

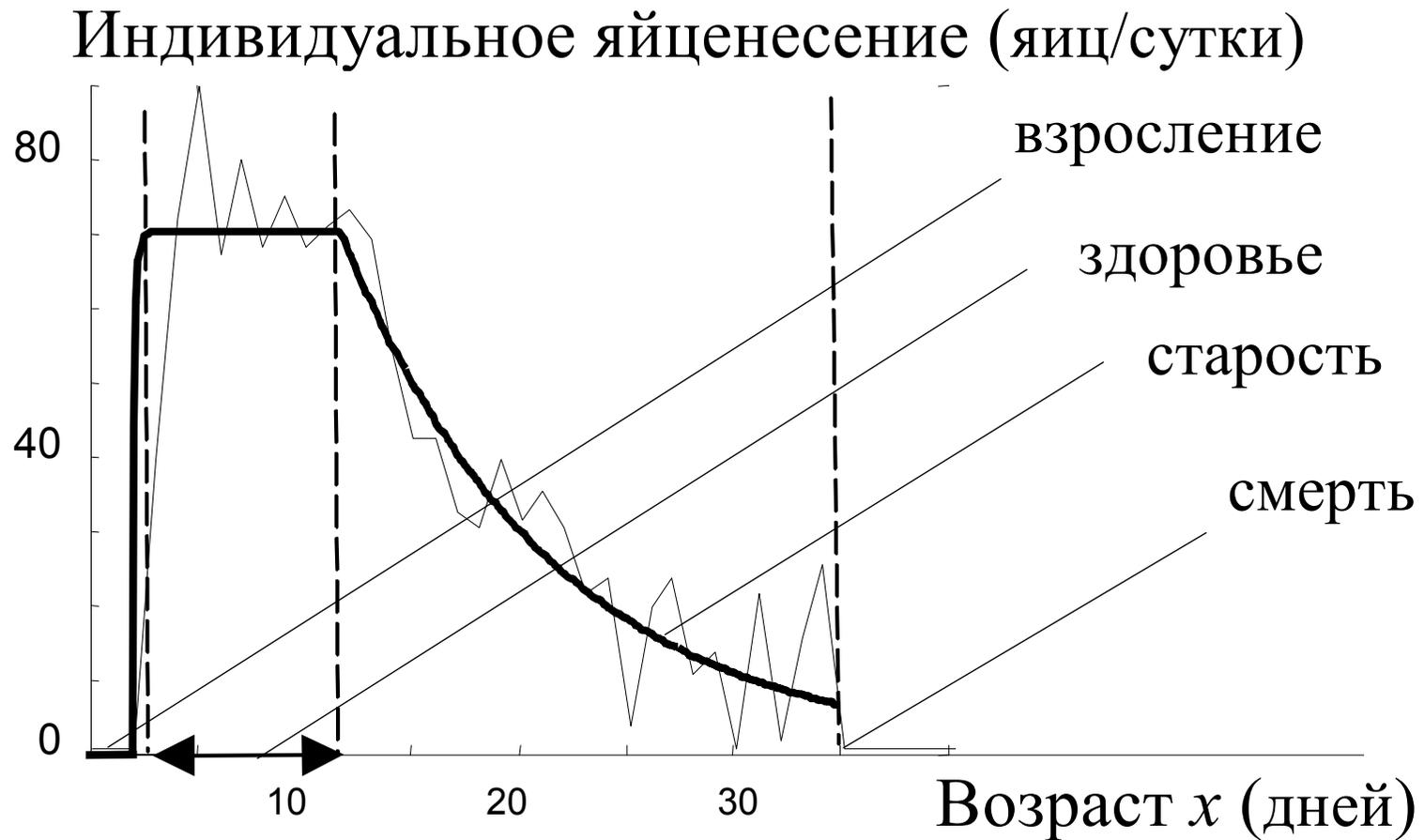
Математическое моделирование гомеостаза

ГОМЕОСТАЗ И ЗДОРОВЬЕ

Здоровье организма – это такое его состояние, при котором ресурсов достаточно для поддержания гомеостаза.

