

Детерминированная модель Хищник-Жертва

Данная система максимально может иметь 6 равновесий:

1. тривиальное равновесие $M_0(0, 0)$, соответствующее отсутствию обеих популяций,
2. тривиальное равновесие $M_1(100, 0)$, соответствующее существованию только жертв,
3. равновесие $M_5(0, -1/\delta)$ при $\delta > 0$ биологического смысла не имеет и в дальнейшем рассматриваться не будет,
4. нетривиальные равновесия, соответствующие сосуществованию обеих популяций:
 - $M_2(\bar{x}, \bar{y})$ существует, если $\delta > 0$,
 - $M_3(\bar{x}, \bar{y})$ существует если $0.004170193 < \delta < 0.0042456957$,
 - $M_4(\bar{x}, \bar{y})$ имеет биологический смысл, если $\delta < 0.0042456957$.

Тривиальное равновесие $M_0(0, 0)$

```
In [1]: using Plots
using DifferentialEquations
using ParameterizedFunctions
using ImplicitEquations
```

Задаем значения (из текстовки)

```
In [1]: g = 1
e = 0.01
a = 0.87
d = 0.002
x0 = 0
y0 = 0
```

Out [19] 0

Задаем систему диф. уравнений

```
In [2]: pp! = @ode_def pp begin
    dx = x - ((x*y)/(1+a*x)) - e*x^2
    dy = -g*y + ((x*y)/(1+a*x)) - d*y^2
end
```

```
Out [20] (::PP{var"###ParameterizedDiffEqFunction#472",
  ction#473", var"###ParameterizedJacobianFunction#473",
  ESystem}) (generic function with 1 method)
```

```
In [2]: M = [x0 y0]
```

```
Out [20] 2-element Vector{Int64}:
 0
 0
```

```
In [2]: para[m, e, a, d]
```

```
Out [20] 4-element Vector{Float64}:
 1.0
 0.01
 0.87
 0.002
```

```
In [2]: timespan = (0.0, 100.0)
```

```
Out [20] (0.0, 100.0)
```

```
In [2]: problem = ODEProblem{ODEType, Vector{Float64}, Tuple{Float64, Float64}}(timespan, para)
```

```
Out [20] ODEProblem{ODEType, Vector{Float64}, Tuple{Float64, Float64}}(timespan, para)
timespan: (0.0, 100.0)
u0: 2-element Vector{Int64}:
 0
 0
```

