

Установившиеся режимы в
модели Хёнинга и ее
модификациях.

Макаров В.Л., Бекларян Л. А., Белоусов Ф.А.

Крит, 4 октября- 11 октября 2014.

Модель Хёнинга. Описание Вектор состояний Ω

$$\Omega = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

Если $x_i = 1$ – i -ая особь жива

Если $x_i = 0$ – i -ая особь мертва

Ω^k – состояние системы в момент времени k

Модель Хёнинга. Описание

0-ая итерация:

$$\Omega^0 = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}, \quad M^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

1-ая итерация:

$$M^1 = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \alpha_{1,j_1} & \dots & 0 \\ \vdots & 1 & \dots & \alpha_{2,j_2} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \alpha_{n,j_n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} j_i \text{ – целочисленное от 1 до } n \\ \text{случайно выбранное число} \\ \alpha_{i,j_i} \sim U(-1,1) \end{array}$$

$$\omega^1 = M^1 \Omega^0 \quad \Omega_j^1 = \begin{cases} 1 & \text{если } \omega_j^1 > 0 \\ 0 & \text{если } \omega_j^1 \leq 0 \end{cases}$$

Остальные итерации осуществляются аналогично

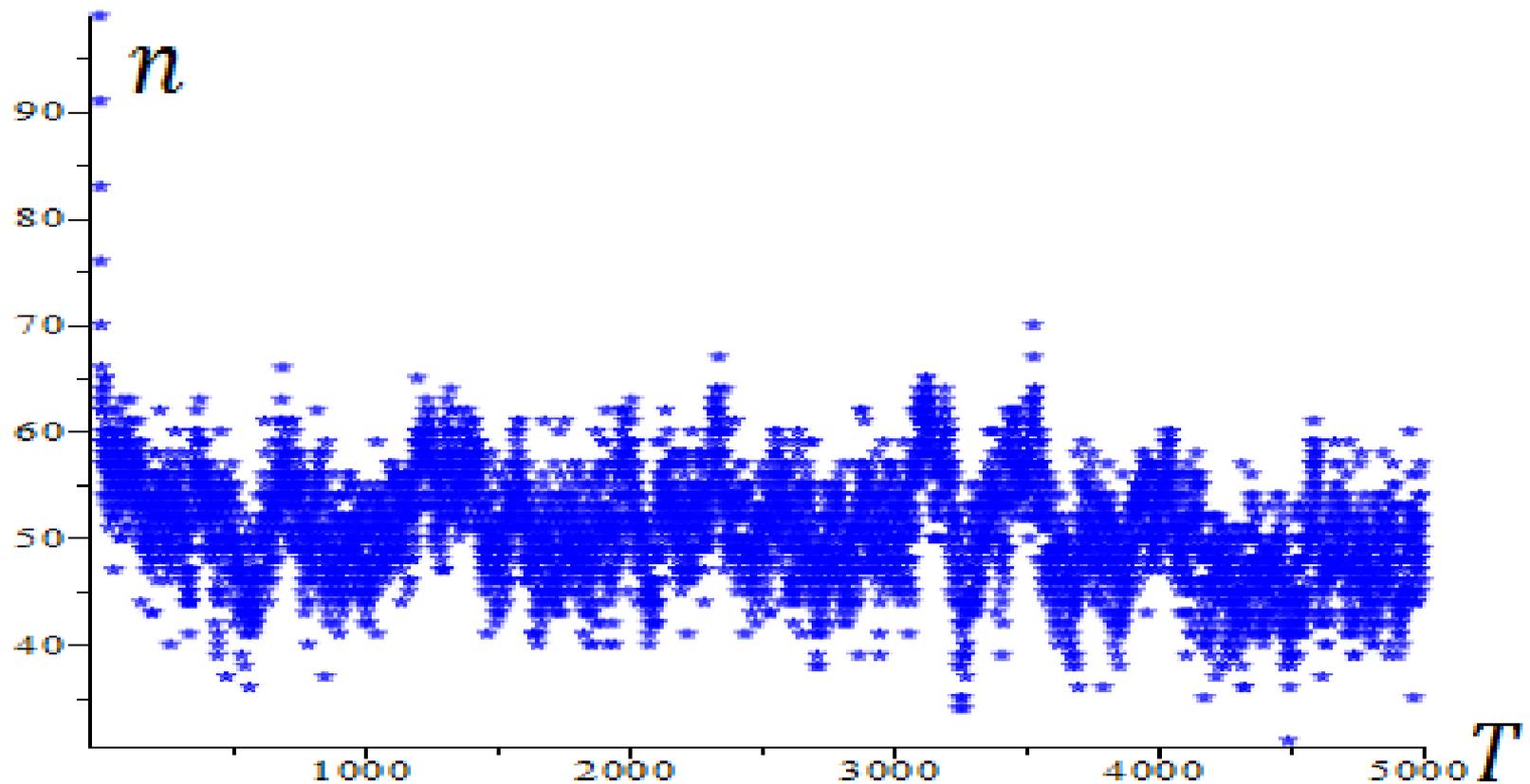
Модель Хёнинга. Описание

$$M^k = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \alpha_{1,j_1} & \dots & 0 \\ \vdots & 1 & \dots & \alpha_{2,j_2} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \alpha_{n,j_n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

- M^k_{ij} – воздействие агента j на агента i
- Если $M^k_{ij} > 0$, то воздействие на i положительное
- В $k+1$ период итоговое воздействие на агента i - $\sum_{j=1}^n M^k_{ij} \Omega_j^k$