В.Н. Новосельцев

ЗДОРОВЬЕ МУХИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГОМЕОСТАЗА



В.Н. Новосельцев

ПРОСТЕЙШАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗМА. ГОМЕОСТАЗ ПО КИСЛОРОДУ

$$\frac{dx(t, \tau)}{dt} = y(\tau) - w(\tau)$$

$t \ll \tau$

$x(t, \tau)$ Уровень кислорода в тканях организма

$y(\tau)$ Темп доставки кислорода в организм

$w(\tau)$ Темп потребления кислорода
(нагрузка)

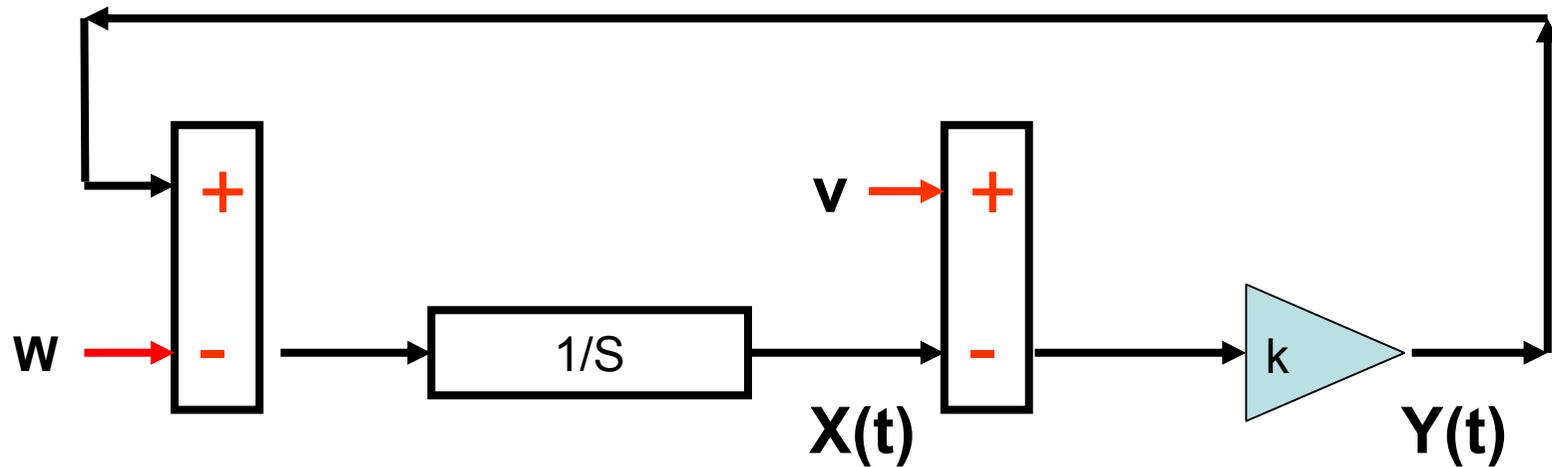
ПРОСТЕЙШАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗМА

