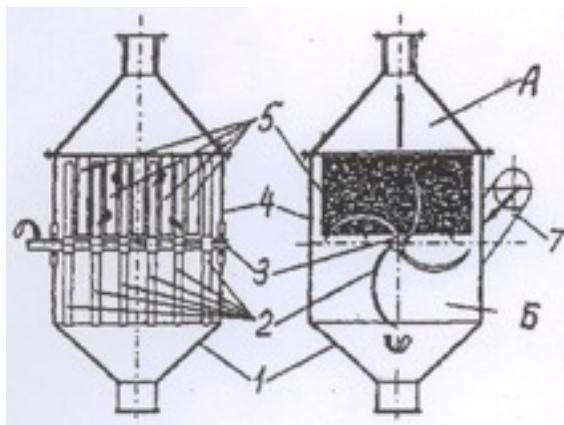


# Элементы Smart Open Eco

## Пылегазоуловители (ПГУ)



Коммутатор ПГУ на основе ЭЛВ 4/40  
Для усилителя на плазменно-пучковом СВЧ-приборе



### Воздушный саморегулируемый ПГУ

1. Бункер
  2. Крыльчатка
  3. Вал
  4. Корпус
  5. Фильтрующие элементы
  7. Подводящий коллектор
- A/ Камера очищенного/  
Б загрязнённого воздуха

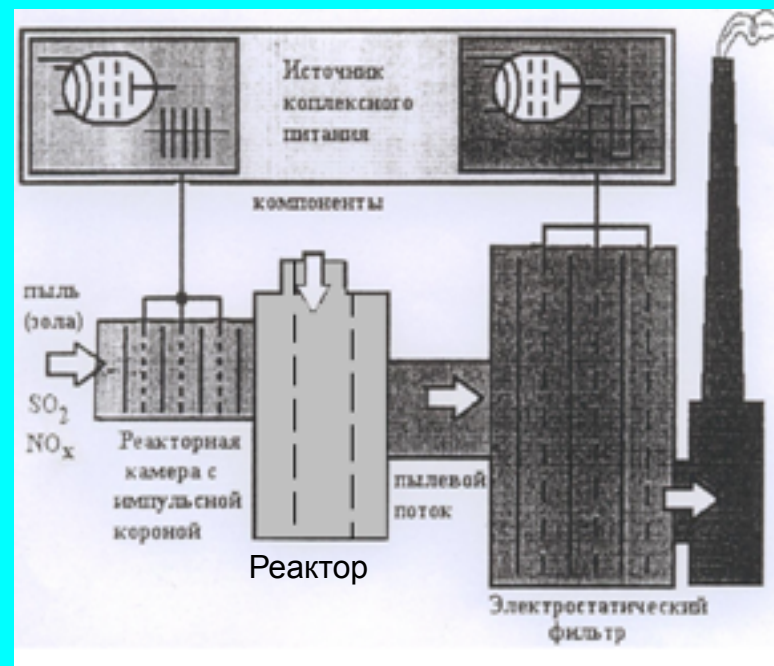


Схема ПГУ для комплексной очистки от газообразных и твёрдых выбросов ТЭС

# Элементы Smart Open Eco

## Агрегат компенсации диоксида серы





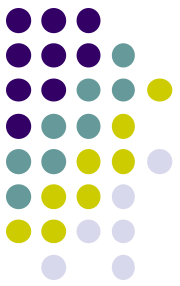
# Элементы Smart Open Eco, очистные агрегаты Сорбенты, имеющие в своей основе Fe-Mn конкреции (ЖМК).

Время жизни 2-3 года

Регенерация – 300\*С

## Удельная поверхность железомарганцевых конкреций и сорбента «Аквамандикс»

Сорбент	Масса навески г	Исходная концентрация (экв/л)	Равновесная концентрация (экв/л)	Удельная поверхность (м2/г)
ЖМК	5	0,01	$2,341 \cdot 10^{-3}$	43,809
Аквамандикс	5	0,002	$1,665 \cdot 10^{-3}$	1,915



На этапе ОКР выполняются для конкретного предприятия- ИЗВ:

- Адаптация к конкретному предприятию –ИЗВ датчиков, очистных агрегатов, контроллеров и другой аппаратуры;
- Разработка аппаратно-программного комплекса (АПК);
- Проведение полунатурного моделирования АПК в условиях приближенных к реальным.
- Проведение испытаний систему управления нейтрализацией выхлопных газов автомобиля в условиях, приближенным к реальным условиям эксплуатации автомобиля

## Апробации, патенты, поддержки:

- ПАТЕНТ № 2351975;
- ПАТЕНТ № 2511776;
- Медаль форума в Шанхае;
- Письма пред. Комитета по экологии Государственной Думы РФ;
- Решение Комитета по природным ресурсам и экологии Ассоциации Северо-Запад;
- Заключение независимой экспертизы



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2351975

**СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ  
АТМОСФЕРУ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОСРЕДСТВОМ  
ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Патентообладатель(и): *Солныцев Ремир Иосифович (RU),  
Коршунов Геннадий Иванович (RU), Грудина Зоя  
Александровна (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2006124948

Приоритет изобретения: **11 июля 2006 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации **10 апреля 2009 г.**

Срок действия патента истекает **11 июля 2026 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Сизомов'.

*Б.Н. Сизомов*





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



# ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2511776

## КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЯ В АТМОСФЕРУ

Изобретение принадлежит *Сольвигисе Ремир Носифович (RU),  
Коршунов Геннадий Иванович (RU)*

Автор(ы) *Сольвигисе Ремир Носифович (RU), Коршунов  
Геннадий Иванович (RU)*

Заявка № 2012143342

Принято изобретение 24 октября 2012 г.

Заявка опубликована в Государственном реестре  
изобретений Российской Федерации 10 февраля 2011 г.

Срок действия патента истекает 24 октября 2032 г.



Директор Федерального агентства  
по интеллектуальной собственности

Б.Н. Соловьев







КОМИТЕТ ПО ЭКОЛОГИИ

Георгийевский пер., д. 2, Москва, 103265

Тел. 692-61-08

Факс 692-60-23

E-mail: ecology@duma.gov.ru

30 октября 2006 г.

№ 3.13-29/541

Губернатору Кемеровской области

**А.Г.ТУЛЕЕВУ**

650099, Кемерово, пр.Советский, д.58

**Уважаемый Аман Гумирович!**

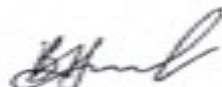
Прошу Вас рассмотреть на предмет непосредственного практического внедрения в Вашем регионе предложение группы российских ученых и инженеров, направленное на принципиальное решение проблемы сокращения сбросов и выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) посредством современных отечественных приборно-программных комплексов и технических агрегатов.

Главным исполнителем предложения является Международный институт инжиниринга в экологии и безопасности жизнедеятельности (МИИЭБЖ), созданный при Санкт-Петербургском Государственном Университете аэрокосмического приборостроения (ГУАП).

Предлагаемое научно-техническое решение существующей проблемы сокращения ЗВ в окружающей среде основано на построении замкнутой системы "Природа-Техногеника" (СПТ). Проект, реализующий это решение является рентабельным, поскольку позволяет, во-первых, снизить сбросы и выбросы ЗВ, особенно стойких органических загрязнителей, в частности, диоксинов, и весьма значительные затраты на компенсацию ЗВ, во-вторых, получать весьма полезные продукты – тепловую энергию, строительные материалы и т.п., в-третьих, разработанная и реализованная система позволит наиболее экономично, менее опасно проводить любые (как плановые так и аварийные) остановки без увеличения вредных сбросов и выбросов ЗВ.

В качестве первого шага предлагаем рассмотреть пилотный проект замкнутой СПТ воздушной среды, которая построена на современной приборно-программной и математическо-модельной базе в соединении с технологическими модулями. Это позволит реально управлять природоохраняющими процессами в Вашем регионе, принципиально снизить уровень ЗВ в нем не снижая количества и качества основной продукции предприятий – источников ЗВ.

Председатель Комитета



В.А.Грачев

Примечание 3

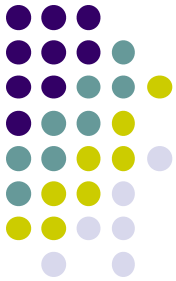
## Решение

### Комитета по природным ресурсам и экологии Ассоциации «Северо-Запад».

Заслушав и обсудив сообщение директора МИИЭБЖ профессора Сольничева Р.И. на тему «создание замкнутых систем управления (ЗСУ) «Природа-Техногеника», Комитет по природным ресурсам и экологии Ассоциации «Северо-Запад» решает:

1. одобрить и поддержать предложенную концепцию, принципы построения, структурные решения и технические предложения по реализации ЗСУ «Природа-Техногеника»;
2. рекомендовать при исполнении нормативно-правовых документов в соответствии с международными нормами управления окружающей средой ГОСТ Р ИСО 14000 применение концепции ЗСУ «Природа-Техногеника»;
3. поддержать представление инновационного проекта создания ЗСУ «Природа-Техногеника» в Администрацию Правительства Российской Федерации, правительственные учреждения, а также в профильные учреждения;
4. обратиться к структурам власти федерального и регионального уровней о долевом участии финансовой и организационной поддержки совместно с инвесторами в реализации пилотного проекта создания ЗСУ «Природа-Техногеника»;
5. обратиться к правительству Российской Федерации с предложением о включении проекта ЗСУ «Природа-Техногеника» в профильную Федеральную Программу;
6. обратиться к правительствам регионов Российской Федерации об оказании административной поддержки по выбору первоочередных объектов внедрения для реализации проекта ЗСУ «Природа-Техногеника».

Председатель Комитета \_\_\_\_\_ ( )



# ПРИЛОЖЕНИЕ 1. АППРОБАЦИИ И ПОДДЕРЖКИ

Федеральное агентство по науке и инновациям  
Санкт-Петербургское отделение федерального государственного учреждения «Научно-исследовательский институт — Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»

СПБО ФГУ НИИ РИНКЦЭ



Россия 190000 Санкт-Петербург улица Большая Морская дом 67

Тел: (812)494-7087 факс 710-6510

ОКАТО 40262563000 ИНН 7701005793 КПП 783802001 ОГРН 1037739500479

E-mail: [spbo@vektech.ru](mailto:spbo@vektech.ru)

Санкт-Петербург

Двенадцатого апреля две тысячи седьмого года

## Заключение

независимой государственной экспертизы об инновационном проекте  
«Создание замкнутой системы управления «Природа-техногеника» (ЗСУПТ)»

### 1. Актуальность

Проблема распространения загрязняющих веществ (ЗВ), обусловленных технологиями получения энергии, тепла и промышленной продукции по-прежнему остро стоит как перед государственными органами «ПриродНадзора», так и перед научно-исследовательскими, проектными и производственными предприятиями.

Предлагаемый пилотный проект содержит решения проблемы минимизации ЗВ в выбросах предприятия-источника путем построения замкнутой системы автоматического управления, которая названа ЗСУПТ.