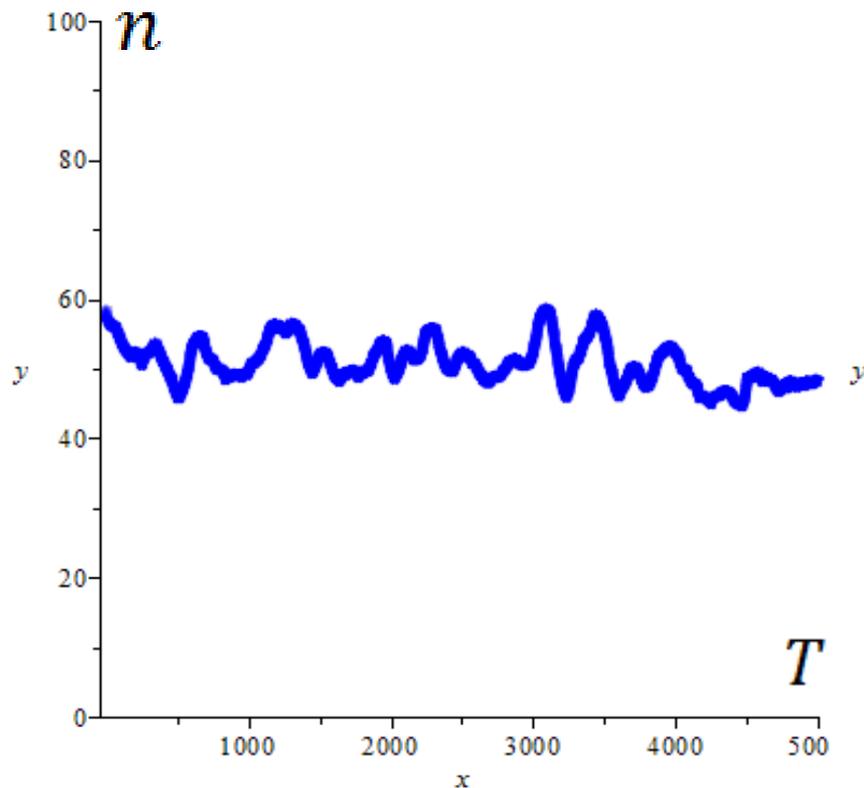
Модель Хёнинга. Результаты

$n=100, T=5000$

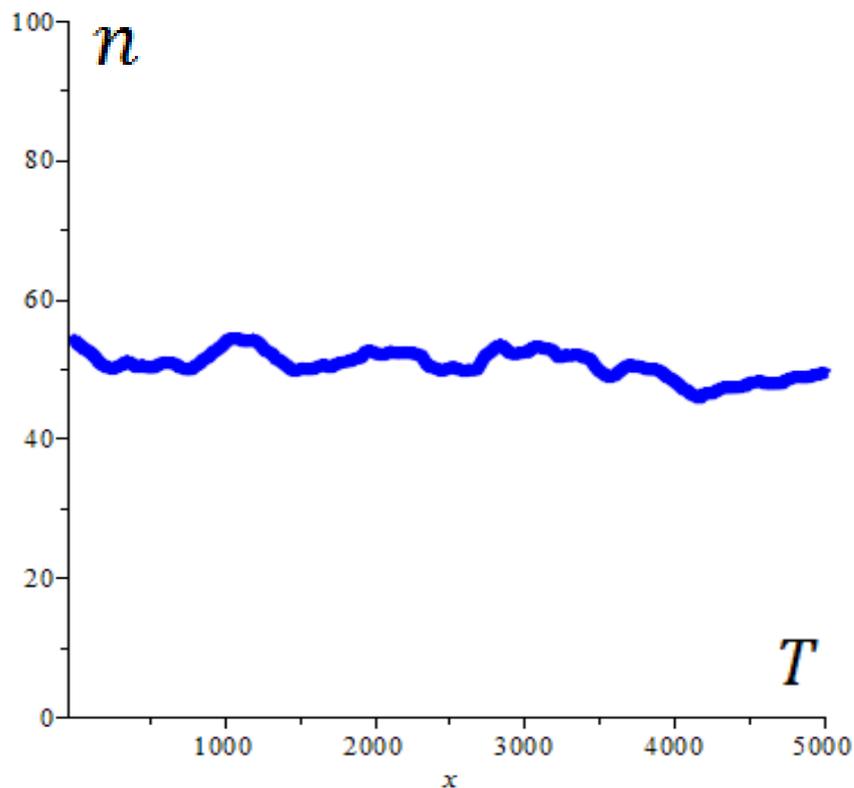


Модель Хёнинга. Результаты

$n=100$, $T=5000$,
усредненные за 100 периодов кол-во
особей в популяции



усредненные за 400 периодов кол-во
особей в популяции



Модификация Модели Хёнинга.

Введение антисимметрии

Исходная модель Хёнинга:

к-ая итерация: $j_i \sim U[1, n]$, $\alpha_{i, j_i} \sim U(-1, 1)$, $i = \overline{1, n}$

$$M^k = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & \alpha_{1, j_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & 1 & \cdots & \alpha_{2, j_2} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & \alpha_{n, j_n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

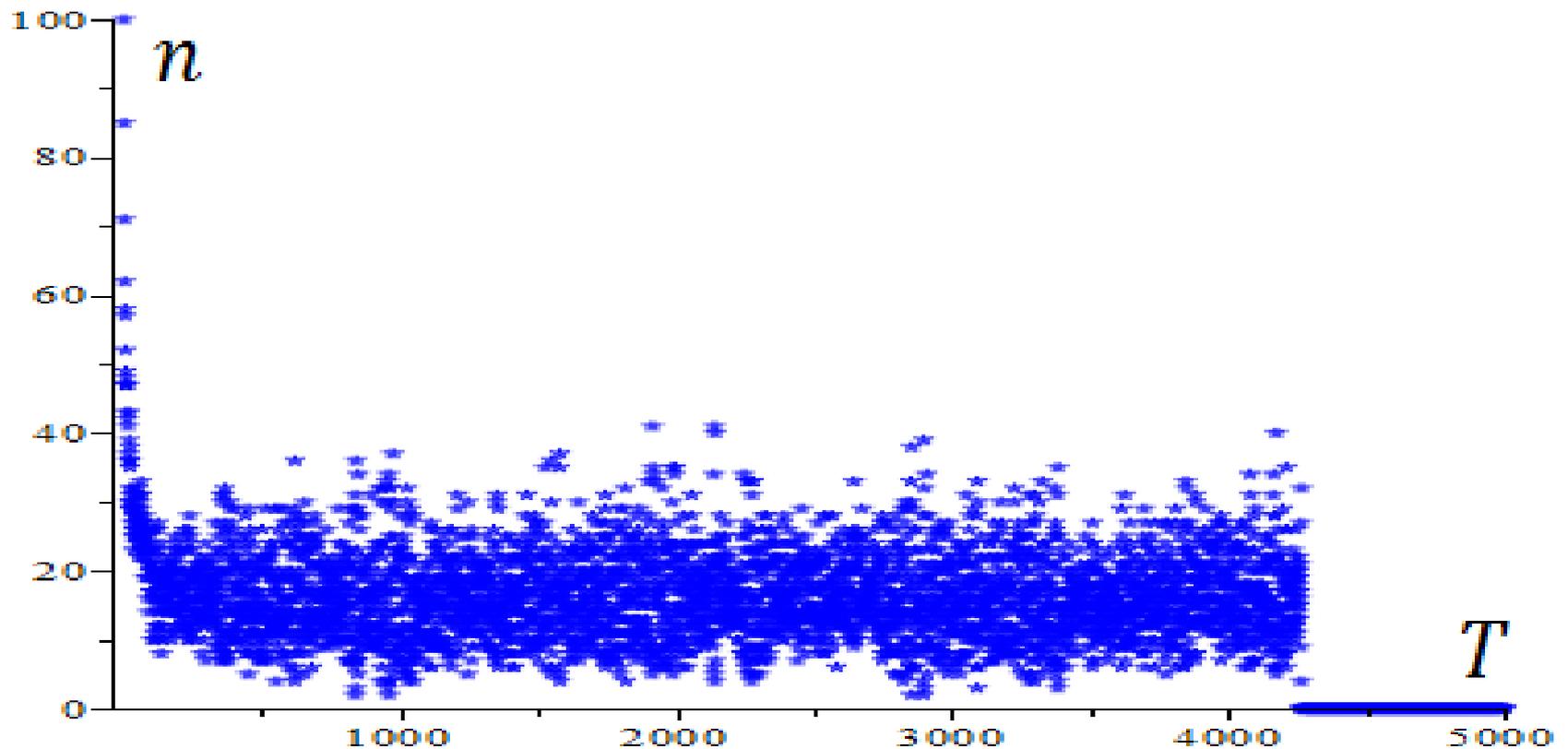
Введем в модель антисимметрию:

$\alpha_{i, j_i} \sim U(-1, \bar{\alpha})$, где $\bar{\alpha} \leq 1$

Антисимметрия. Результаты

Для $n=100$, экспериментально было получено $\bar{\alpha} = 0,74$

$T=5000$

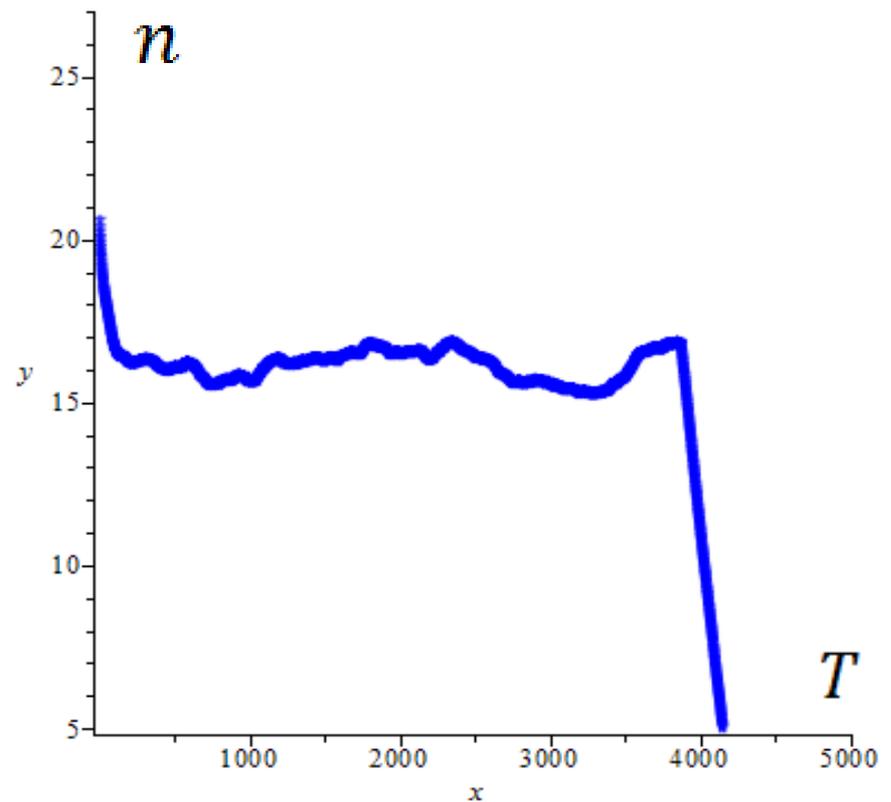
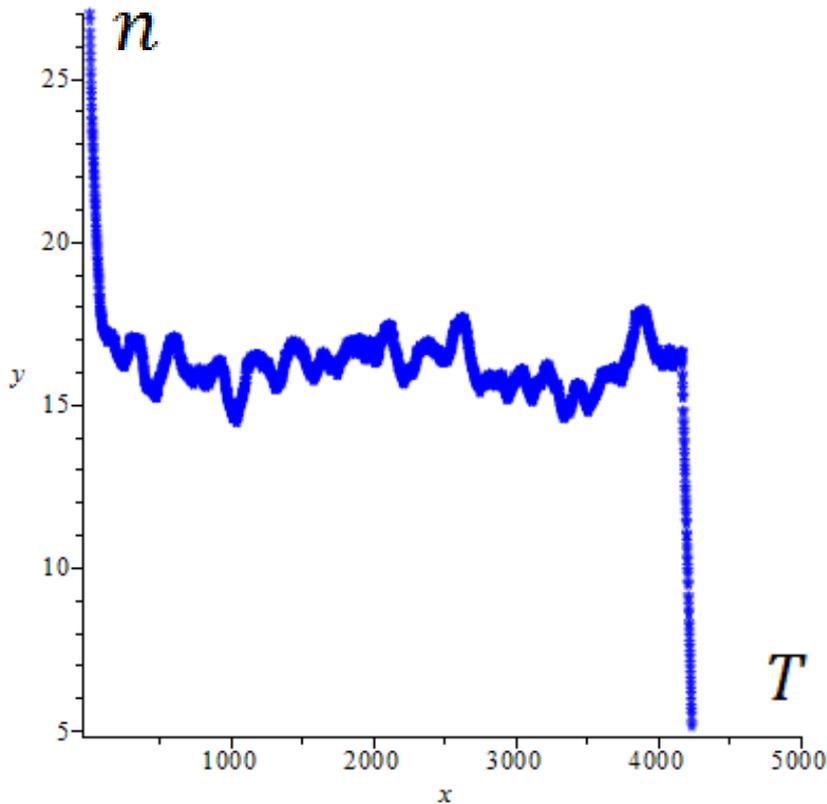