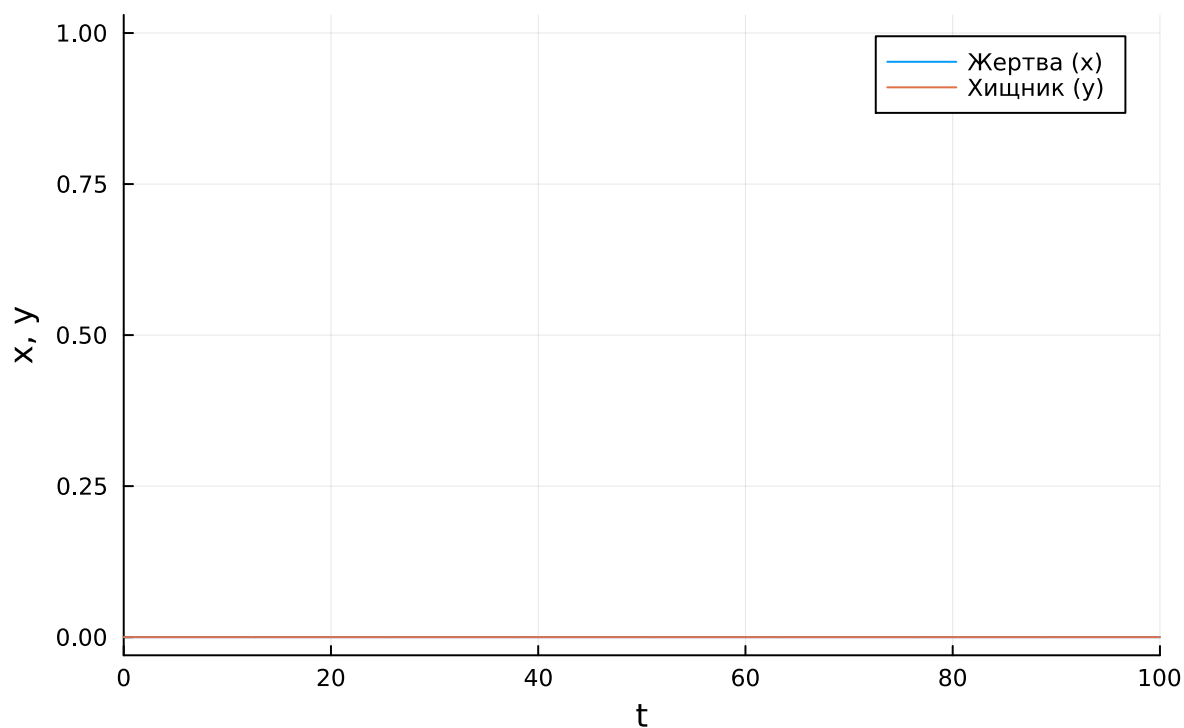
```
In [2]: solutions = solve(problem)
```

```
Out [20] retcode: Success
Interpolation: specialized 4th order "free" interpolation
order "free" stiffness-aware interpolation
t: 8-element Vector{Float64}:
 0.0
 9.999999999999999e-5
 0.0010999999999999998
 0.011099999999999997
 0.11109999999999996
 1.1110999999999995
 11.111099999999993
100.0
u: 8-element Vector{Vector{Float64}}:
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
 [0.0, 0.0]
```

```
In [2]: plot(solutions, xlabel="t", ylabel="u")
```

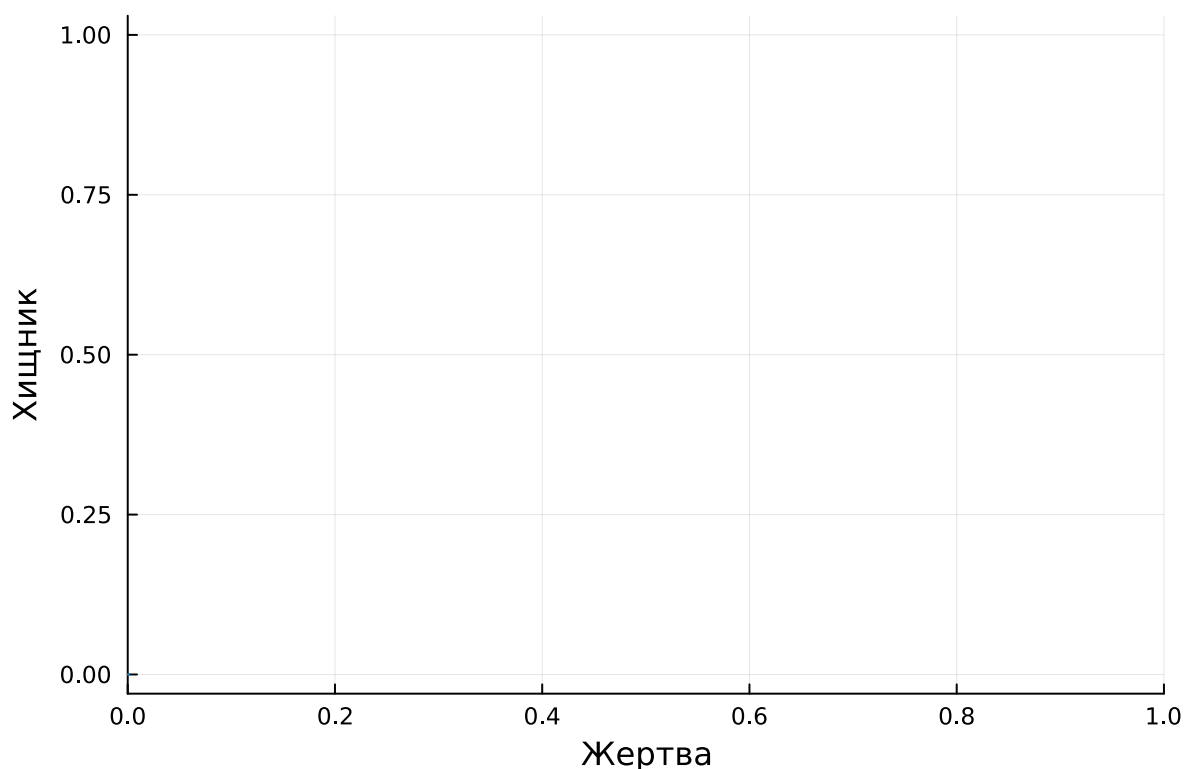
Out [20]