ЗСУПТ включает измерительные, усилительно-преобразующие и исполнительные устройства для непрерывного процесса регулирования параметров исполнительного устройства. Целью создания ЗСУПТ является минимизация выбросов и сбросов ЗВ от предприятия-источника.

Создание такой системы представляется весьма актуальным.

### 2. Краткая характеристика положения в данной области

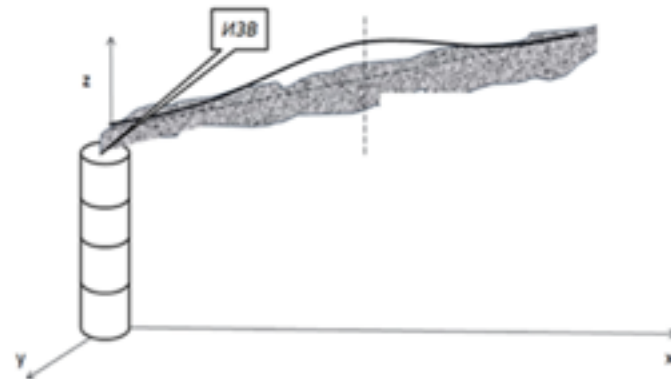
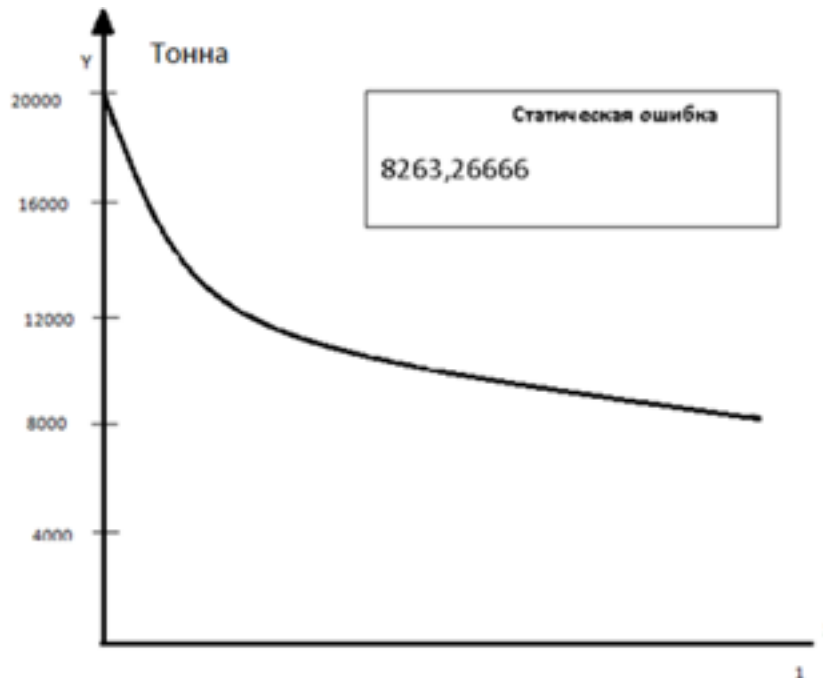
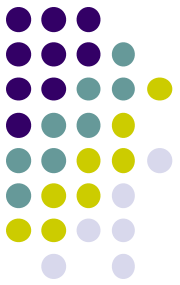
В настоящее время разработаны и серийно выпускаются измерительные устройства и агрегаты для очистки воздуха, газовых выбросов и сточных вод от ЗВ, опасных для человека и окружающей среды. Однако нерешенными проблемами пока остаются недостаточная эффективность очистки вредных выбросов и сбросов

## Пример 1, иллюстрирующий принцип Smart Open Eco

$$\frac{dy}{dt} = K_1 * x - K_2 * y$$

$$y = \left( y_0 - \frac{K_1}{K_2} * x \right) * e^{-K_2 t} + \frac{K_1}{K_2} * x$$

$x$  – количество топлива  
 $y$  – концентрация загрязняющих веществ  
 $K_1$  – коэффициент пропорциональности  
 $K_2$  – коэффициент, определяющий природные факторы, снижающие концентрацию

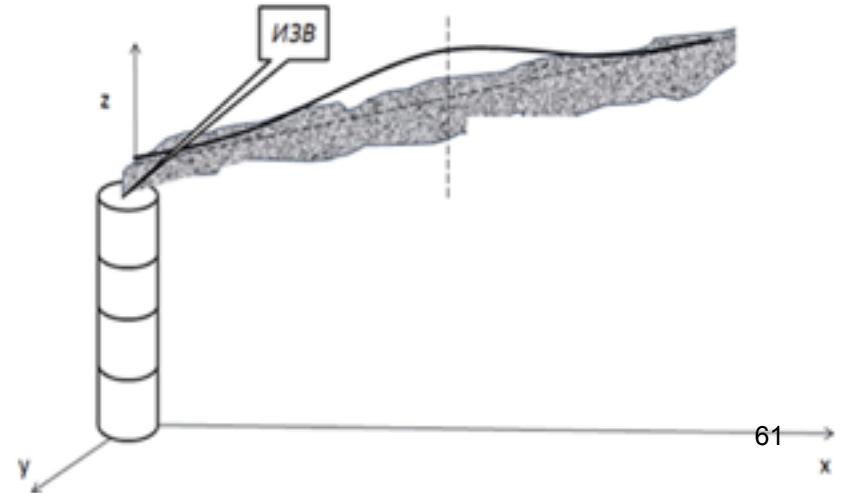
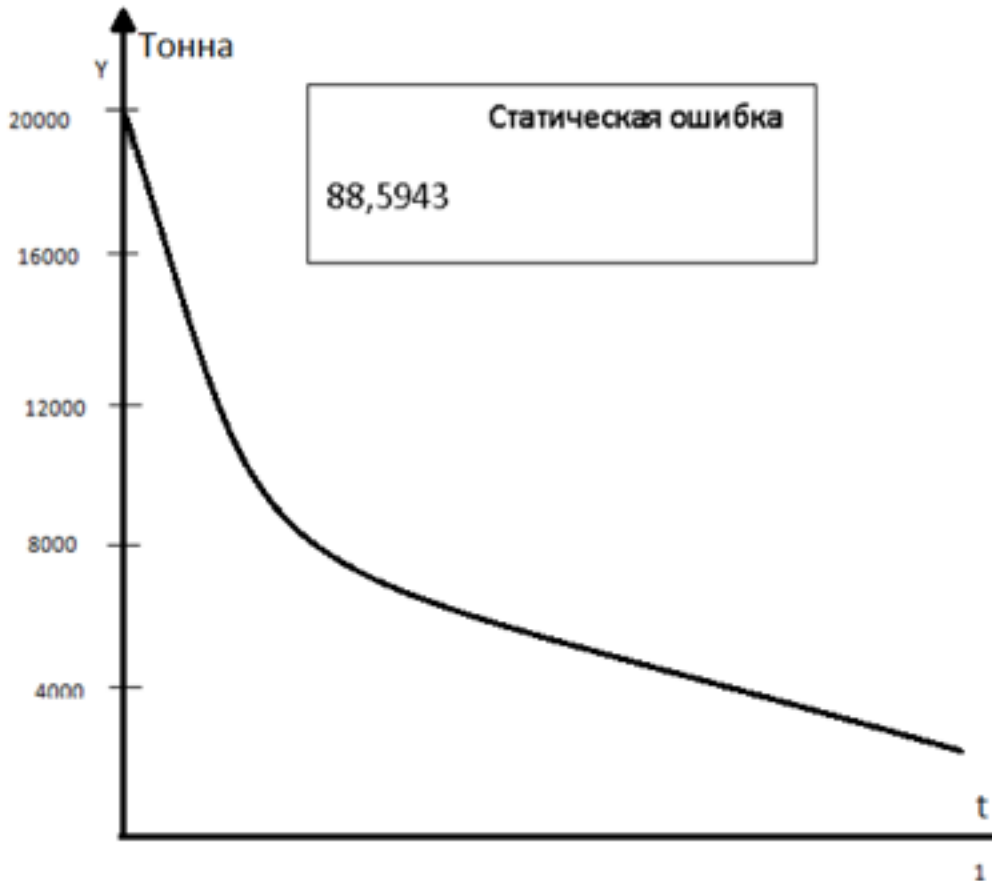
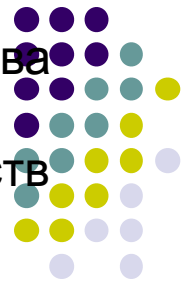