$$y(\tau) = k(\tau)(v - x(\tau))$$

v Кислород атмосферы

$k(\tau)$ Гомеостатическая способность по кислороду

Простейшая модель организма



$$\frac{dx(t)}{dt} = k(v - x(\tau)) - w(\tau)$$

Квазистационарный режим

$$x(\tau) = v - w(\tau) / k(\tau)$$

Гомеостаз по нагрузке есть

$$\frac{dx(\tau)}{dw(\tau)} = -\frac{1}{k(\tau)} \approx 0$$

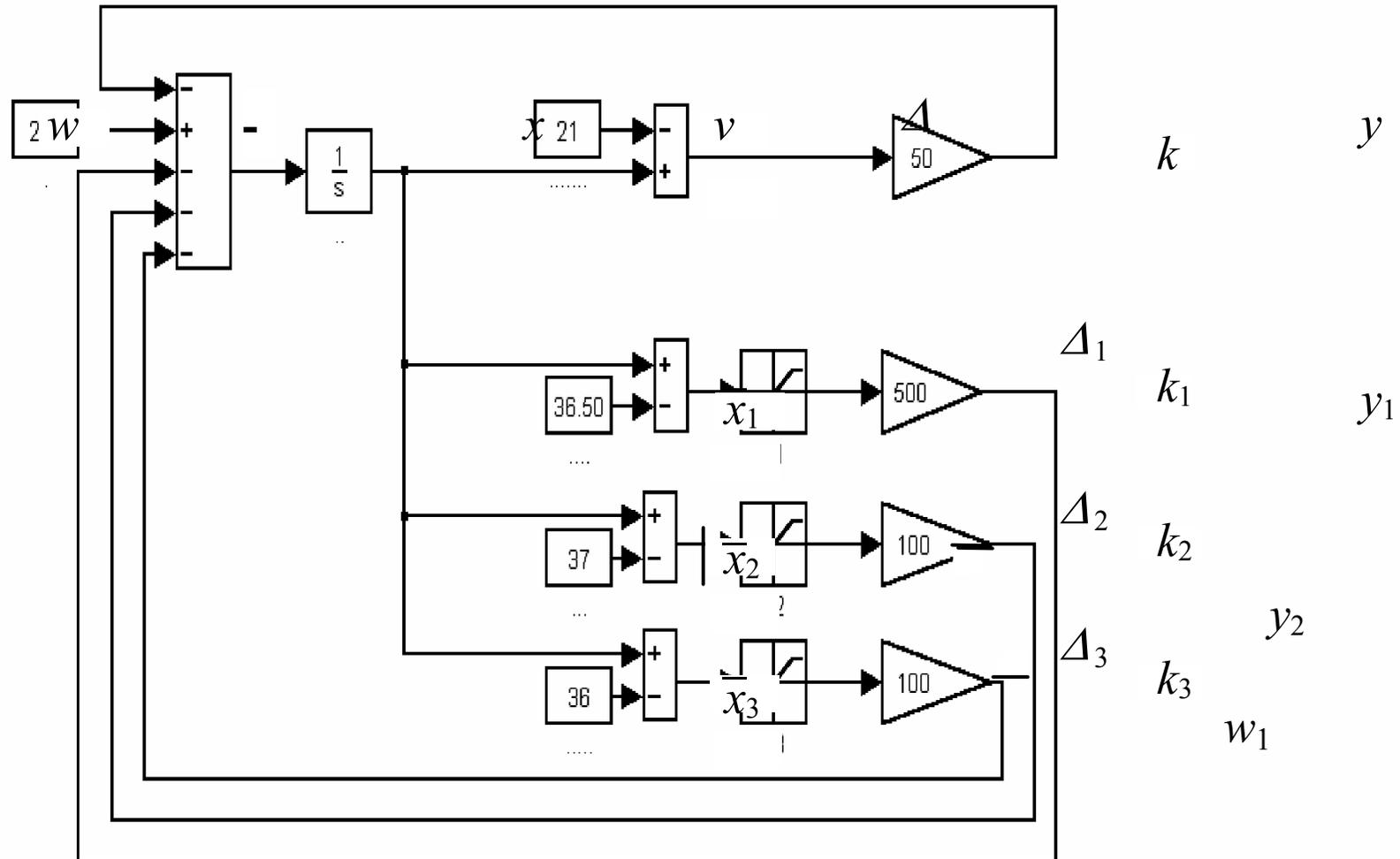
Гомеостаза по кислороду атмосферы
нет

$$\frac{dx(\tau)}{dv} = 1$$

При старении организма
гомеостатическая
способность падает,
наступает смерть

$$x(\tau) \xrightarrow{\tau \rightarrow \infty} 0$$

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГОМЕОСТАЗ



В.Н. Новосельцев

Вверху – пассивный контур управления, обеспечивающий стационарность системы. Он дублируется тремя активными каналами:

y_1 с уставкой \bar{x}_1 – механизм сосудистой регуляции,

y_2 с уставкой \bar{x}_2 – механизм потоотделения,

w_1 с уставкой \bar{x}_3 – механизм химической терморегуляции.