Антисимметрия. Результаты

$n=100, T=5000, \bar{\alpha} = 0,74$

усредненные за 100 периодов кол-во особей в популяции

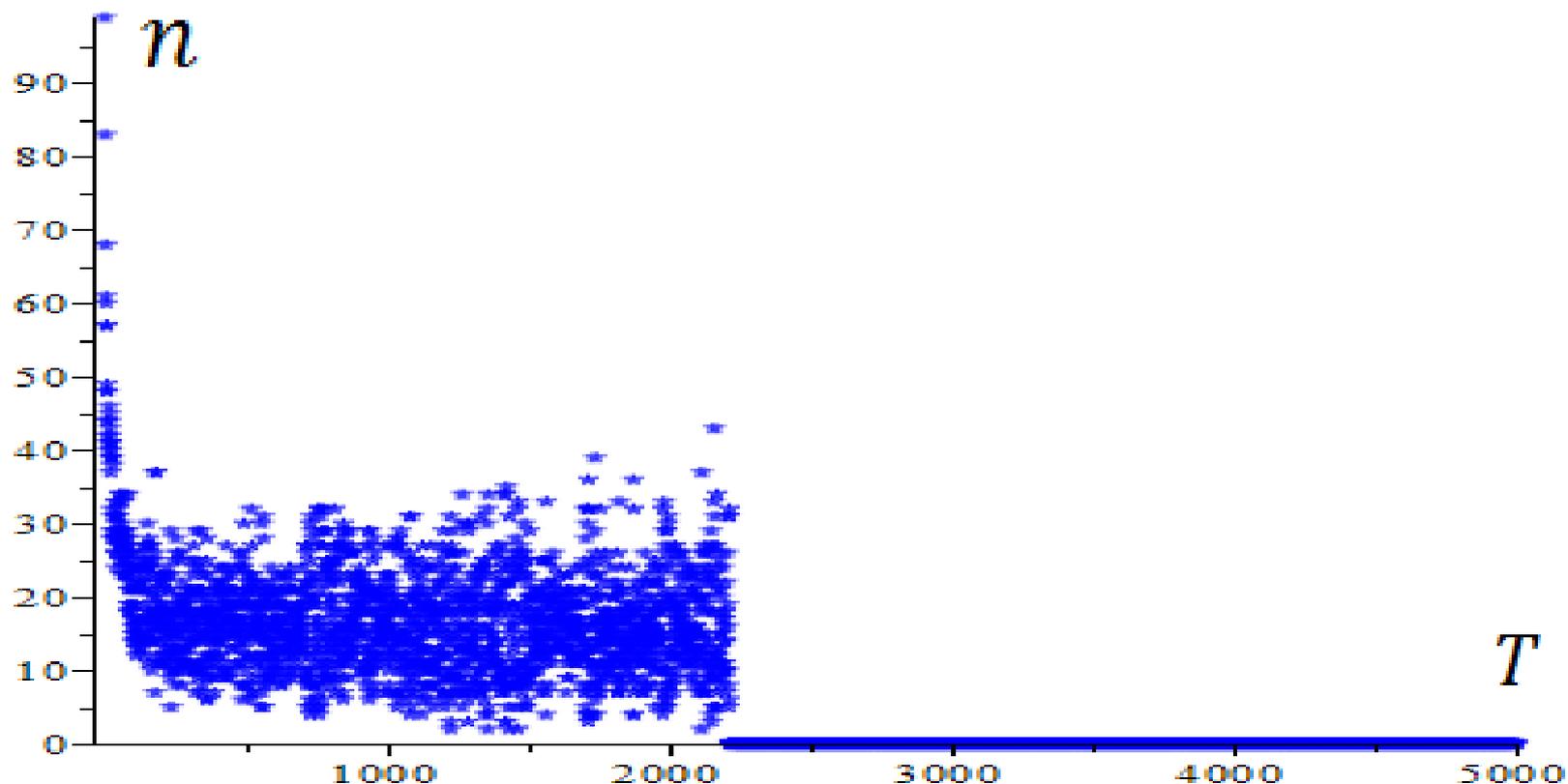
усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



Модификация модели Хёнинга.

Фактор «местности»

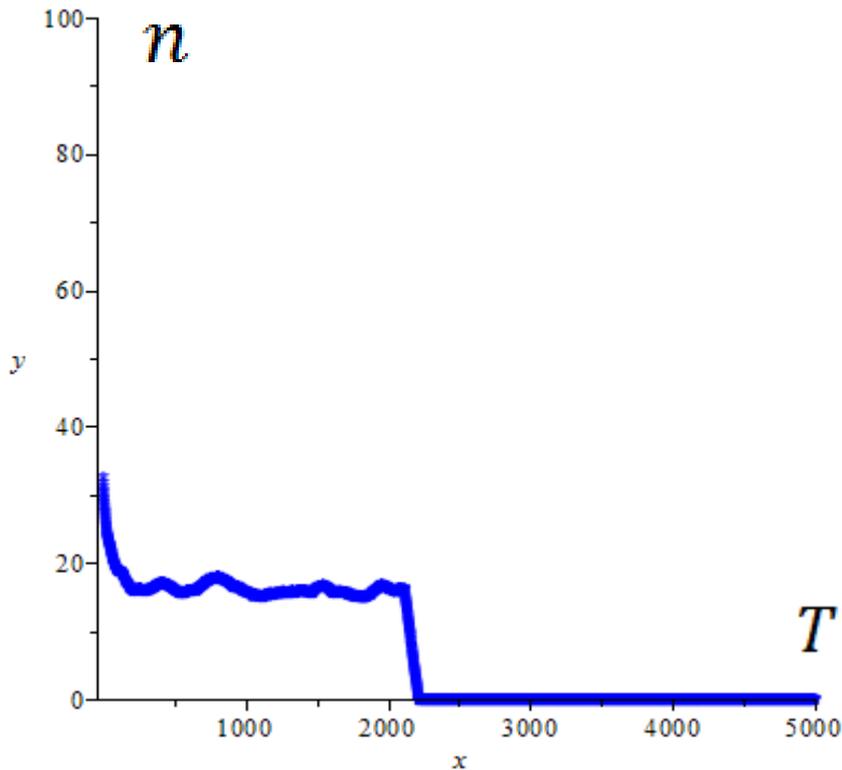
Если в k -ый период $\alpha_{ij}^k < 0$, тогда в $k+1$ период $\alpha_{ji}^{k+1} < 0$, $\alpha_{ji}^{k+1} \sim U(-1,0)$