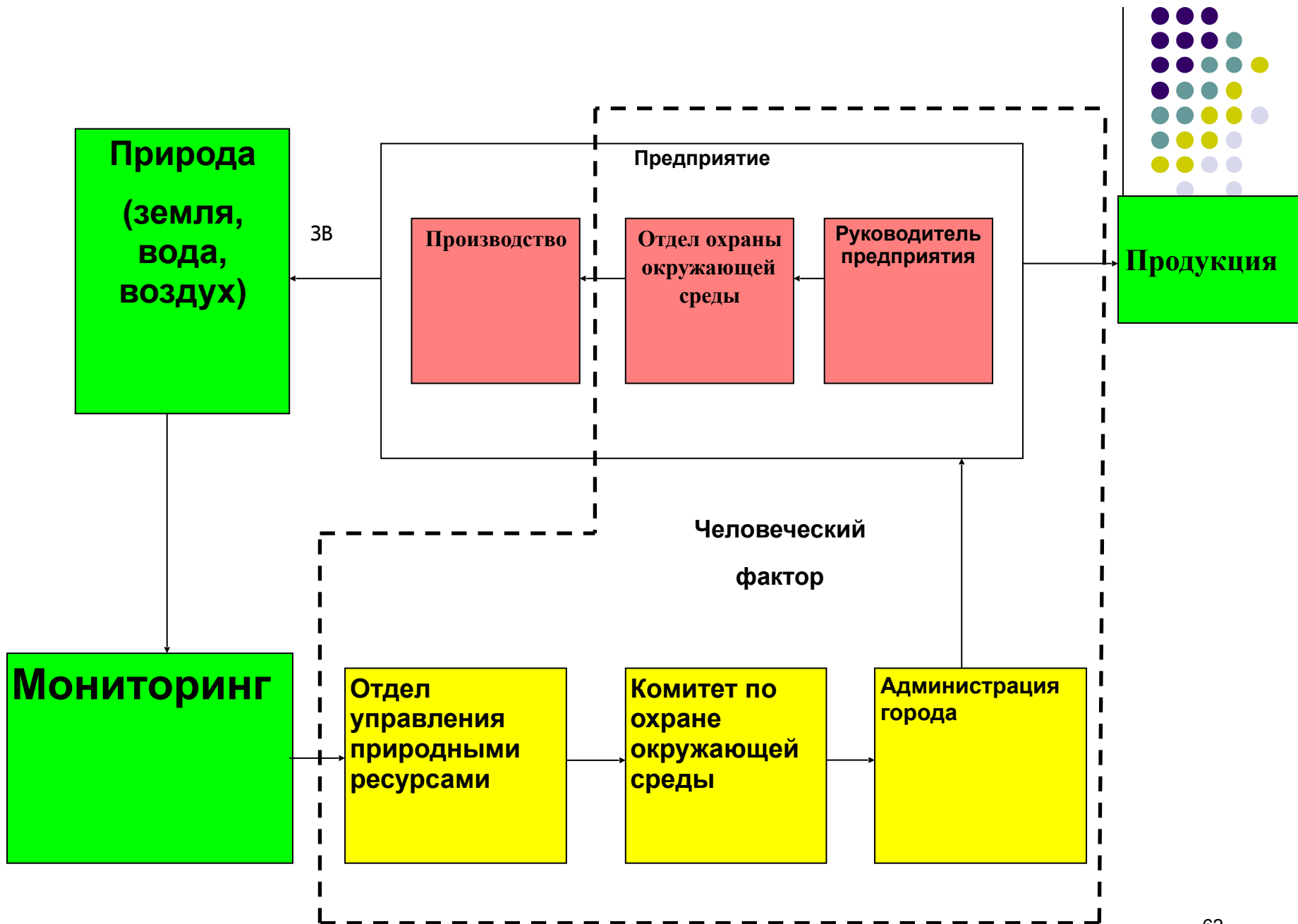
## Продолжение примера 1

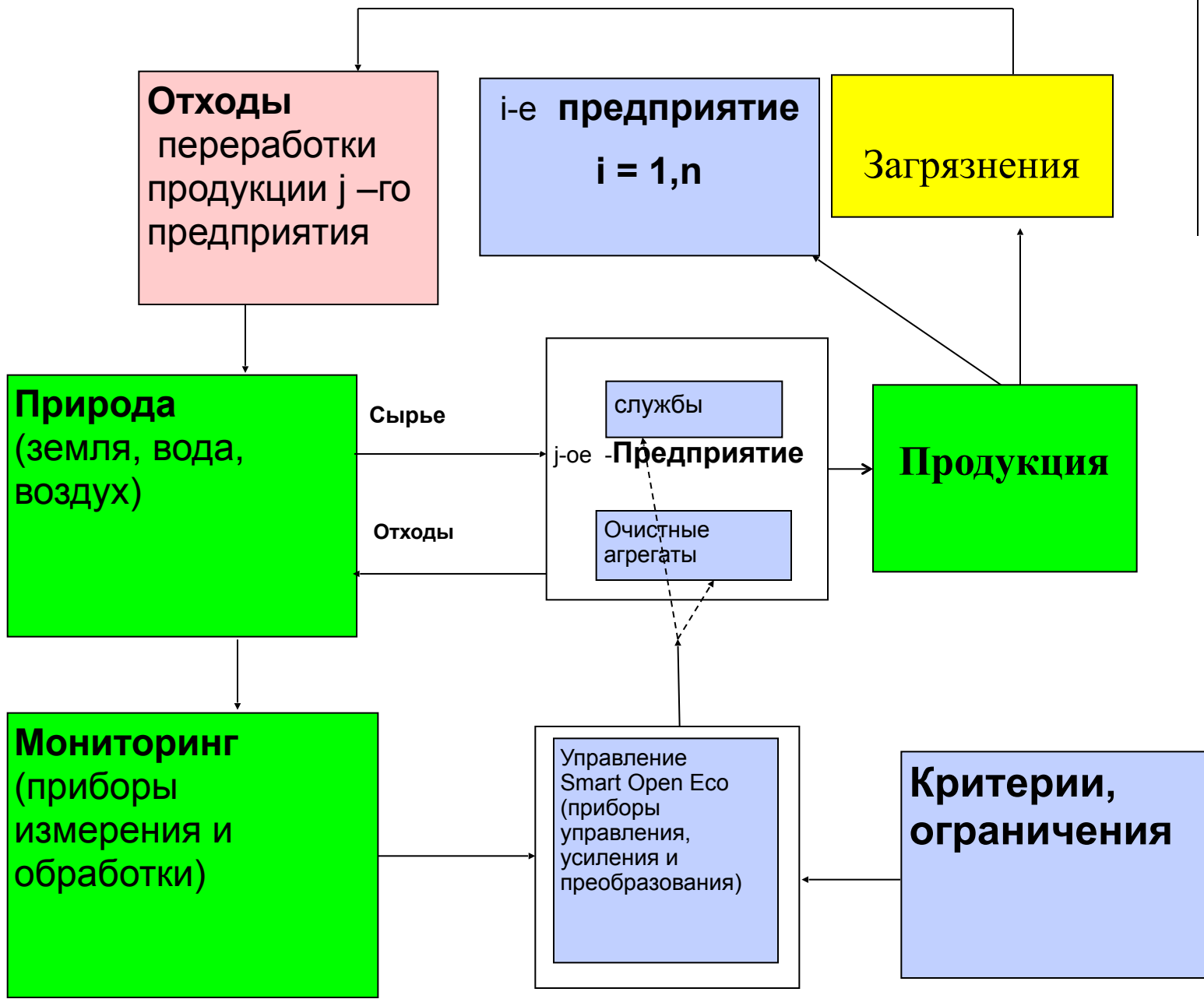
$$\frac{dy}{dt} = K_1 * x - K_2 * y - K_3 * y$$

$$y = \left( y_0 - \frac{K_1}{K_2 + K_3} * x \right) * e^{-(K_2 + K_3) * \tau} + \frac{K_1}{K_2 + K_3} * x$$

x – количество топлива  
y – концентрация  
загрязняющих веществ  
K<sub>1</sub> – коэффициент  
пропорциональности  
K<sub>2</sub> – коэффициент,  
определяющий  
природные факторы,  
снижающие  
концентрацию  
K<sub>3</sub> – коэффициент  
позиционного  
управления



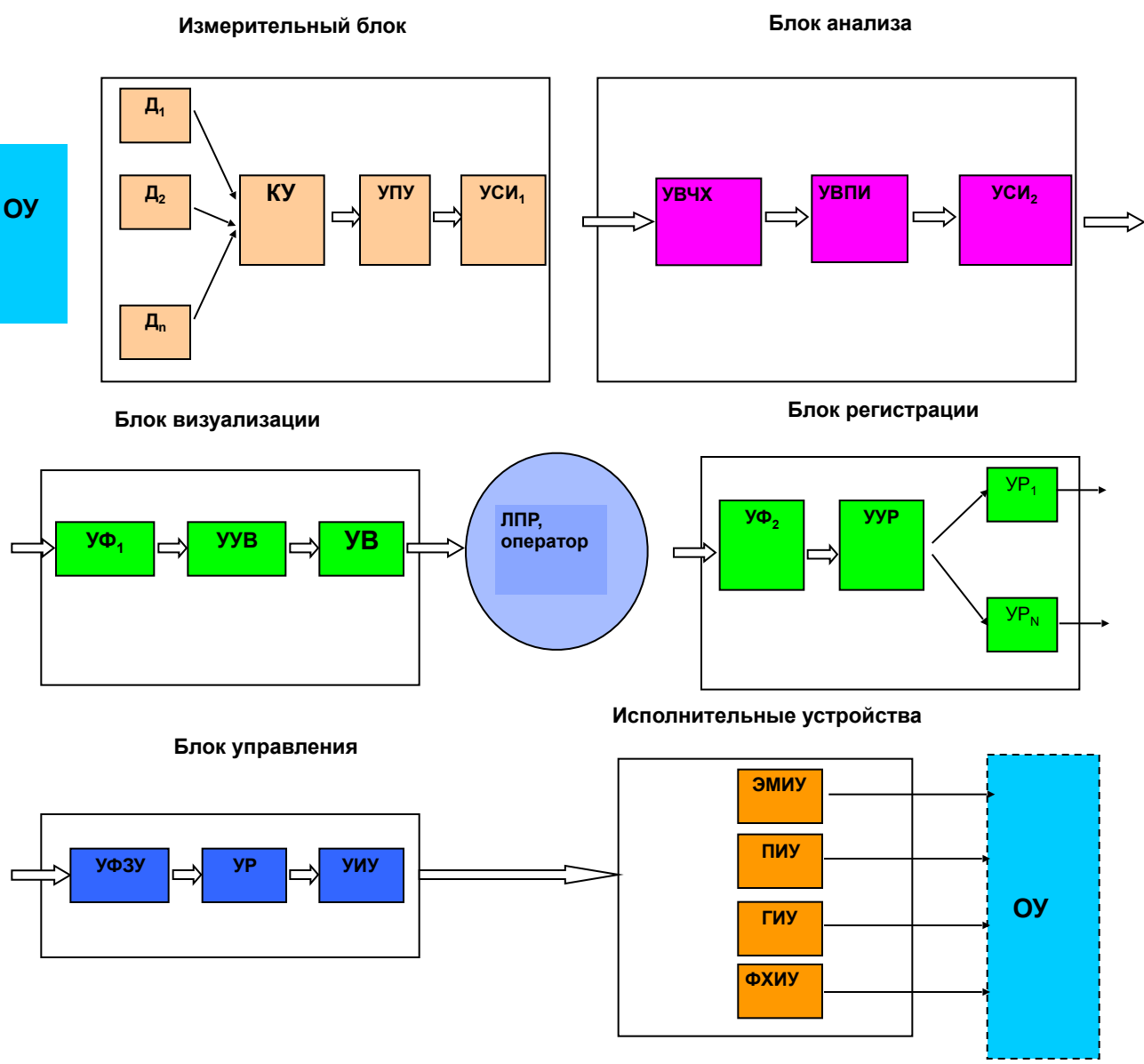








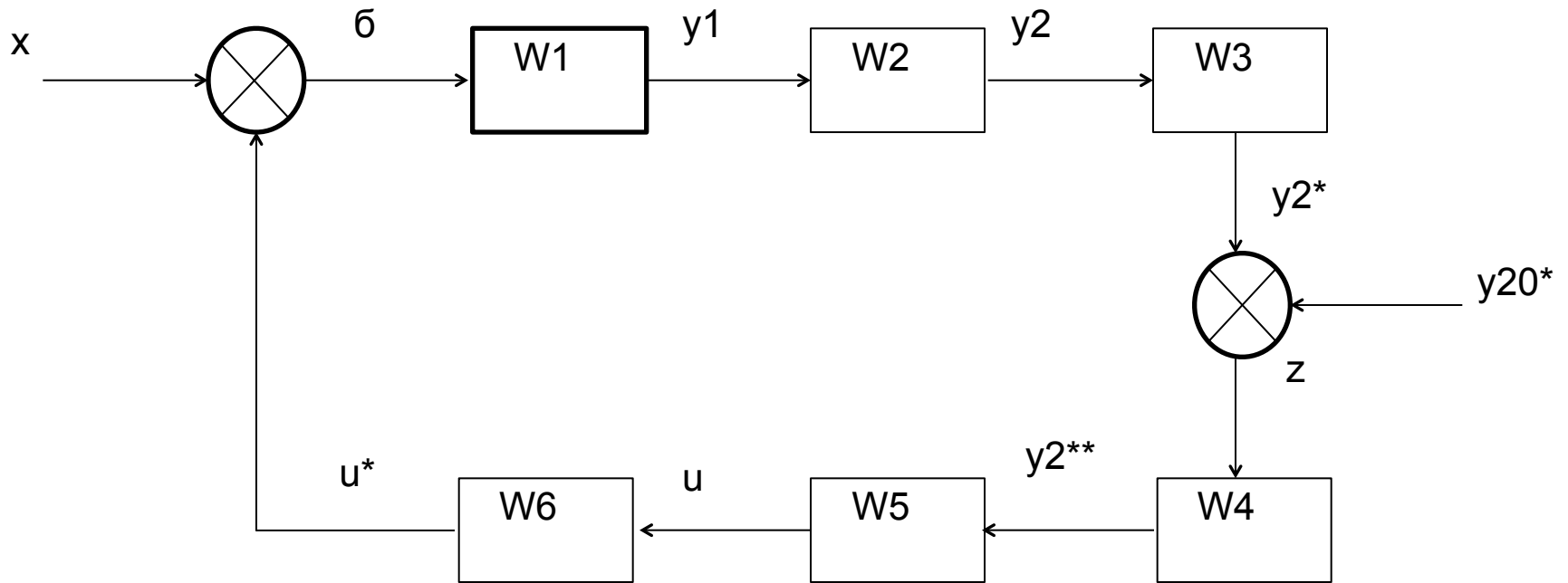
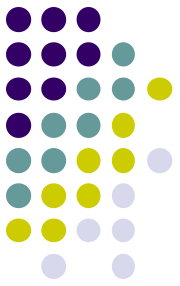
ОУ