Детерминированная модель Хищник-Жертва



```
In [ 2.]: plot(solution, x=1, y=2, xaxis="t", yaxis="x, y", legend=True)
```

Out [20]



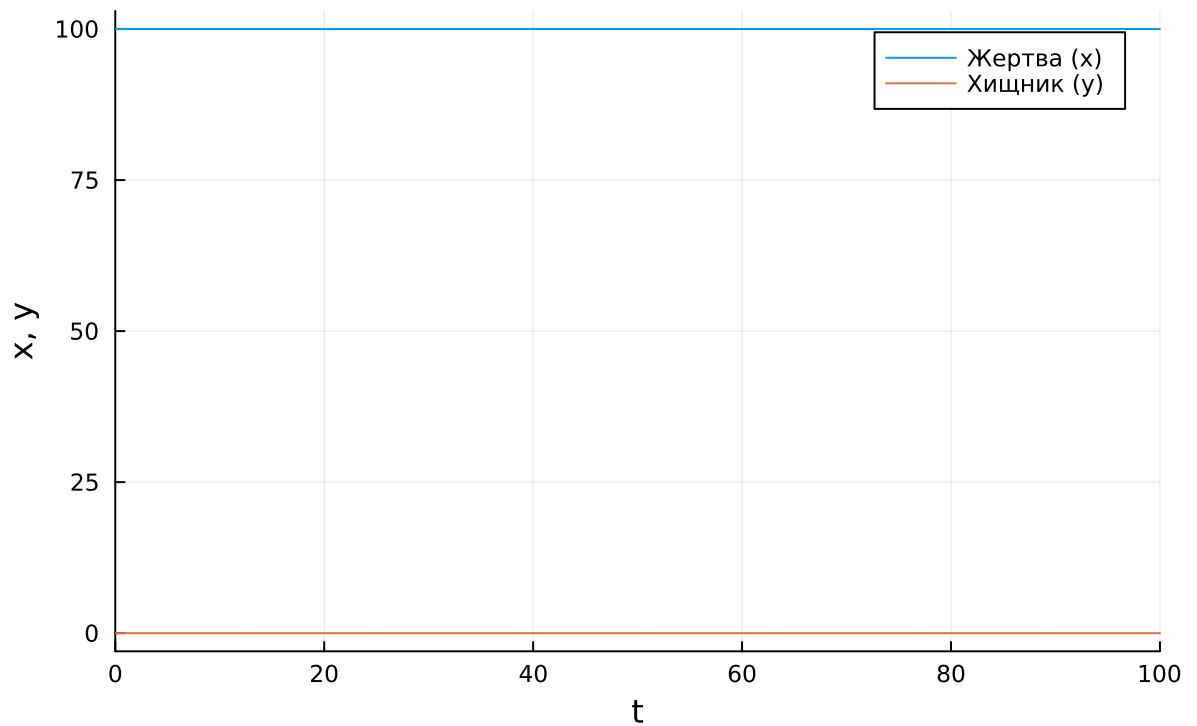
Тривиальное равновесие $M_1(100, 0)$

Задаем значения (из текстовки)

```
In [ 2.]: g = 1
e = 0.01
a = 0.87
d = 0.002
x0 = 100
y0 = 0
```