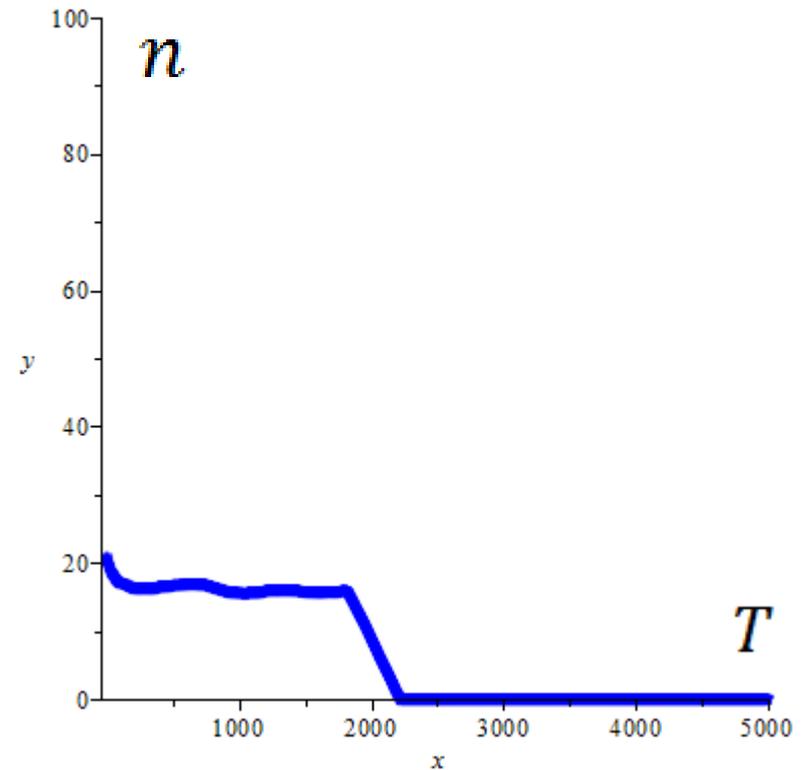
Фактор «мести». Результаты

$n=100, T=5000$

усредненные за 100 периодов кол-во особей в популяции



усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



Модификация модели Хёнинга.

Индивидуализация агентов

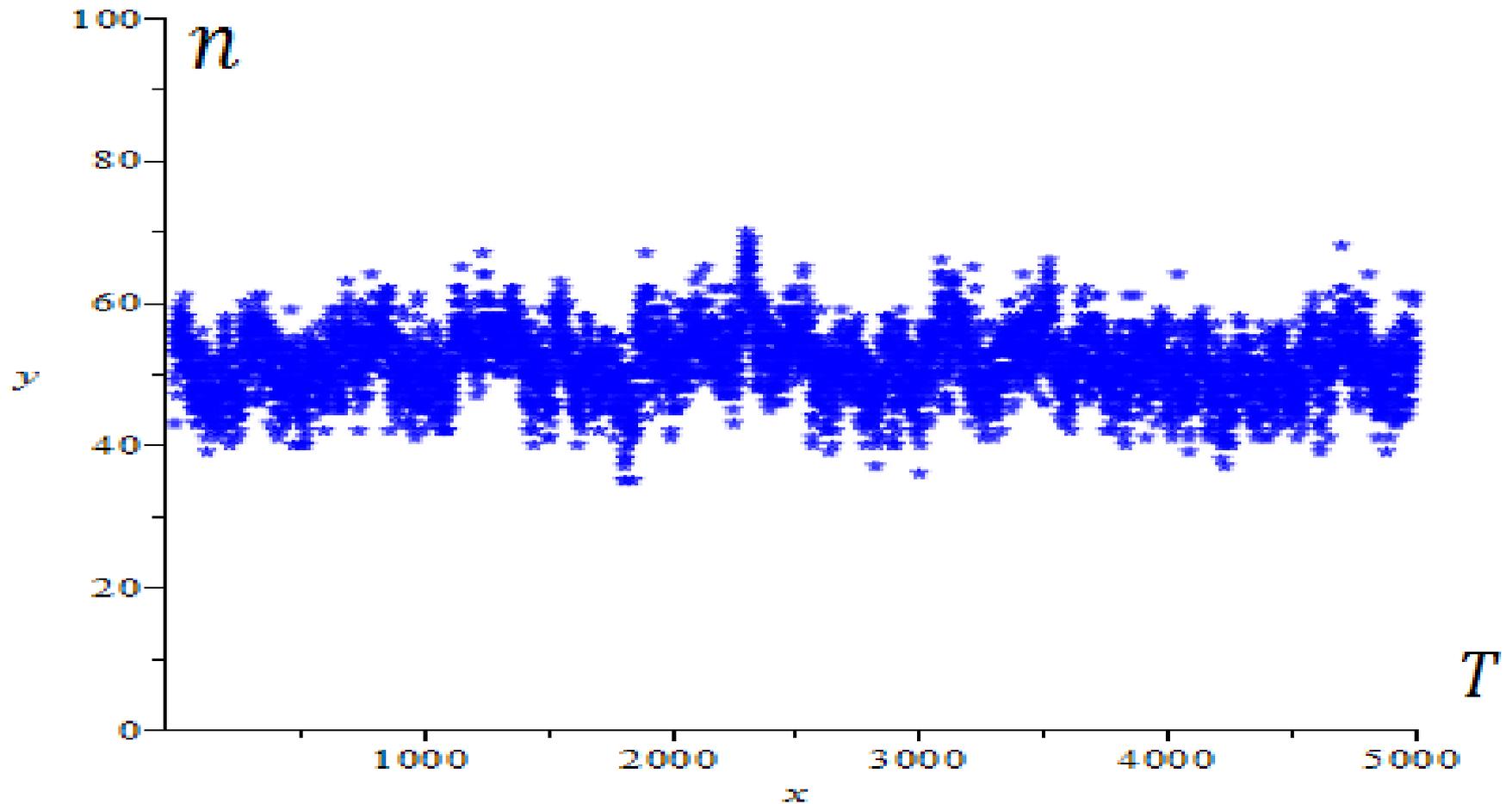
Если в k -ый период $\alpha_{ij}^k \neq 0$,

тогда в $k+1$ период $\alpha_{ji}^k = \beta_i \alpha_{ij}^k$

где $\beta_i \sim U(-1,1)$, $i = \overline{1, n}$ - некоторая характеристика каждого агента, выбранная случайно.

Индивидуализация агентов. Результаты

$n=100$, $T=5000$

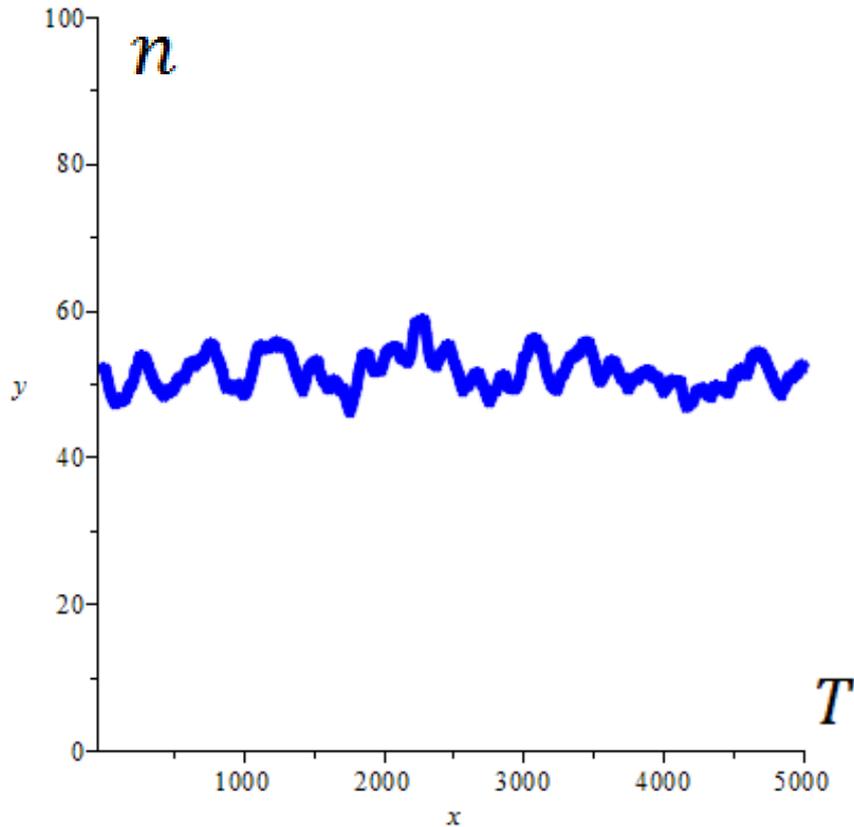


Индивидуализация агентов.