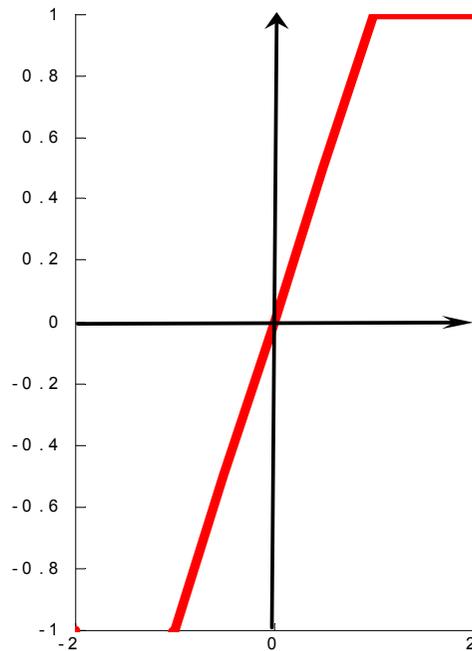
При $x > \bar{x}_2$ включаются механизмы увеличения теплоотдачи y_2 ,

а при $x < \bar{x}_3$ – механизмы увеличения теплопродукции w_1 .

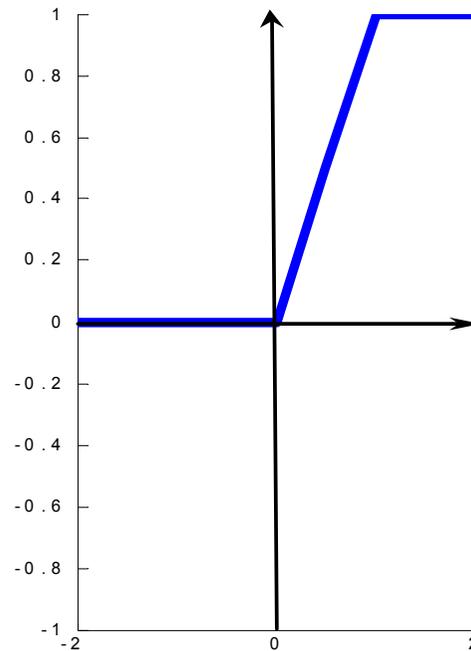
Уравнение системы

$$\frac{dx}{dt} = w - k \times (x - v) - \sum_{i=1}^3 k_i \times \delta_i(x - \bar{x}_i)$$