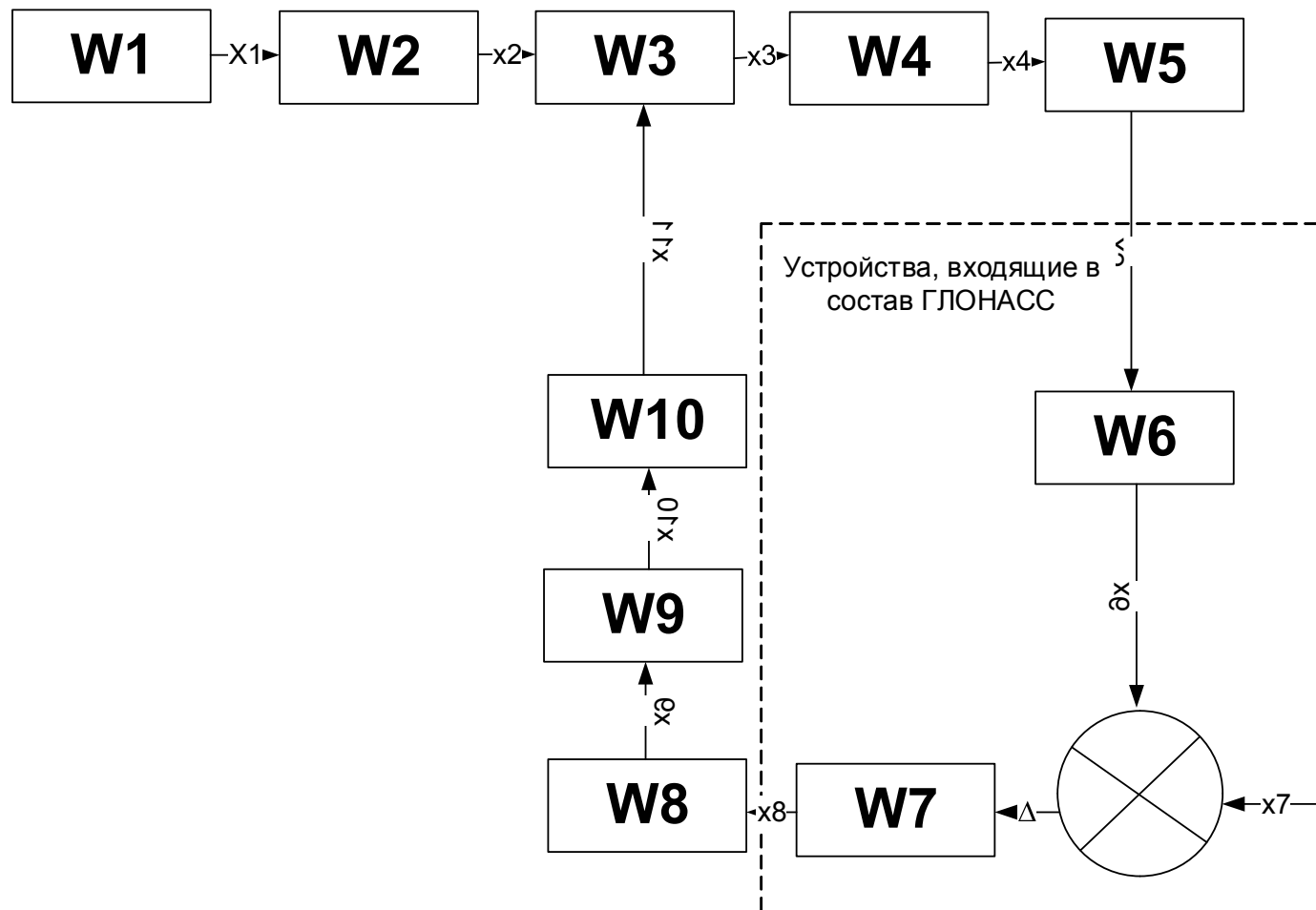
$D_i, i=1, N$  – датчики информации по ЗВ  
 КУ – коммутирующие устройства  
 УПУ – усилительно-преобразующие устройства  
 УСИ – устройства сжатия информации  
 УВЧХ – устройства вычисления частотных характеристик  
 УВПИ – устройства выбора предпочтительной информации  
 УФ – устройства формирования  
 УУВ – устройства управления визуализацией  
 УВ – устройства визуализации  
 УУР – устройства управления регистраторами  
 УР $i, i=1, N$  – устройства регистрации  
 УФЗУ – устройства формирования закона управления  
 УР – устройства регулирования  
 УИУ – управление исполнительными устройствами  
 ЭМИУ, ПИУ, ГИУ, ФХИУ – электромеханические, пневматические, гидравлические, физико-химические исполнительные устройства  
 ОУ – объект управления



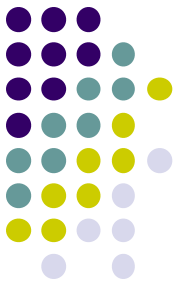
# Структурная схема Smart Open Eco, как САУ (стационарный источник 3В)