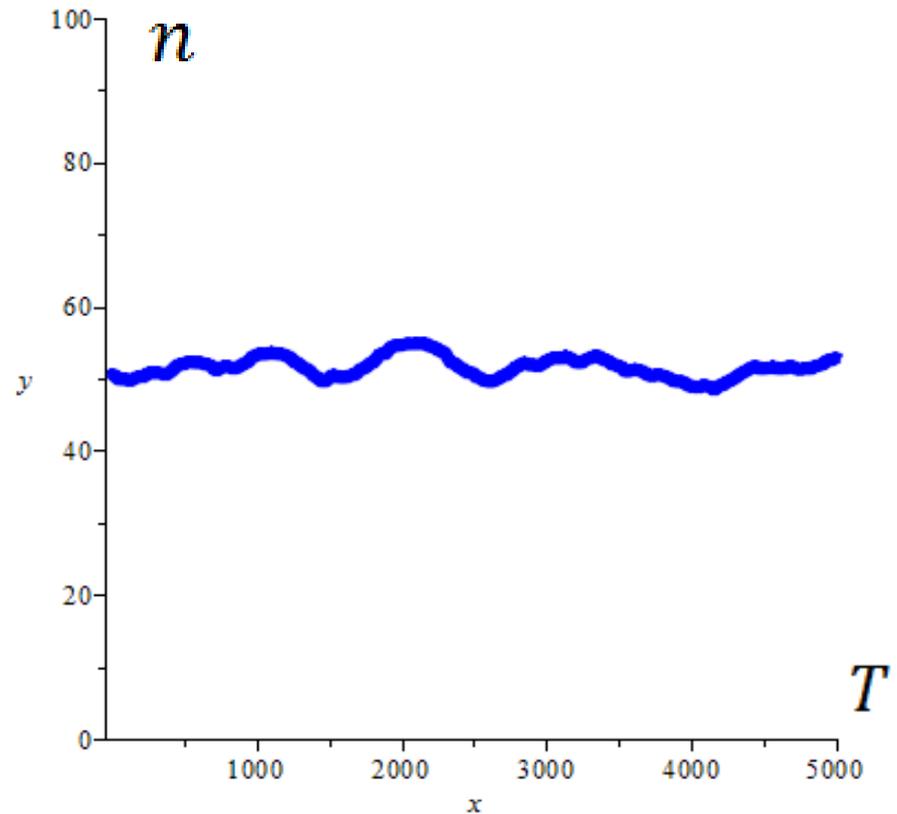
Результаты

$n=100$, $T=5000$

усредненные за 100 периодов кол-во особей в популяции



усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



Модель Хёнинга и её модификации

Выводы:

- 1) Анонсированный результат Хёнинга повторить не удалось;
- 2) Для получения желаемого результата вымирания популяции необходимо введение антисимметрии во взаимодействиях агентов (особей).

Важнейшая характеристика модели Хёнинга:
взаимодействие формируется экзогенно с помощью реакции типа «инстинкт»

Модель с эндогенно заданным внутрипопуляционным взаимодействием (МЭЗВВ)

Основные параметры модели:

1. Размерность поля (dim)
2. Начальное количество агентов
3. Начальный уровень здоровья
4. Тип поведения агентов (с атакой/без атаки)
5. Темп роста ресурса (4 к 100)
6. Пороговое значение «голоден/сыт» (5 или более периодов без ресурса = голоден)
7. Предельно возможный возраст агента (40 периодов)
8. Условия, при которых агенты могут размножаться

Пример

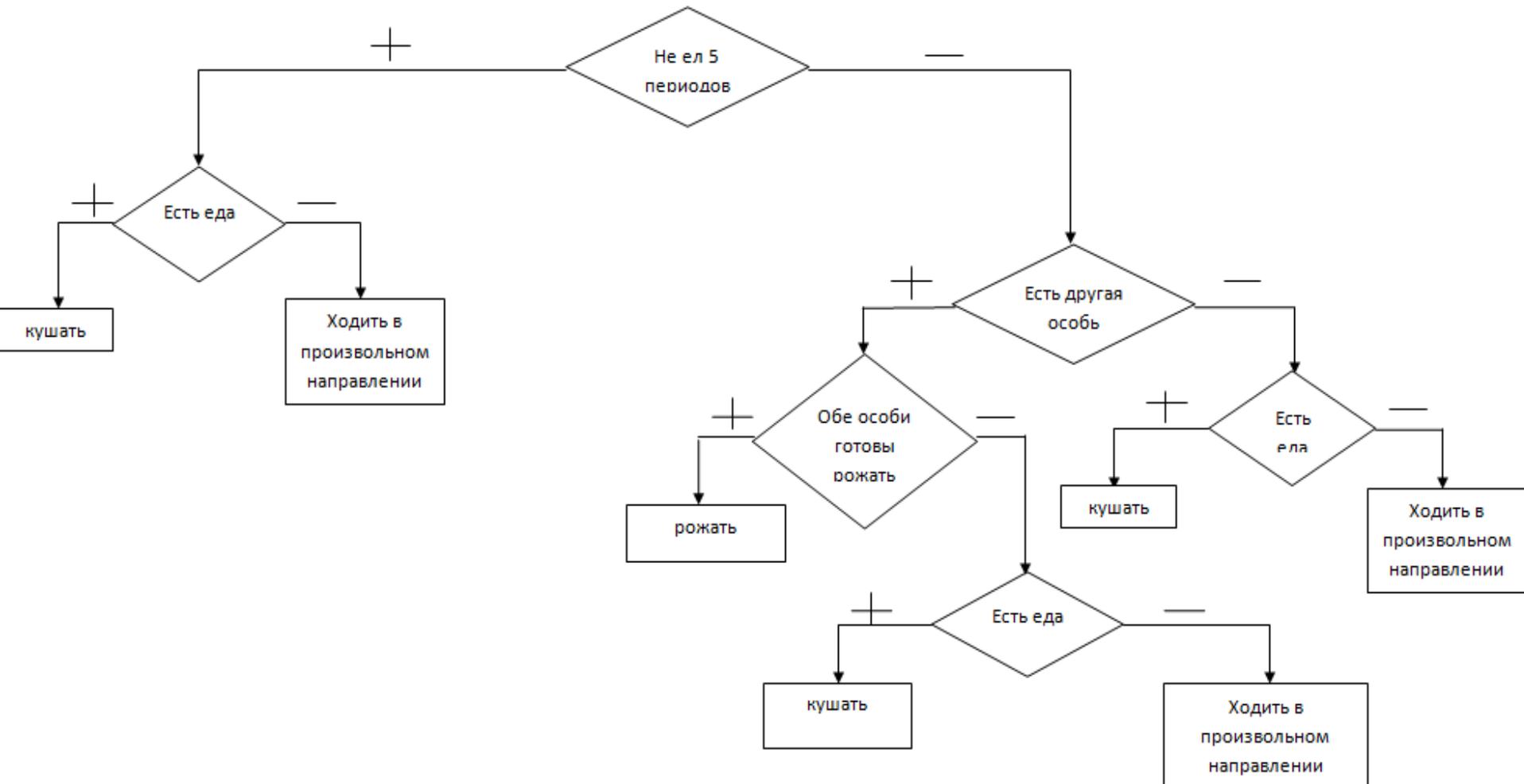
0	0	0	0	17	12	0	0	0	0
0	0	47	29	0	0	0	0	0	8
0	0	0	-2	0	0	8	0	0	0
0	0	0	21	17	13	11	0	13	6
11	0	-2	0	0	0	0	0	5	0
-2	0	0	9	0	26	16	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
-2	0	16	0	0	0	26	0	0	0
0	0	0	15	14	0	0	0	0	0
13	0	27	0	21	0	0	0	0	0