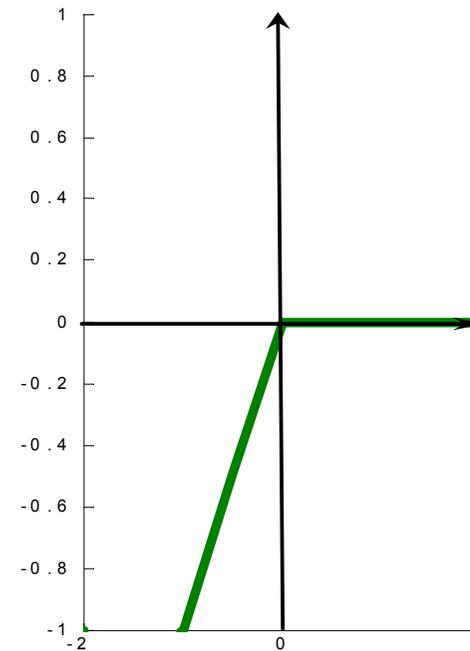
$\delta_1(x)$



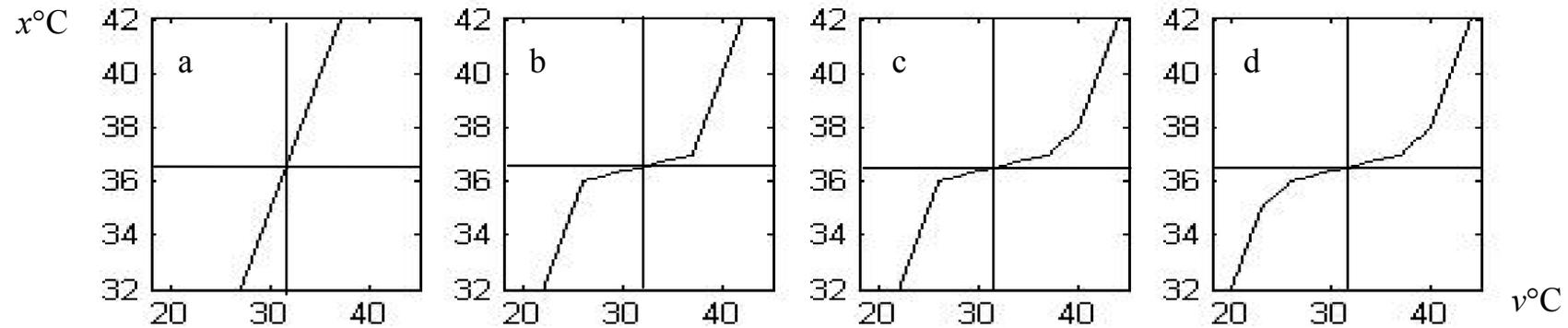
$\delta_2(x)$



$\delta_3(x)$



Образование гомеостатической кривой при последовательном включении каналов управления в системе терморегуляции



- a) работает только один канал,
- b) включен механизм сосудистой регуляции,
- c) включен механизм потоотделения,
- d) включен механизм химической терморегуляции

Моделируем на MATLAB

```
% Решение дифференциального уравнения  
[T,X]=ode45(@F,[0 0.2],37.6,[],w,k,v);
```

```
function [out]=F(t,x,w,k,v)
```

```
% функция вычисления правой части дифференциального уравнения
```

```
% t - время
```

```
% x - температура
```

```
% w – темп изменения температуры
```

```
% k – вектор гомеостатических способностей по 4-м каналам
```

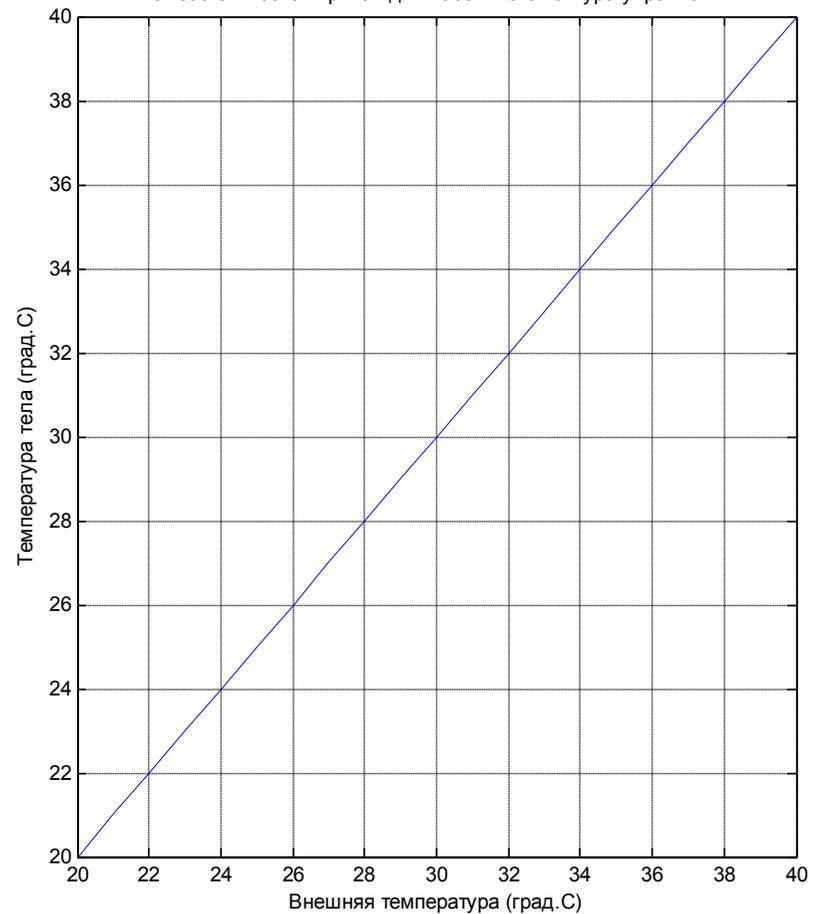
```
% v(1) – внешняя температура
```

```
% v(2:4) – «уставки» по трём каналам
```