# Структурная схема Smart Open Eco, как САУ (подвижной источник 3В)



## Суммарные концентрации



$$C_{\Sigma}^1 = C^1 + C_{вн}^1 + C_{тр}^1$$

$$C_{\Sigma}^2 = C^2 + C_{вн}^2 + C_{тр}^2$$

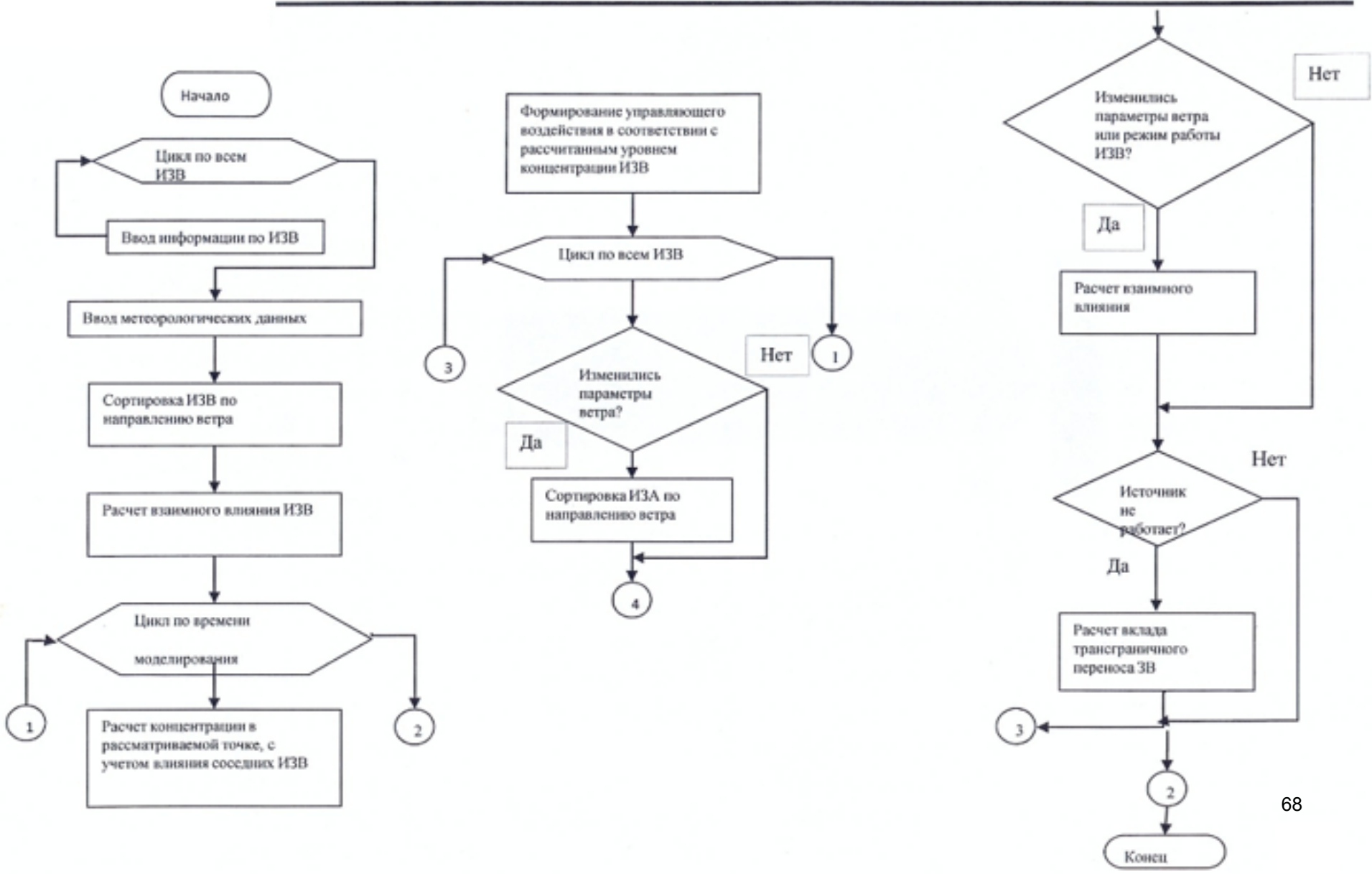
---

$$C_{\Sigma}^i = C^i + C_{вн}^i + C_{тр}^i$$

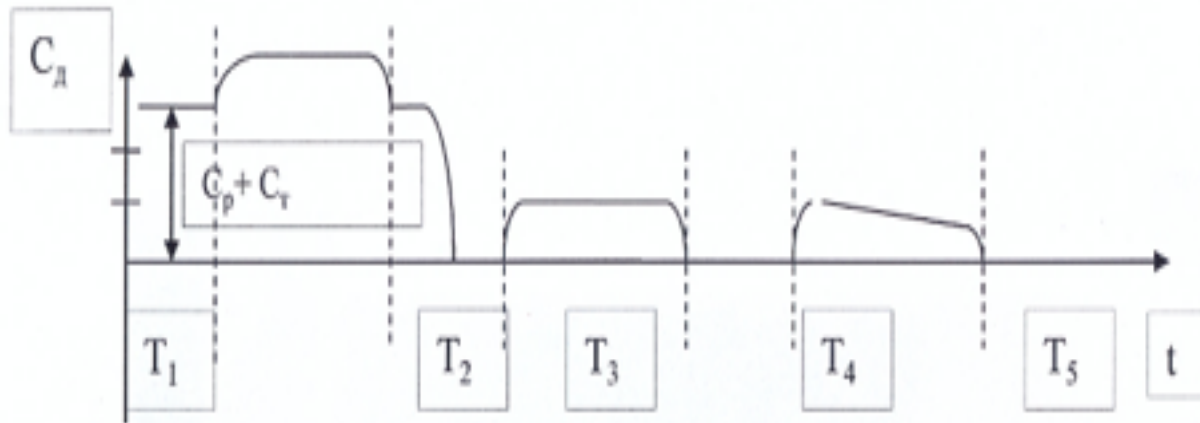
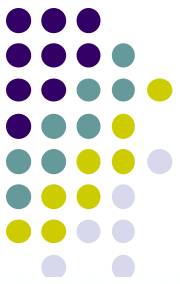
---

$$C_{\Sigma}^N = C^N + C_{вн}^N + C_{тр}^N$$

# Алгоритм учета взаимного влияния «соседних» источников ЗВ



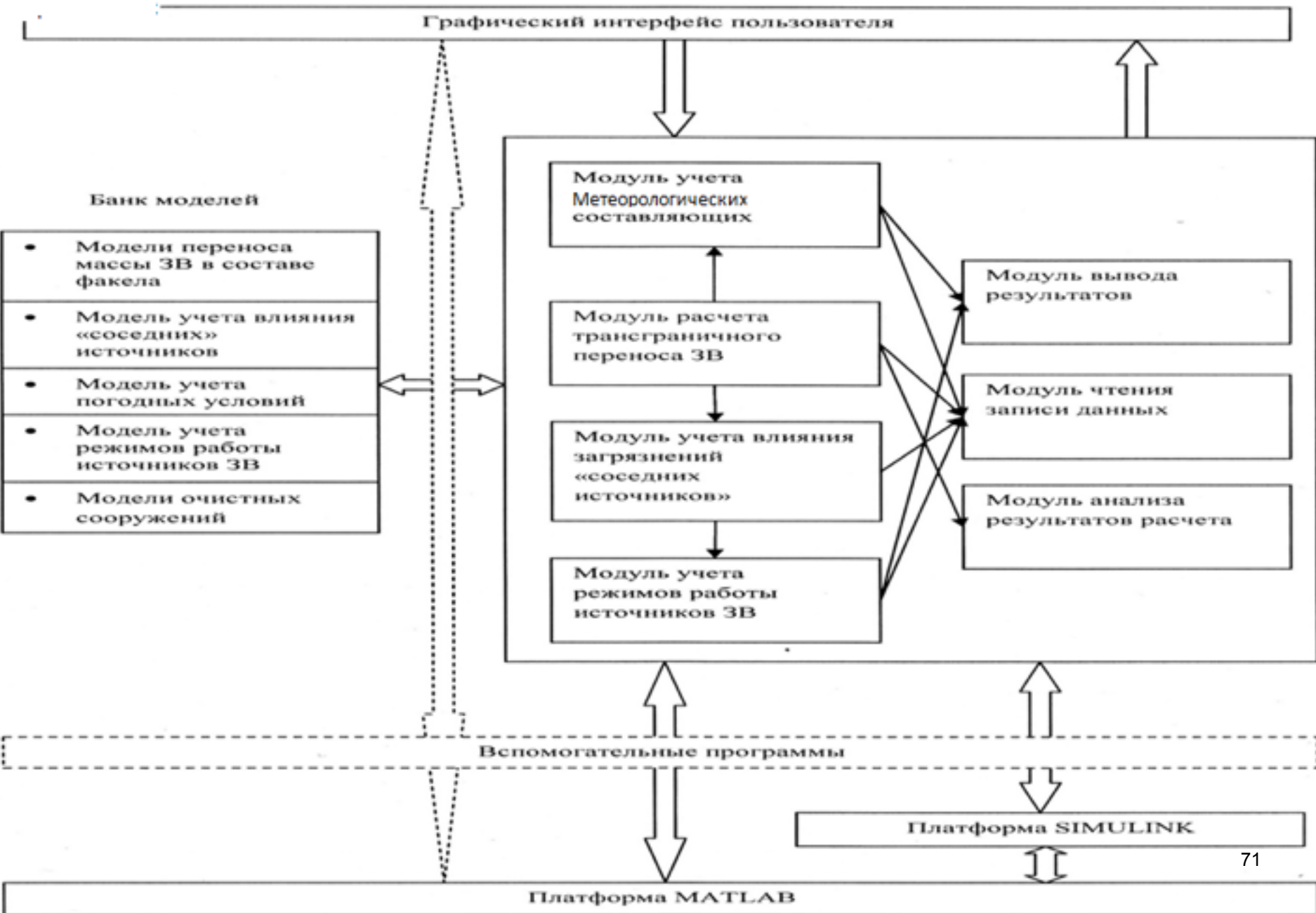
# Временная диаграмма работы Smart Open Eco с учетом трансграничного переноса ЗВ



$C_d$  – концентрация ЗВ, фиксированная на датчике ИЗВ;  $t$ -время,  
 $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$ ,- промежутки времени, соответствующие операциям алгоритма;  $C_p$  –концентрация влияния рассматриваемых источников;  $C_T$  – значение концентрации ЗВ от трансграничного переноса ЗВ;

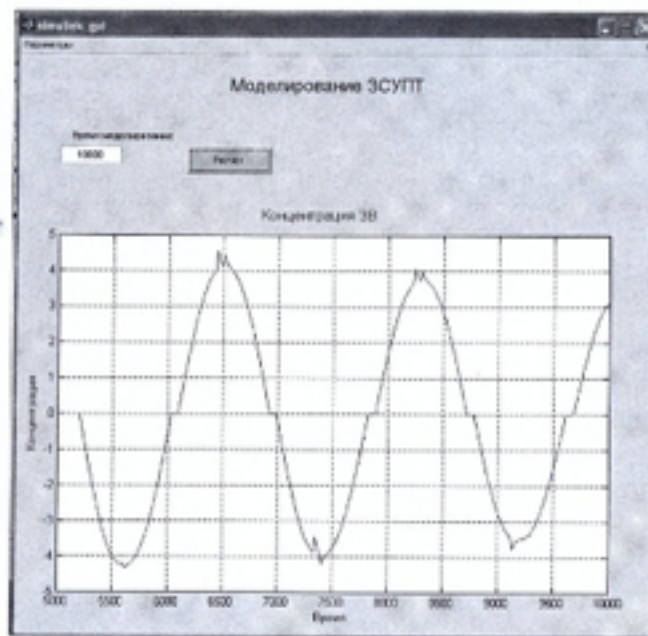
# САПР ЗСУПТ



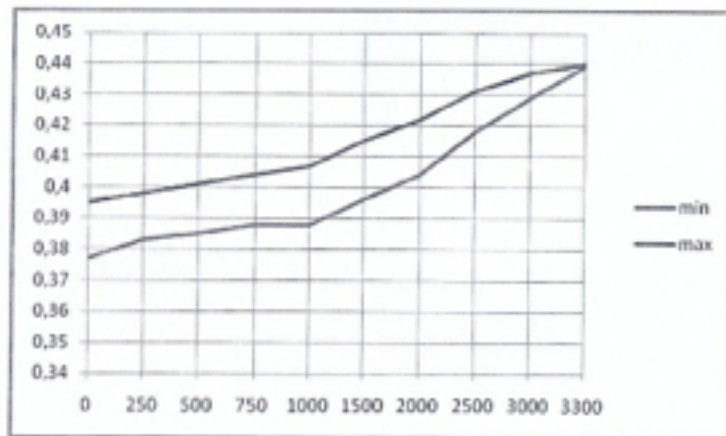




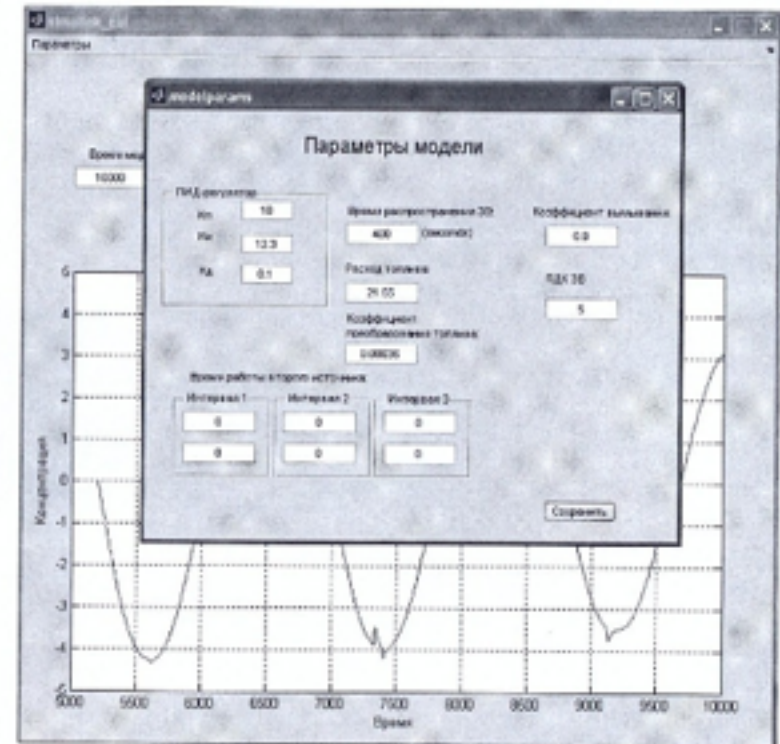
# Примеры использования подсистемы САПР ЗСУПТ



Пример работы подсистемы САПР ЗСУПТ в случае учета взаимного влияния соседних ИСТОЧНИКОВ.



Результатирующее Д – разбиение (параметры ПИД-регулятора  $K_d$  и  $K_i$ )



Пример работы подсистемы САПР ЗСУПТ в случае учета взаимного влияния соседних источников.





- Метеорологическая поддержка (МетП) Smart Open Eco, в том числе:
  1. Учёт вымывания осадками, сухого осаждения и химических нейтрализаций ЗВ;
  2. Формирование, обработка и интерфейсы блоков метеорологической поддержки Smart Open Eco;
  3. Результаты обработки метеоданных в Smart Open Eco.