Зеленые клетки – ресурс

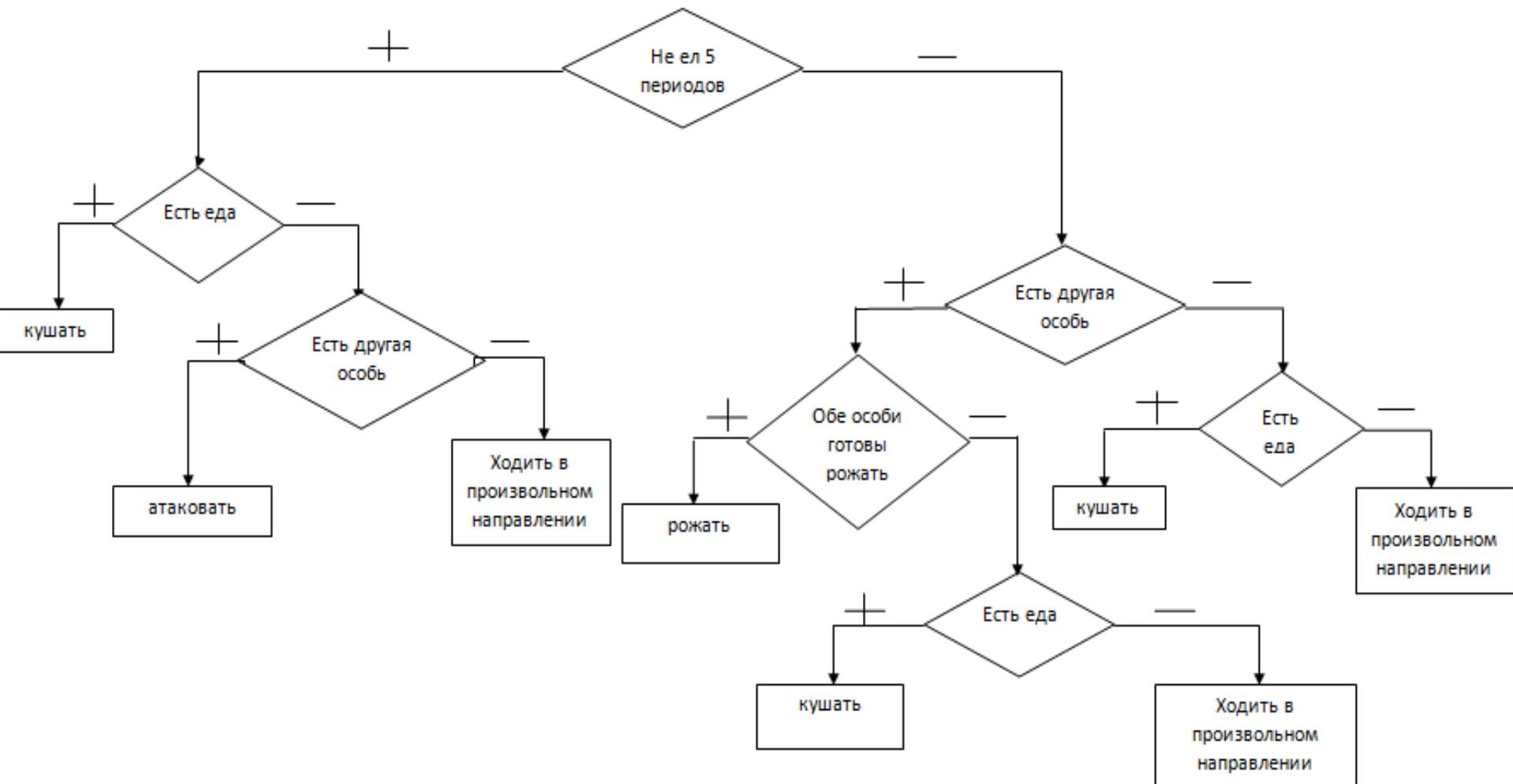
Оранжевые клетки – агенты

Цифры в клетках – уровень здоровья агентов

Модель поведения агентов без атаки



Модель поведения агентов с атакой

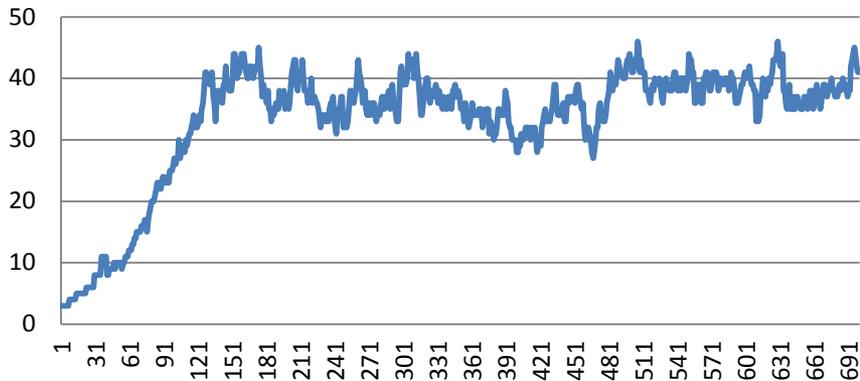


МЭЗВВ. Сравнение двух типов поведения (dim=10)