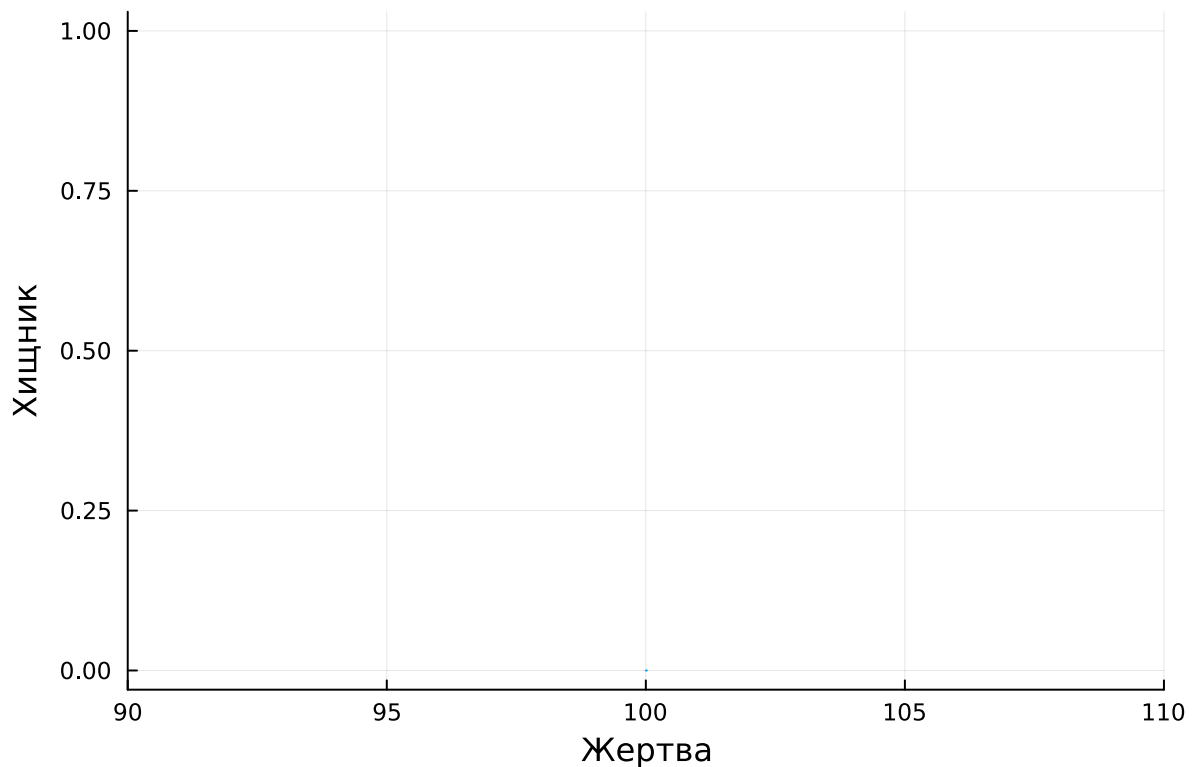

Out [21

Детерминированная модель Хищник-Жертва



```
In [ 2.]: plot(solution, x=1, y=2, xaxis='t', yaxis='x, y', legend=True)
```