$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\Lambda c, \quad \Lambda = A \left( \frac{R_p}{F} \right)^B$$

$A$  и  $B$  эмпирические константы;  
 $R$  – интенсивность осадков,  
 $F$  – «площадь» осадков.

$$\frac{Q_i^*(L_{ij}, p)}{C_j(\xi, \eta, \zeta, p)} = \frac{K_{i1}^*}{V_{ij}} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{(p+k_2^*) \cdot L_{ij}}{V_{ij}}} \right)$$

При известных параметрах эффективности работы очистных сооружений  $K_{ос}$  и отсутствии химических реакций, коэффициент  $k_2^*$  – рассчитывается как сумма

$\Lambda_{\text{вымывания}}$  и  $K_{ос}$ .

## Расчет коэффициента вымывания ЗВ осадками

Входные данные:

Интенсивность осадков – 5 мм/ч.

Коэффициенты вымывания –

$A_n (10^{-4}) = 0,84, B_n = 0,79;$

$A_{обл.} (10^{-4}) = 3,36 B_{обл.} = 0,79.$

$F=1$

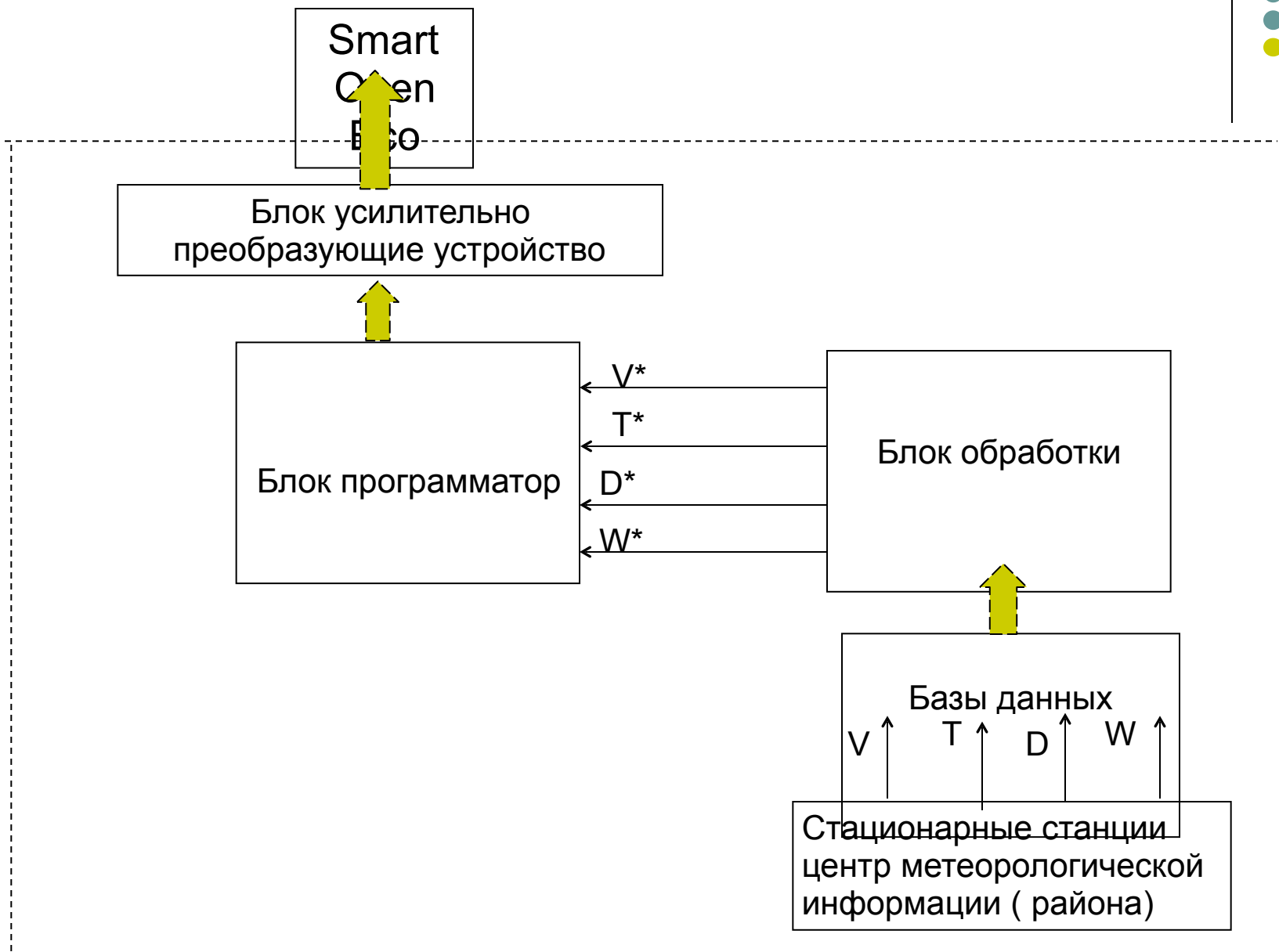
$$\Lambda_{\text{вымывания}} = \Lambda_{обл.} + \Lambda_n.$$

$$\Lambda_{обл.} = A \left( \frac{R_p}{F} \right)^B = 3,36 * 10^{-4} * \left( \frac{5}{1} \right)^{0,79} = 11,98 * 10^{-4}$$

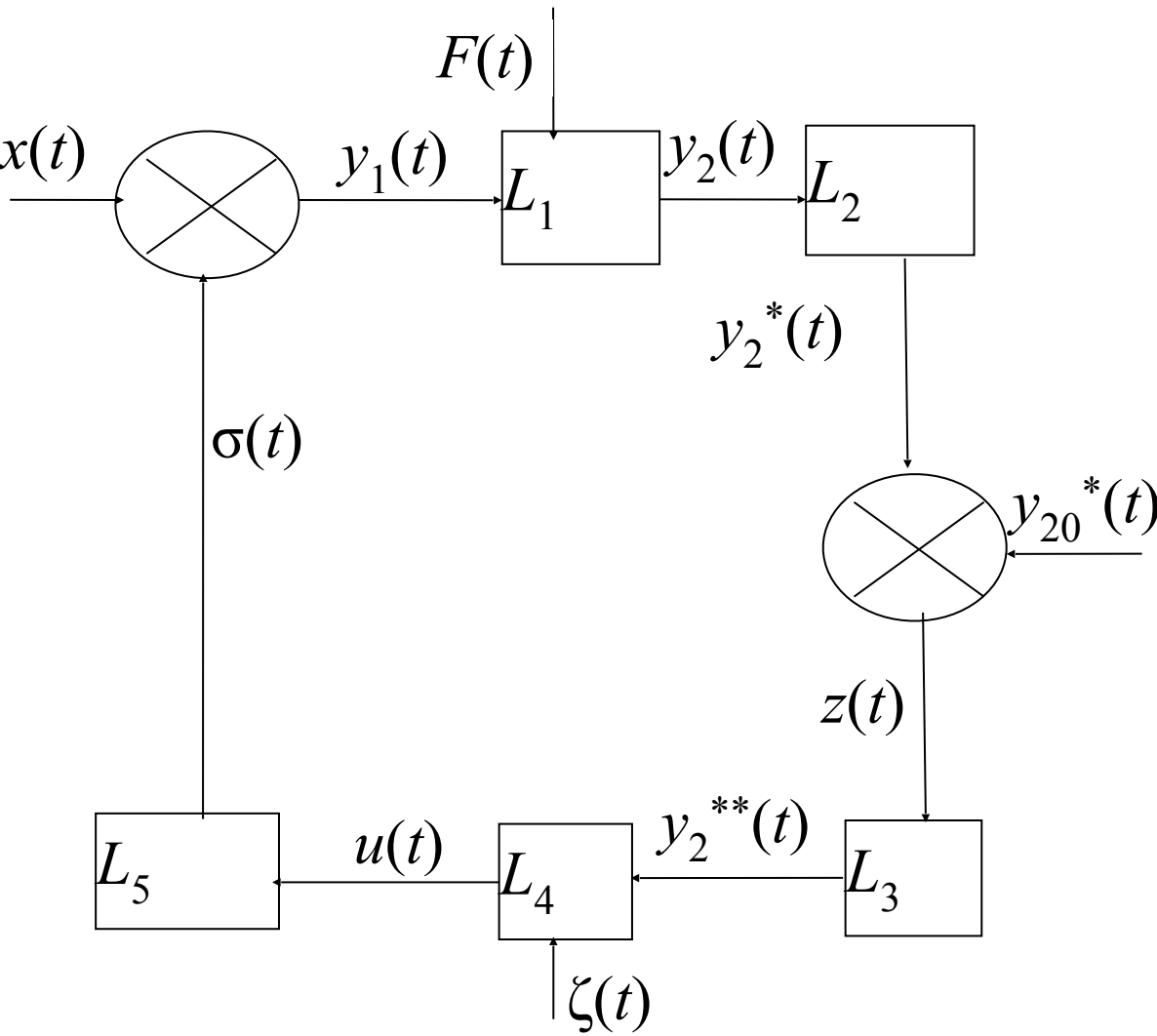
$$\Lambda_n = 0,84 * 10^{-4} * \left( \frac{5}{1} \right)^{0,79} = 2,99 * 10^{-4}$$