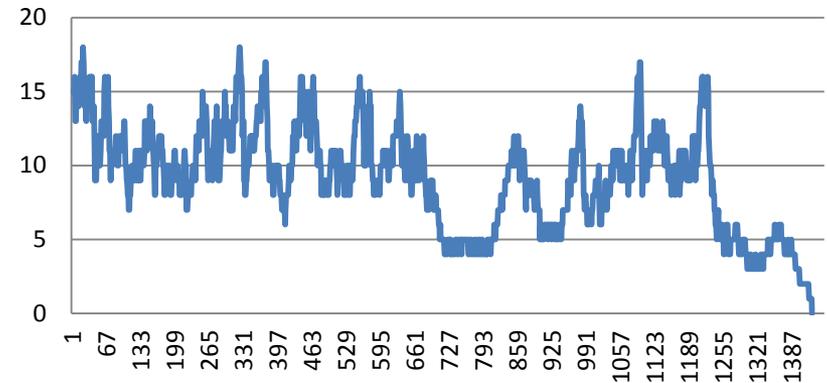
поведение – без атаки

поведение – с атакой

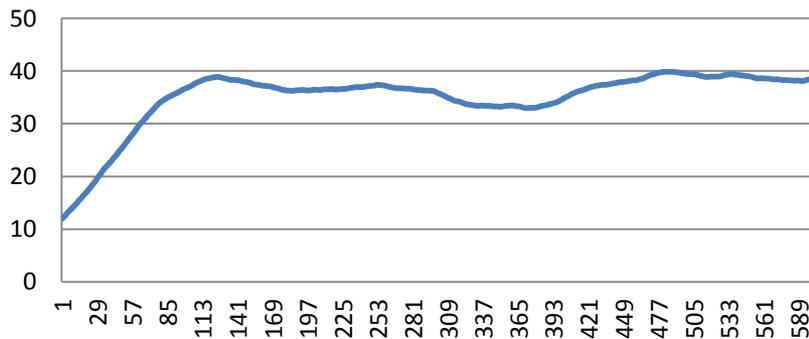
количество особей



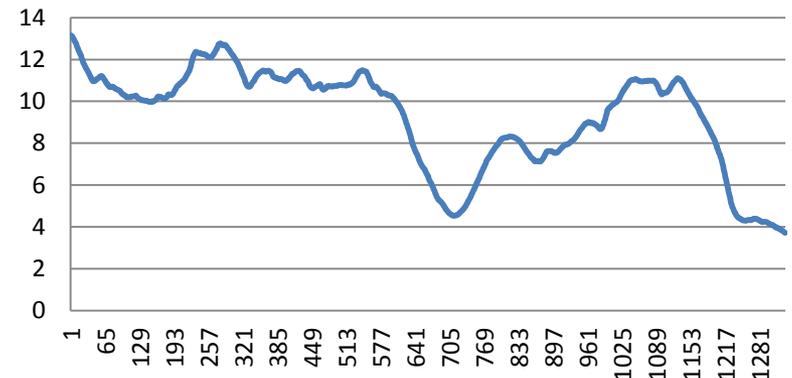
количество особей



усредненные за 100 периодов кол-ва особей в популяции



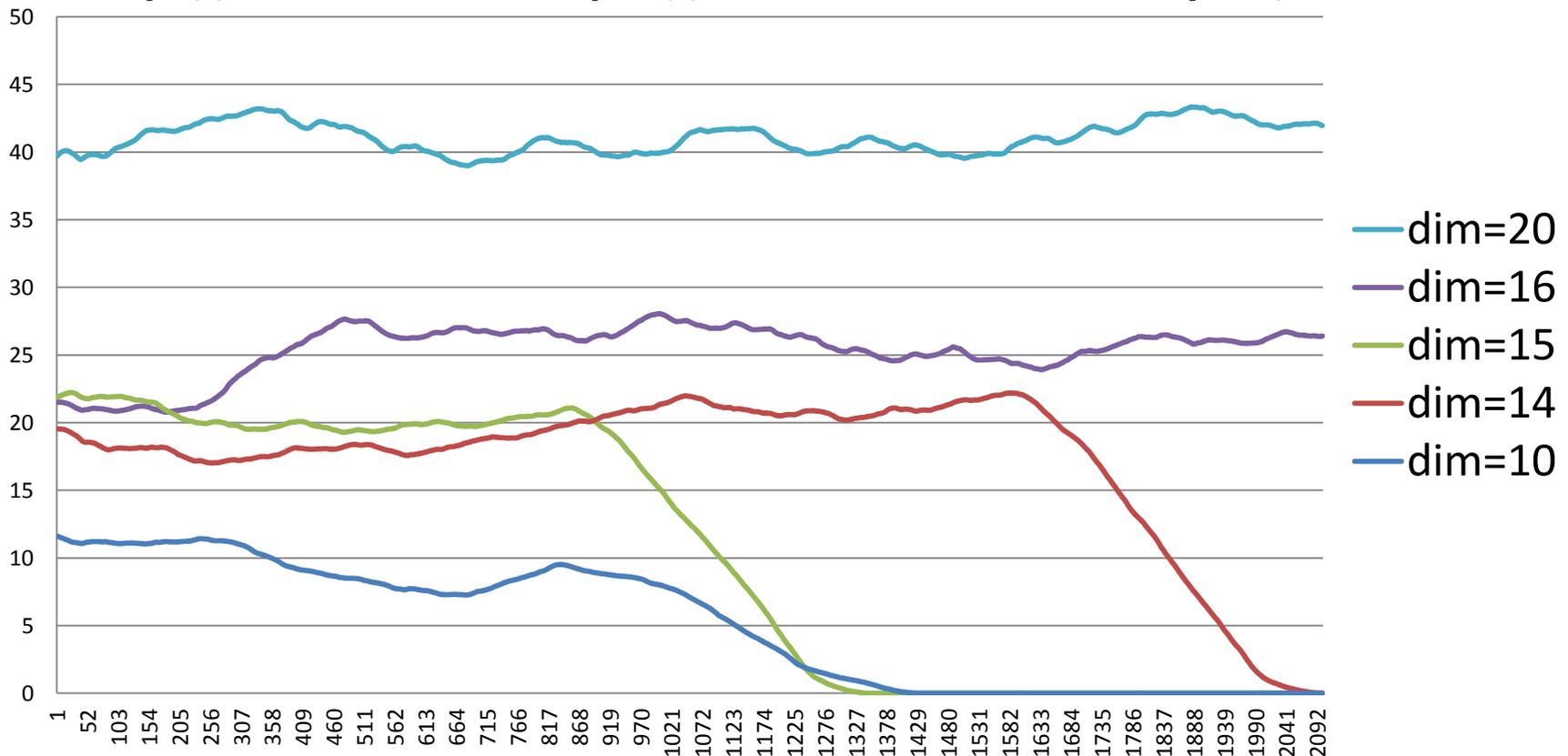
усредненные за 100 периодов кол-ва особей в популяции



МЭЗВВ. Модель с атакой. Сравнение по размерности (начальный уровень здоровья = 20)

популяции при $\text{dim} < 16$ вымирают

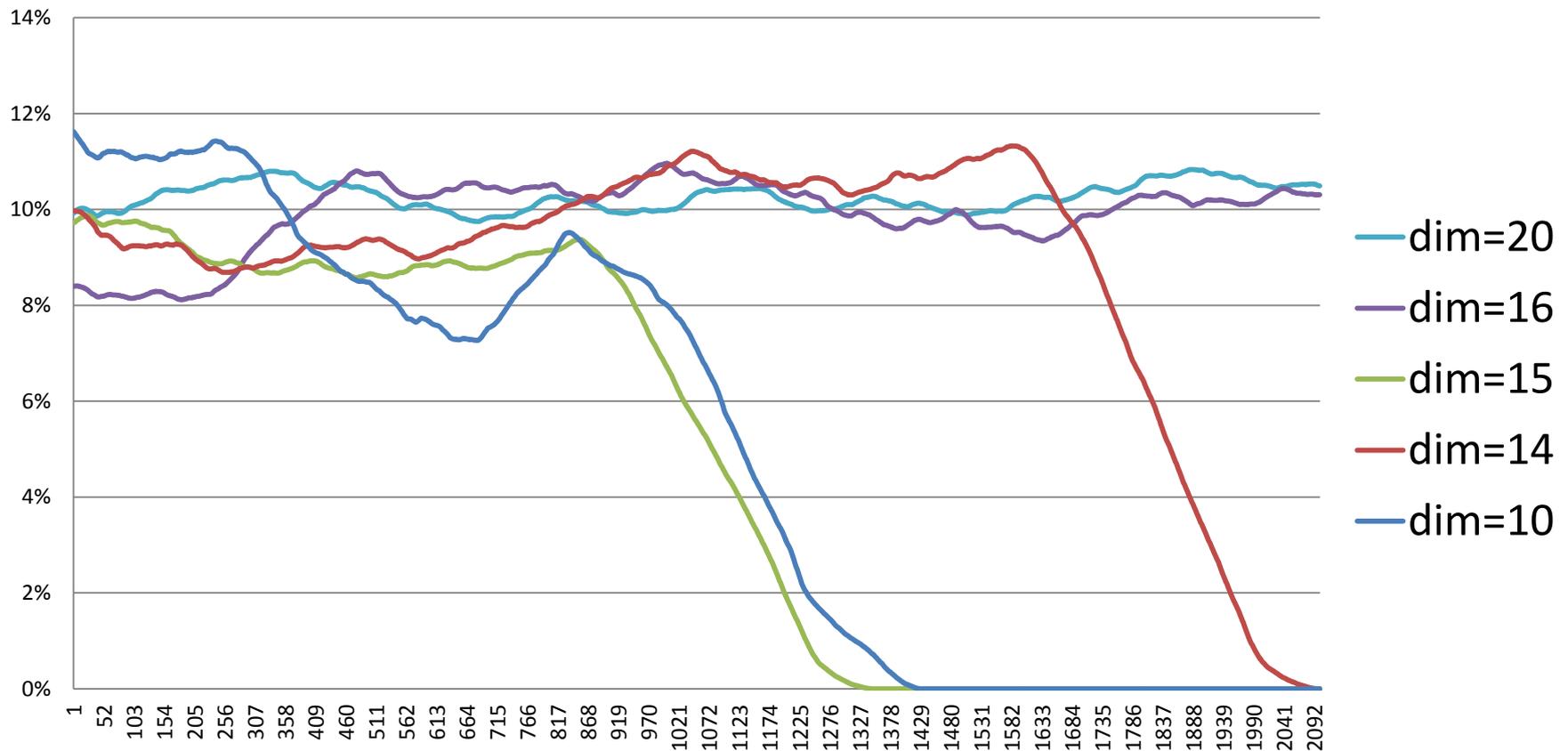
Усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



МЭЗВВ. Модель с атакой. Сравнение по размерности (начальный уровень здоровья = 20)

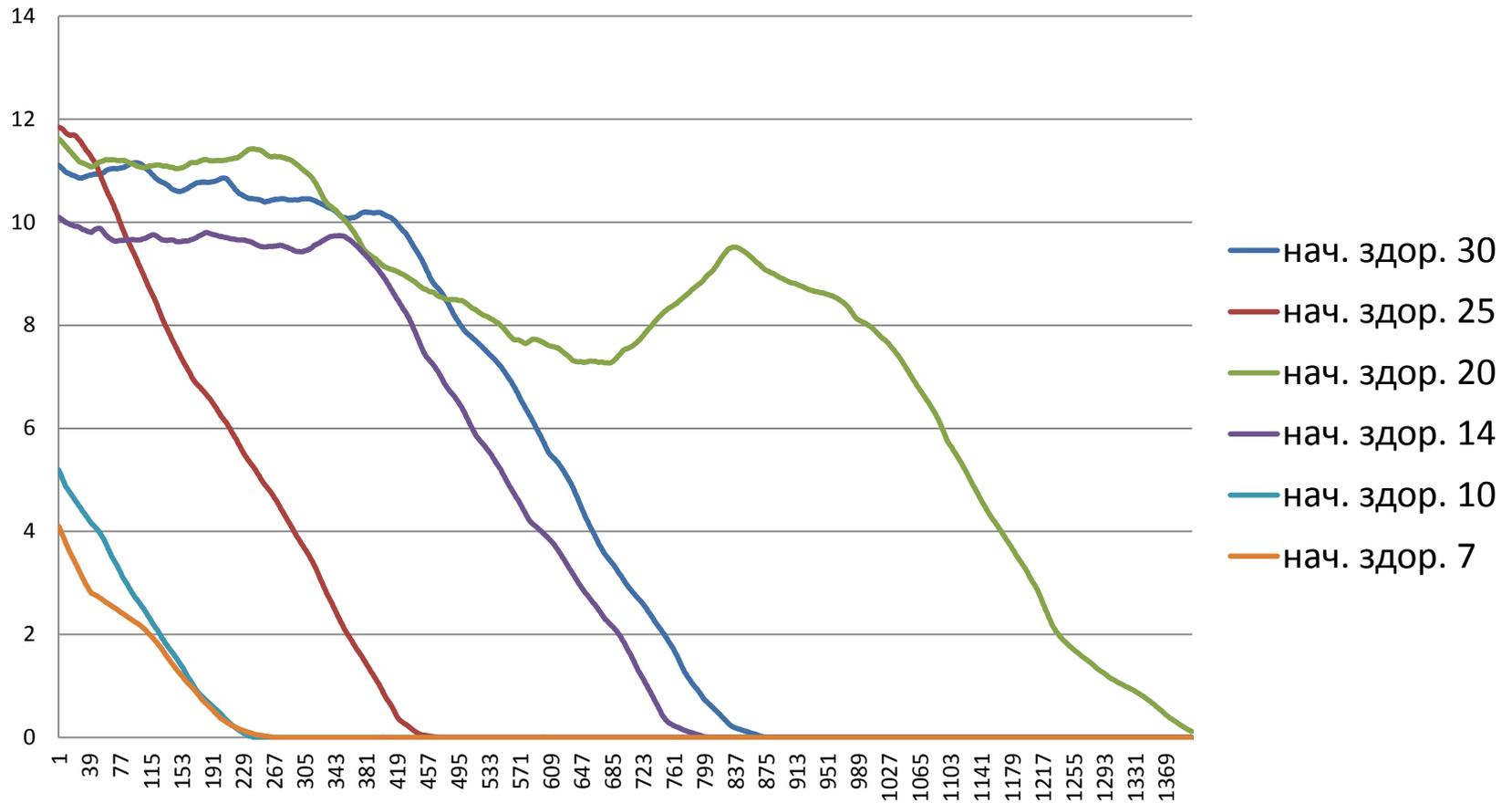
популяции при $\text{dim} < 16$ вымирают