Out [21



Нетривиальные равновесия

Задаем значения (из текстовки)

```
In [ 2.]: g = 1
           e = 0.01
           a = 0.87
           d1 = 0.002
           x2 = 100
           y2 = 45
```



```

Out[27] retcode: Success
Interpolation: specialized 4th order "free" i
order "free" stiffness-aware interpolation
t: 66-element Vector{Float64}:
 0.0
 0.12246228497716256
 0.41464330743674244
 0.7971497176707512
 1.2931244385559508
 1.919311035157056
 2.6870566923641452
 2.8418435734298124
 2.9352585546560914
 2.9702266293860706
 2.997572588386487
 3.022457720008927
 3.0466086971615587

 32.83049817976946
 34.374868372603295
 35.877848336287016
 37.35225896769085
 38.80713805093022
 40.20342391062661
 41.813939689084314
 43.52328333626535
 44.83368090916647
 46.71699070046629
 48.60680648178594
 50.0
u: 66-element Vector{Vector{Float64}}:
 [100.0, 45.0]
 [94.07692863826625, 45.25257520570948]
 [82.06029721610798, 45.831004797809506]
 [69.10217308119152, 46.53314062019565]
 [54.46717424976986, 47.3340854408648]
 [36.319555909137875, 48.08851159502995]
 [9.423365513443343, 47.76390322948442]
 [3.2848239652804443, 46.785513782451225]
 [0.5862251437011388, 44.95207797649003]
 [0.1847212483958356, 43.677899911957596]
 [0.06502584498798865, 42.520338982262004]
 [0.02433023939521848, 41.429793085620716]
 [0.009408992655354954, 40.376460875507156]

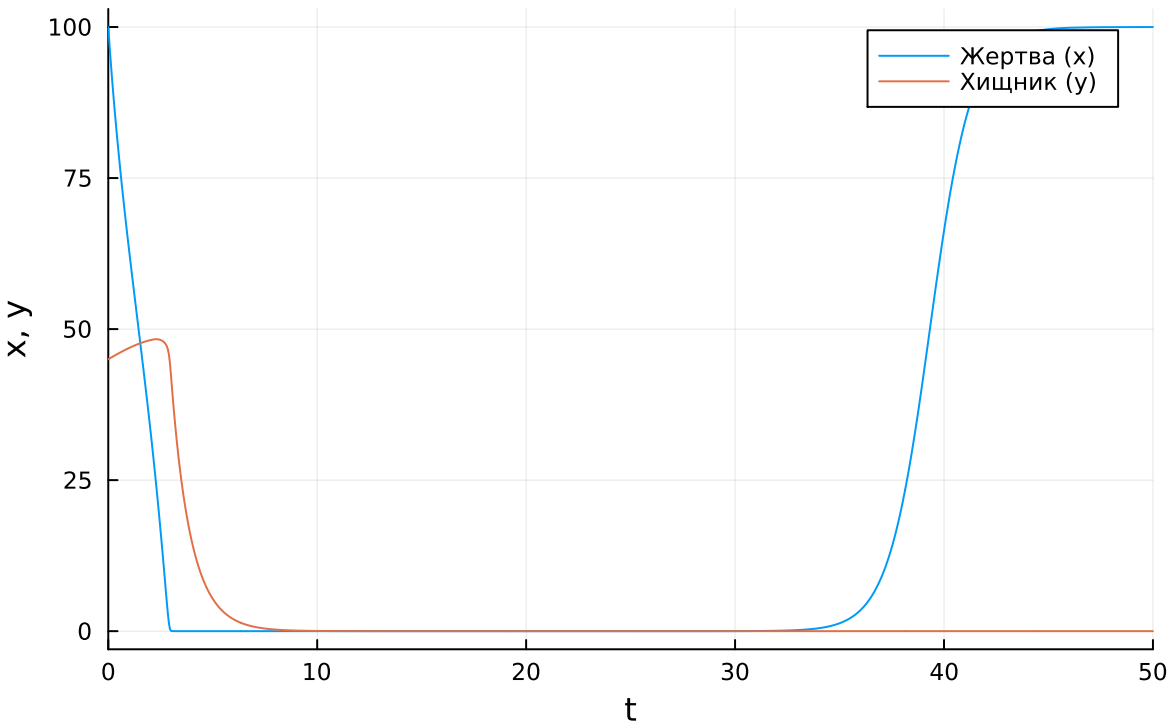
 [0.15122364561821475, 1.3615229011874203e-11]
 [0.7038990980424701, 4.393572916035988e-12]
 [3.0859213512355756, 2.5738288410110306e-12]
 [12.207614204773744, 2.431474394812374e-12]
 [37.336085676457174, 2.770644768743737e-12]
 [70.65411560676795, 3.29817534503582e-12]
 [92.33360754617782, 4.090658301350795e-12]
 [98.43607455506304, 5.159992796923929e-12]
 [99.57131474503376, 6.168627092438756e-12]
 [99.9273694001594, 7.974469075475288e-12]
 [99.98785789253341, 1.0318510334301896e-11]
 [99.9969603730101, 1.2477401910149575e-11]

In [2] plot(solution, xlabel=