$$\Lambda_{\text{вымывания}} = 1,49 * 10^{-3}$$

# Схема обработки и передачи метеорологической информации в Smart Open Eco

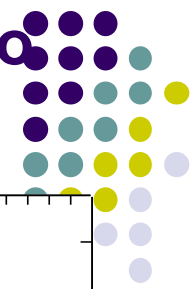


# Структурная схема Smart Open ESO как САУ

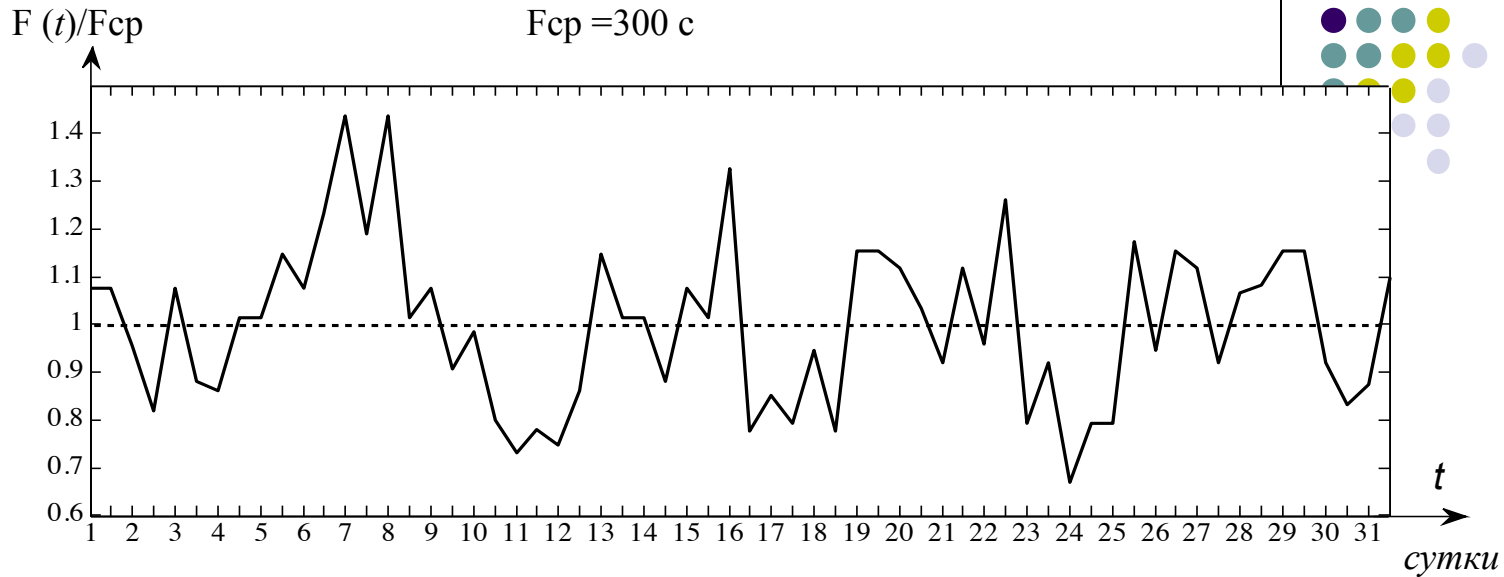


- $L_1$  – переноса ЗВ от источника ЗВ до точки измерения параметров,
- $L_2$  – измерительного устройства (датчика),
- $L_3$  – устройства преобразования данных измерения,
- $L_4$  – устройства управления (регулятора),
- $L_5$  – агрегата отчистка совместно с исполнительным устройством,
- $x(t)$  – возмущающее воздействие (компенсируемая составляющая топливных газов),
- $F(t)$  – параметрические воздействия под влиянием метеорологических возмущающий,
- $\zeta(t)$  – сигнал управления автоподстройкой,
- $y_1$  – рассогласование,
- $y_2$  – измеряемая величина концентрации ЗВ,
- $y_2^*$  – результат измерения концентрации ЗВ,
- $y_{20}^*$  – допустимая величина концентрации ЗВ ( $y_2^*$ ),
- $z(t)$  – величина отклонения ,
- $y_2^{**}(t)$  – преобразованный сигнал,
- $u(t)$  – сигнал управления,
- $\sigma(t)$  – сигнал компенсации возмущения.
- $K_{\text{И}}(\zeta)$  – коэффициент передачи интегрирующего звена в ПИД – регуляторе.

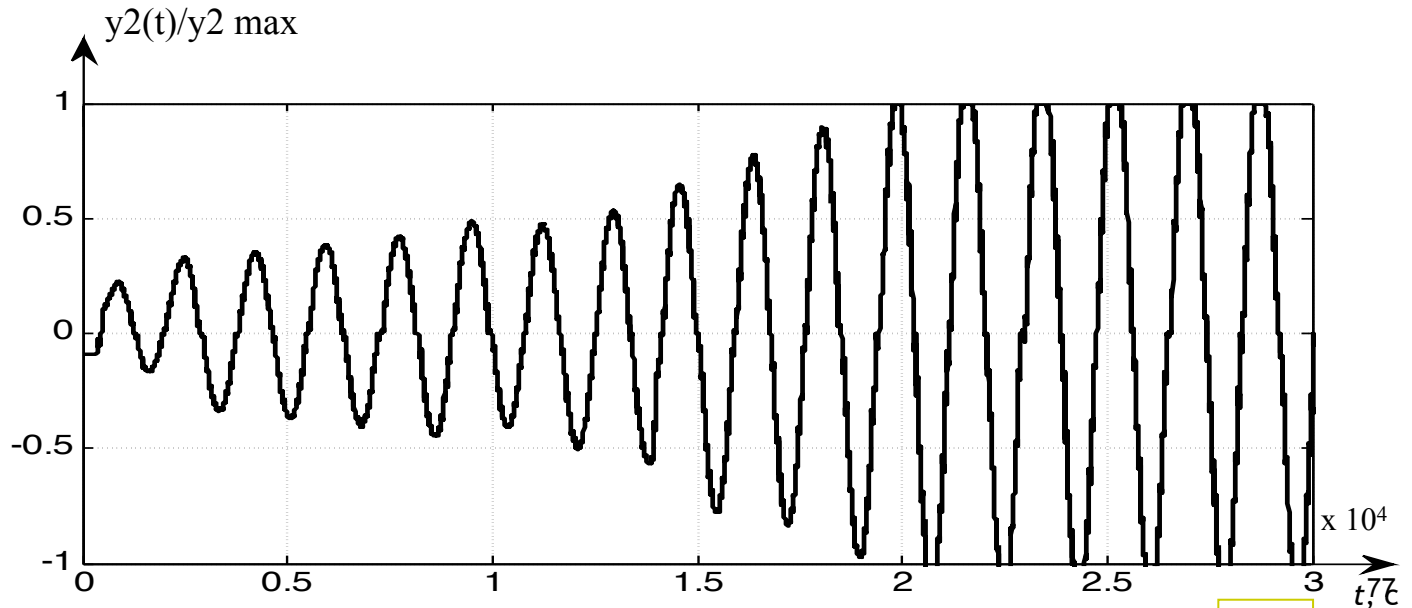
# Результаты тестирования МетП Smart Open Eco



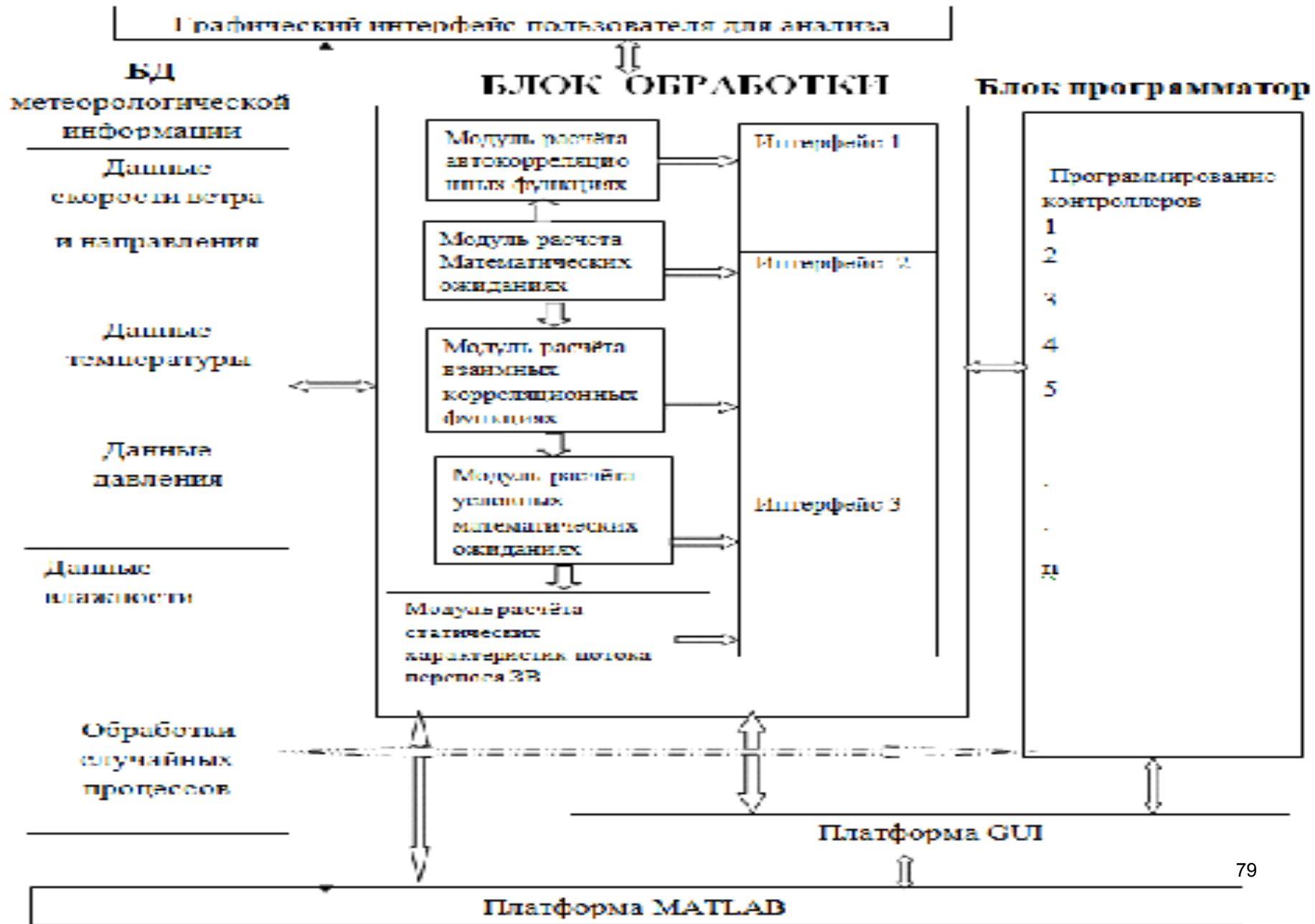
Возмущающее  
воздействие от  
метеорологического  
влияния на  
Smart Open Eco.