Усредненные за 400 периодов плотность популяции



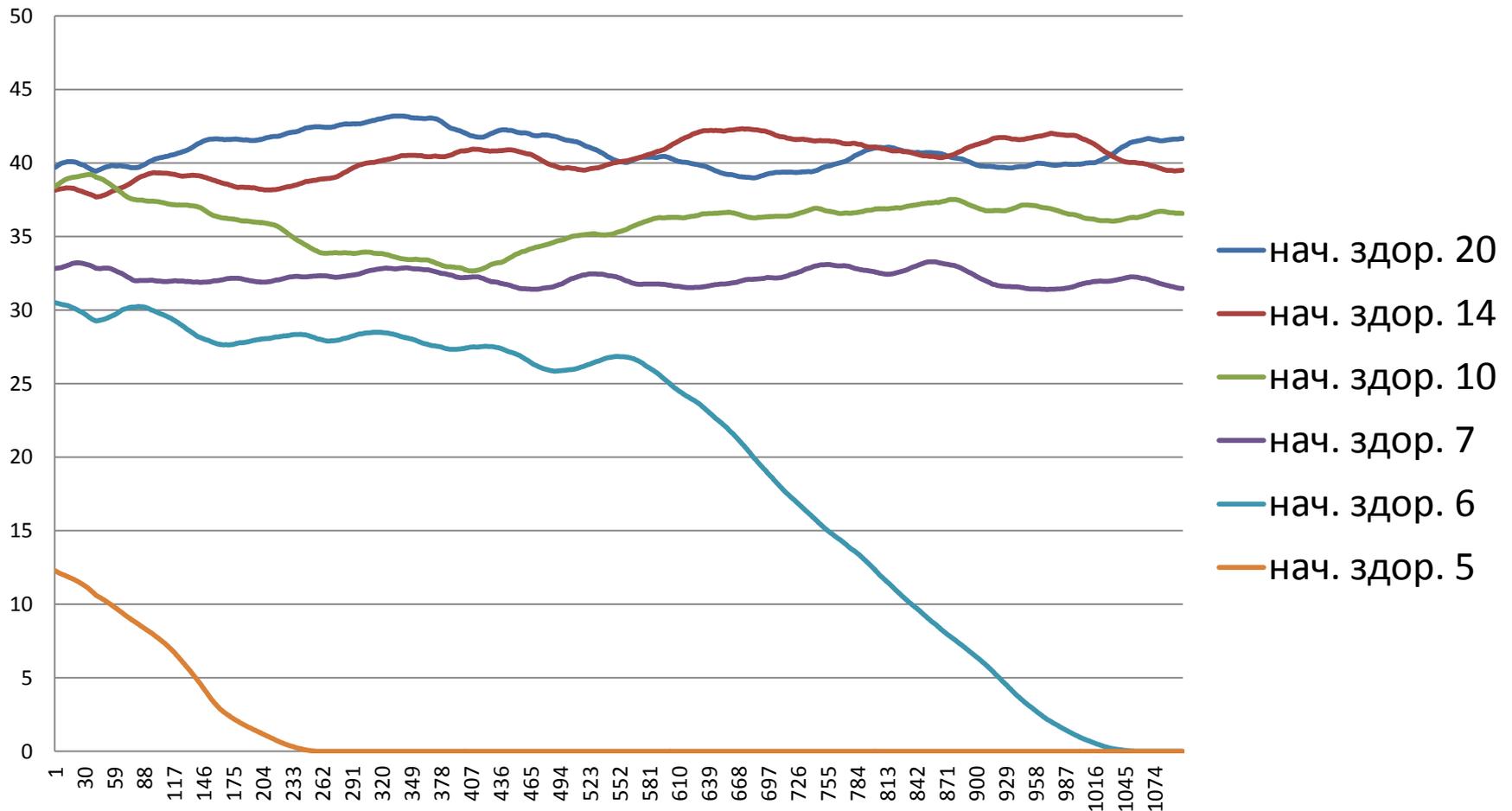
МЭЗВВ. Модель с атакой. Сравнение по начальному уровню здоровья (dim=10)

Усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



МЭЗВВ. Модель с атакой. Сравнение по начальному уровню здоровья (dim=20)

Усредненные за 400 периодов кол-во особей в популяции



МЭЗВВ. Выводы

- Не строгая монотонность времени существования популяции от размерности (\dim)
- При определенных значениях \dim выявляется не монотонная зависимость времени жизни популяции от начального уровня здоровья
- При фиксированном уровне нач. здоровья существует равновесное значение плотности популяции, не зависящее от \dim (гипотеза)

Литература

- Peter A. Henning. Computational Evolution // Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, pp.175-193, 2008.
- J. Epstein, R. Axtell. Growing Artificial Societies: Social Science From The Bottom Up // Brookings Institute Press, 1996.
- W. Poundstone. The recursive universe. Chicago, IL: ContemporaryBooks, 1985.
- T. S. Schelling. Micromotives and macrobehavior, W. W. Norton and Co, N.Y., 1978.
- U. Wilensky, K. Reisman. Connected Science: Learning biology through constructing and testing computational theories - an Embodied modeling approach // International Journal of Complex Systems, 1999.
- S. Younger. Violence and revenge in egalitarian societies. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 8(4), 2005.
- URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/11.html>.

Литература (продолжение)

- W. Jager, R. Popping, H. van de Sand Clustering and Fighting in Two-party Crowds: Simulating the Approach-avoidance Conflict. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 4(3), 2001. URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/3/7.html>.
- L. E. Blume. Evolutionary equilibrium with forward-looking players. Mimeo, Cornell University, 1995.
- Bruce M. Knauft. Reconsidering violence in simple human Societies. Current Anthropology, 28(4), 1987, pp. 457-500.
- U. Wilensky. NetLogo Heatbugs model. Center for connected learning and computer-based modeling, Northwestern University, Evanstone, IL, 2004. URL <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Heatbugs>.
- G. B. Ermentrout, L. Edelstein-Keshet. Cellular automata approach to biological modeling. Journal of Theoretical Biology, 160:97-133, 1993.
- S. J. Gould. The structure of evolutionary theory. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 2002.

Литература (продолжение)

- R. Sole and S. Manrubia. Extinction and self-organized criticality in a model of large-scale evolution. *Physical Review*, B54(8):R42-R45, 1996.
- S. Bowles. Individual interactions, group conflict, and the evolution of preferences. *Social dynamics* 155, 190. 2001.
- S. Bowles, J. Choi, A. Hopfensitz. The co-evolution of individual behaviors and social institutions. *Journal of Theoretical Biology* 223 (2), 135-147, 2003.
- A.R. Bahtizin. *Agent-based modeling of economy*. M.: ZAO «Izdatelstvo «Economica»», 2008. – 279 p.