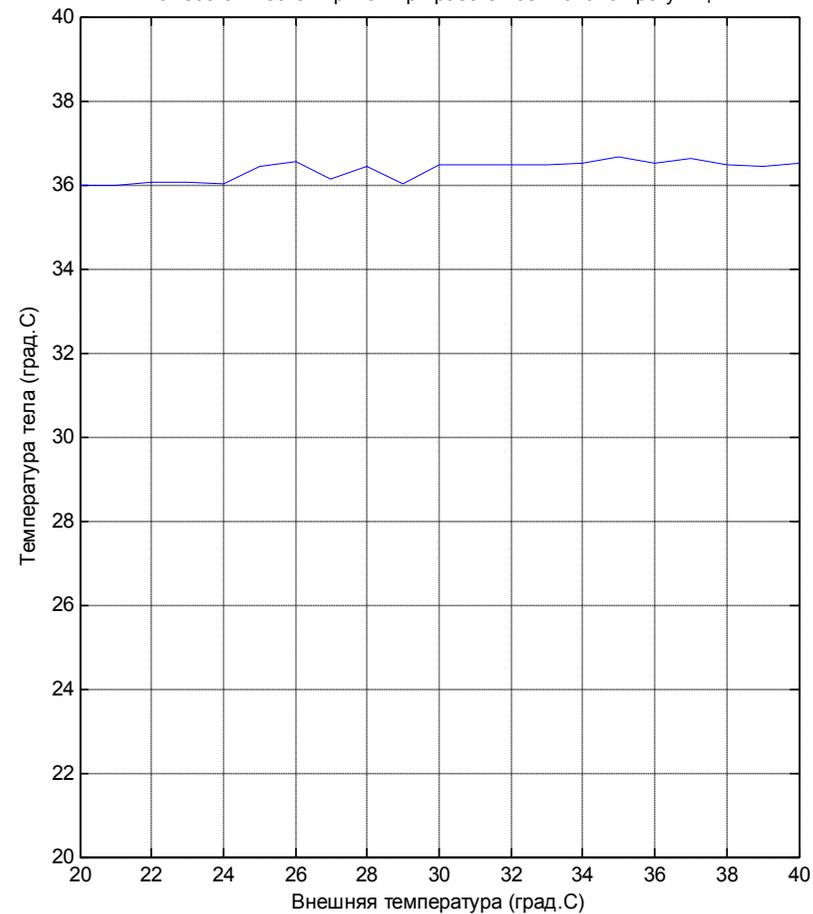
```
% параметры
```

```
w=2.5; k=[500,6000,1000,6000]; v=[25,36.5,37,36];
```

Гомеостатическая кривая для пассивного контура управления



Гомеостатическая кривая при работе всех каналов регуляции



Постарение – снижение гомеостатической способности

$$S(\tau) = S_0 \exp \left[- \int_0^{\tau} R(u) du \right]$$

$$R(u) = \beta(u)w(u) \quad \text{Темп старения}$$

$$\beta(u) \quad \text{Кислородная уязвимость}$$

$$w(u) \quad \text{Темп потребления кислорода
(нагрузка)}$$

«УРАВНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ»
слева сколько усваивается
энергии, справа - потребность в
энергии

$$(v - x(\tau))S_0 \exp\left[-\int_0^{\tau} R(u)du\right] \geq w(\tau)$$

«Состояние здоровья отражает состояние гомеостаза организма, его способность поддерживать относительную стабильность внутренней среды в конфронтации с вызовами внешнего окружения. Способность справляться со стрессами зависит от успешности организма в поддержании гомеостаза или при возвращении к нему»