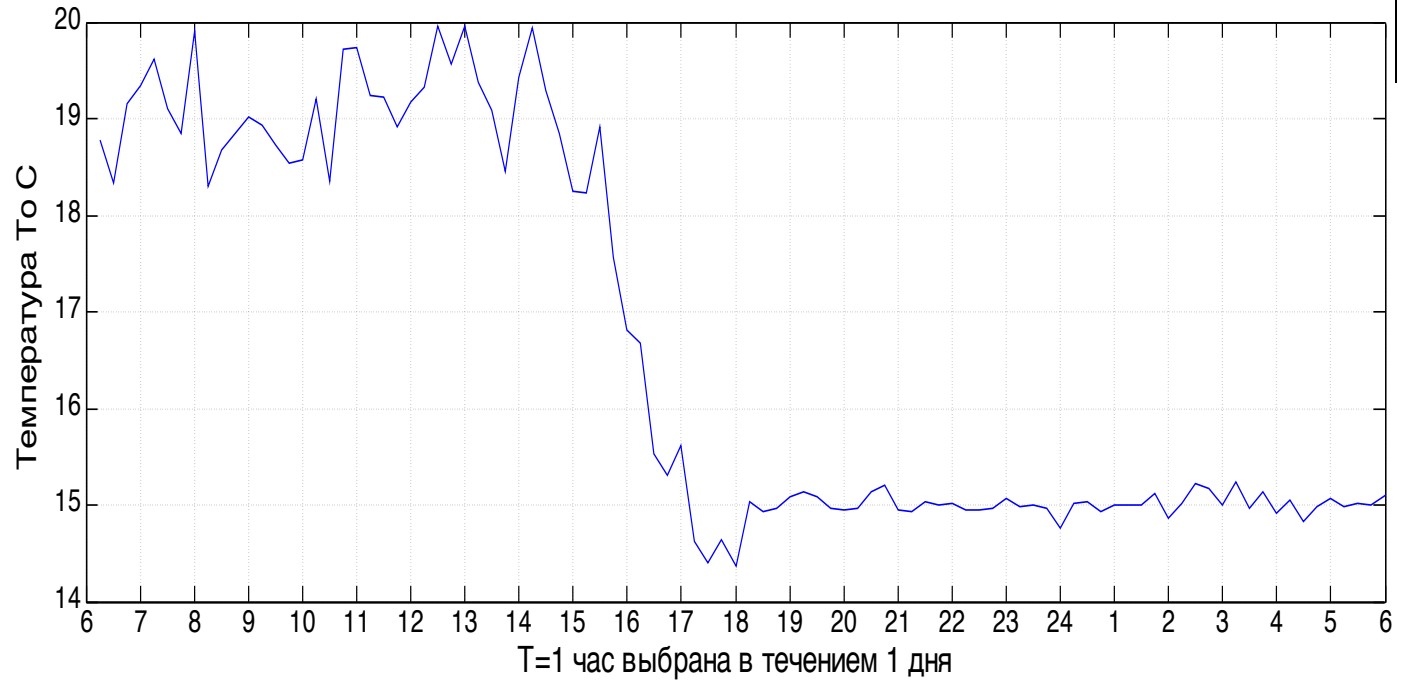
Результат  
тестирования МетП  
Smart Open Eco при  
ступенчатом на  
входе Smart Open  
Eco  $\tau=300\text{с}$  и без  
автоподстройки  
ПИД – регулятора.





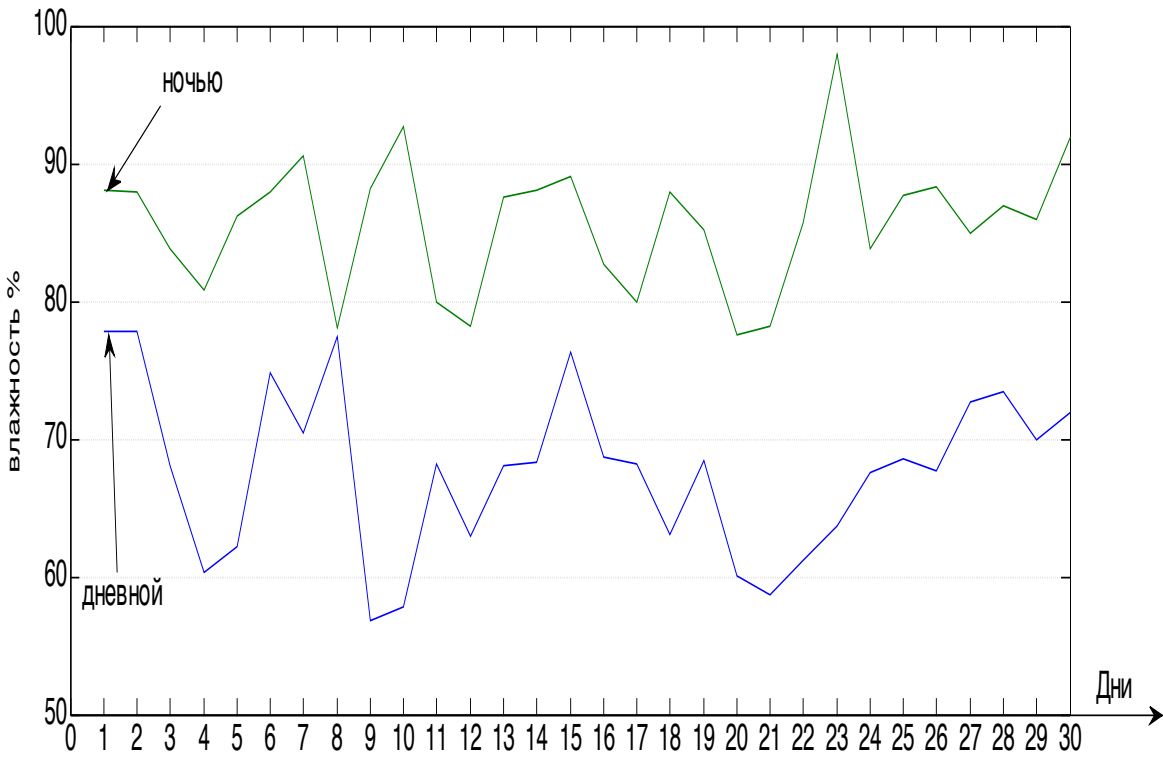


# Пример определение температуры в течении 1 дня





# Пример определение влажности в течении месяца

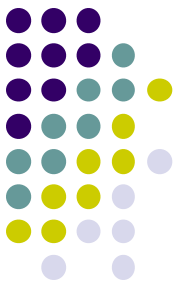




Smart Open Eco – инновационный проект  
Первоочередные задачи инвестиционной поддержки проекта:

- Инвестиции на разработку и согласование технического задания на ОКР;
- Инвестиции на ОКР;
- Инвестиции на пилотный проект.

# БД элементов Smart Open Eco, экранные формы



ORACLE Database Express Edition

Home > Object Browser

Tables

Create

ORACLE Database Express Edition

Home > Object Browser

OCH\_AGREG

Table Data Indexes Model Constraints Grants Statistics UI Defaults Triggers Dependencies SQL

Add Column Modify Column Rename Column Drop Column Rename Copy Drop Truncate Create Lookup Table

ORACLE Database Express Edition

Home > Object Browser

OCH\_AGREG

EDIT	KOD_OCH	NAME_OCH	STR_PR_OCH	VESCHESTVA_OCH_AG	METOD_OCH	SPOS
	2	Плакат 1-5 Г	Россия	CO2, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	-
	11	Entegris gatekeeper 100 KF	Нидерланды	S02, H2S, H2O, NH3, O2, CO, CO2	Каталитический	-
	1	Плакат ПУ	Россия	CO, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	-
	7	Плакат 30-50 Г	Россия	NO, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	-
	10	Entegris gatekeeper 70 KF	Нидерланды	S02, H2S, H2O, CO2, NH3, HCl, Cl2, HF, F2, HBr	Каталитический	-
	15	Entegris gatekeeper 2500 KH	Нидерланды	N2, CO, He, Ne, Kr, Ar, Xe, CO2, SO2, H2S, H2O, NH3	Каталитический	-
	18	Entegris gatekeeper 45 M	Нидерланды	HCl, Cl2, CO2, S02, H2S, H2O, HF, F2, NH3, HBr	Каталитический	-

# БД элементов Smart Open Eco, экранные формы



## Очистные агрегаты

Reset

Create

Search

Display 15

Go

	Название	Страна производитель	Вещества	Метод очистки	Цена, руб
👉	Entegris gatekeeper 10 MH	Нидерланды	O2, CO, N2, He, Ne, Kr, Xe, Ar, SO2, H2S, H2O, CO2, NH3	Каталитический	521675
👉	Entegris gatekeeper 100 KF	Нидерланды	SO2, H2S, H2O, NH3, O2, CO, CO2	Каталитический	95037
👉	Entegris gatekeeper 200 M	Нидерланды	H2O, SO2, CO2, NH3, H2S, CO, O2	Каталитический	521675
👉	Entegris gatekeeper 2500 KH	Нидерланды	N2, CO, He, Ne, Kr, Ar, Xe, CO2, SO2, H2S, H2O, NH3	Каталитический	109390
👉	Entegris gatekeeper 300 KF	Нидерланды	Kr, Ne, Xe, O2, He, CO, N2, Ar, SO2, H2S, H2O, CO2, NH3	Каталитический	24984
👉	Entegris gatekeeper 35 KF	Нидерланды	Kr, O2, He, H2S, CO, Ne, Xe, N2, Ar, SO2, H2O, CO2, NH3	Каталитический	45717
👉	Entegris gatekeeper 45 M	Нидерланды	HCl, Cl2, CO2, SO2, H2S, H2O, HF, F2, NH3, HBr	Каталитический	44336
👉	Entegris gatekeeper 500 KF	Нидерланды	H2O, NH3, SO2, H2S, HCl, CO2, Cl2, HF, F2, HBr	Каталитический	44336
👉	Entegris gatekeeper 500 KF HP	Нидерланды	CO2, CO, NH3, H2O, SO2, H2S, O2	Каталитический	39281
👉	Entegris gatekeeper 5000 K	Нидерланды	HCl, H2O, CO2, SO2, H2S, NH3, Cl2, HF, F2, HBr	Каталитический	52286
👉	Entegris gatekeeper 70 KF	Нидерланды	SO2, H2S, H2O, CO2, NH3, HCl, Cl2, HF, F2, HBr	Каталитический	
👉	Плазкат ПУ	Россия	CO, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	
👉	Плазкат 1-5 Г	Россия	CO2, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	
👉	Плазкат 1-5 ПГ	Россия	SO2, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	
👉	Плазкат 15-30 Г	Россия	HF, C2H5OH, CH4, C3H6O, NH3, C6H5OH	Плазмокаталитические	

# БД элементов Smart Open Eco Пользовательский интерфейс



Датчики

Reset Create

Search Display 15 Go

	Договорность, %	Страна-производитель	Вещества	Мощность источника питания, Вт	Цена, руб	Гарантия, мес	Тип
	±2 % для SO2, NO, NH3 ±5 % для NO2	Германия	NO, SO2, NH3, NO2	370	79000	12	Нестационарный
		Германия	CO, CO2, H2S, O2, Cl2, NH3, SO2, NO2		340000	24	Стационарный
		Германия	CO, H2S, SO2, NO2, NO, Cl2, NH3, CO2		6700	24	Стационарный
		Германия	O2, H2S, CO		86750	24	Стационарный
	+/- 0.5	Германия	O2, CO, NO, NO2, SO2, CH, H2S	21	49900	48	Нестационарный
	+/- 0,7 до 5	Германия	CO, NO2, O2, H2S	4,2	50126		Нестационарный
	+/- 5	Германия	CO, CO2, CH, O2	15	64081	48	Нестационарный
	+/- 25	Германия	CO, H2S, SO2, Cl2, NO2, HCl, NH3	2	11690	12	Стационарный
	+/- 25	Германия	CO, H2S, SO2, Cl2, NH3, NO2, HCl	,8	35280	12	Нестационарный
	+/- 25	Германия	NO2, SO2, CO, H2S	,14	19923,75		Нестационарный
	+/- 25	Германия	SO2	,02	13800	12	Нестационарный
	+/- 20	Германия	Cl2, N, NH3, NO, NO2, H2S, O2, O3	2	87836	18	Нестационарный
		Россия	CH4		8500	18	Стационарный
	+/- 25	Россия	O2, CH4, C3H8, H2, CO	,8	23364	12	Нестационарный/ Стационарный
		Россия	SO2		10974	18	Стационарный