```

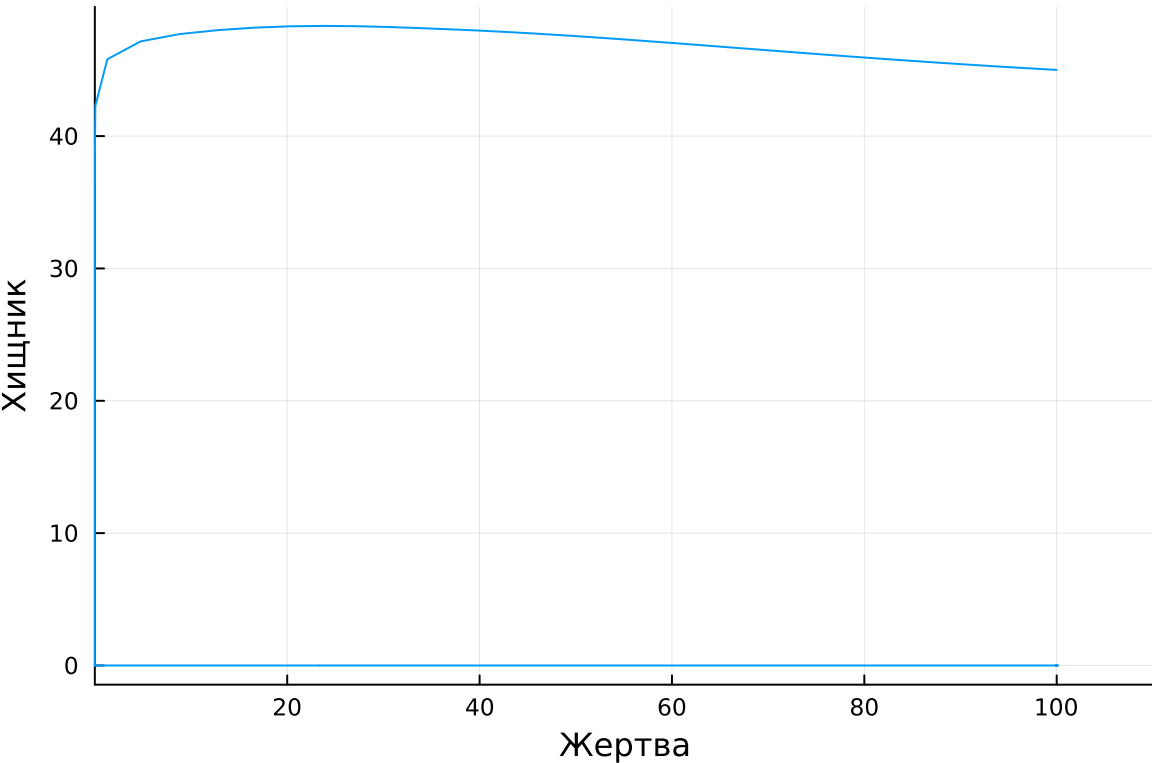
Out [27

Недетерминированная модель Хищник-Жертва



```
In [ 2. plot(solution, x=1, y=2, x axis="t", y axis="x, y", legend="Жертва (x), Хищник (y)")
```

Out [26



```
In [ ]
In [ ]
In [ ]
In [ ]
```