

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ
ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НАСЕКОМЫМ С УЧЕТОМ
ОСОБЕННОСТЕЙ ЛАНДШАФТА МЕСТНОСТИ****Ю.А. Плешкова, А.М. Лихтер**

Статья посвящена математическому моделированию характеристик канала передачи оптической информации насекомым различных классов с учетом особенностей ландшафта местности. При формировании информационных критериев учтены шумы, возникающие в любой реальной системе, а также спектральные характеристики отражения воды, почвы и растительности, весовые коэффициенты которых задаются с помощью датчика случайных чисел, генерирующего последовательность с равномерным распределением в заданном интервале значений.

Полученные зависимости функции «отношение сигнал/шум» позволяют повысить эффективность функционирования биокibernетических систем управления поведением насекомых.

Ключевые слова: биокibernетические системы, насекомые, процесс передачи информации

Key words: biocybernetic systems, insects, process of transferring information.

Одной из важных проблем при разработке эффективных систем управления биологическими объектами является построение математической модели передачи оптической информации от устройства, формирующего управляющий сигнал, к объекту управления – насекомому.

Предложенная модель учитывает особенности ландшафта местности среды обитания насекомых, что позволяет рассчитать энергетические и информационные характеристики канала передачи оптической информации, необходимые для дальнейшего построения эффективных биокibernетических систем управления (БКС).

Так как наибольшее количество информации, необходимой для осуществления жизненно важных функций, насекомые получают с помощью зрительного рецептора [2], моделирование процесса передачи оптической информации в БКС управления поведением насекомых (рис. 1) с учетом особенностей ландшафта местности является весьма актуальной задачей.

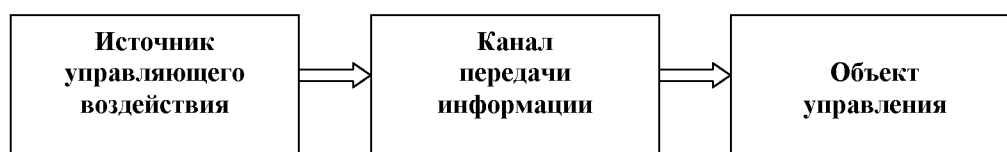


Рис. 1 Схема биокibernетической системы управления поведением насекомых с применением оптического излучения

Математическая модель канала передачи оптической информации дневным летающим насекомым [3, с. 25] учитывает не только особенности ландшафта местности на рассматриваемой территории, но и наличие в любой реальной системе помех от естественных и искусственных источников электромагнитного излучения, которыми, в данном случае, являются излучение небесных тел, Земли и ее покровов, атмосферы [4].

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Выражение для описания шума, вызванного отражением солнечного излучения от подстилающей поверхности (вода, почва, растительность), имеет следующий вид:

$$Ш_{c.з.} = \frac{m}{\pi} \left(\frac{R_c}{R_{c.o}} \right)^2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \xi(\lambda, T) \cdot k(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot [\mu(\lambda) \cdot S_1 + \nu(\lambda) \cdot S_2 + \psi(\lambda) \cdot S_3] \cdot e^{-q(\lambda)} d\lambda \quad (1)$$

где $\xi(\lambda, T)$ – спектральное распределение излучения Солнца, $R_c, R_{c.o}$ – радиусы Солнца и земной орбиты соответственно, m – коэффициент, учитывающий разницу между функциями видности глаза человека и насекомого, $k(\lambda)$ – спектральный коэффициент пропускания атмосферы в УФ и видимой частях спектра, $\tau(\lambda)$ – функция относительной спектральной чувствительности глаза насекомого, $\mu(\lambda)$, $\nu(\lambda)$, $\psi(\lambda)$ – спектральные коэффициенты отражения почвы, воды и растительности соответственно, S_1, S_2, S_3 – весовые коэффициенты, показывающие относительную долю площади, занимаемой соответствующими поверхностями в $1 м^2$.

Шум, обусловленный отражением излучения селективного источника управляющего оптического сигнала от подстилающей поверхности, определяется выражением:

$$Ш_{и.з.} = \frac{m}{h_2^2 \cdot \pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} r(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot e^{-q(\lambda) \cdot h_2} \cdot [\mu(\lambda) \cdot S_1 + \nu(\lambda) \cdot S_2 + \psi(\lambda) \cdot S_3] \cdot d\lambda \quad (2)$$

где h_2 – расстояние от земной поверхности до селективного источника оптического излучения.

Для описания кривых спектральных отражательных характеристик ряда природных поверхностей [4] в среде Origin 8 были подобраны функции, дающие наилучшее приближение экспериментальных данных, и методом наименьших квадратов рассчитаны их параметры:

$$\nu(\lambda) = 0,01 + \frac{0,67}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{137} \right)^3} - \text{водная поверхность}, \quad (3)$$

$$\mu(\lambda) = 0,41 - \frac{0,51}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{440} \right)^5} - \text{почва}, \quad (4)$$

$$\psi(\lambda) = 0,25 \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{310}\right) + 0,32 - 0,003 \lambda \cdot 10^9 - \text{растительность}. \quad (5)$$

При оценке оптического шума (рис. 2а, б, в), создаваемого естественными и искусственными источниками излучения, рассмотрены следующие случаи комбинации весовых коэффициентов различных поверхностей: 1) $S_1 = 1, S_2 = S_3 = 0$; 2) $S_2 = 1, S_1 = S_3 = 0$; 3) $S_3 = 1, S_1 = S_2 = 0$; при этом учтено, что высота селективного источника света над поверхностью земли изменяется в пределах от 1 до 10 м, а среднее значение высоты полета насекомых составляет порядка 4 м.

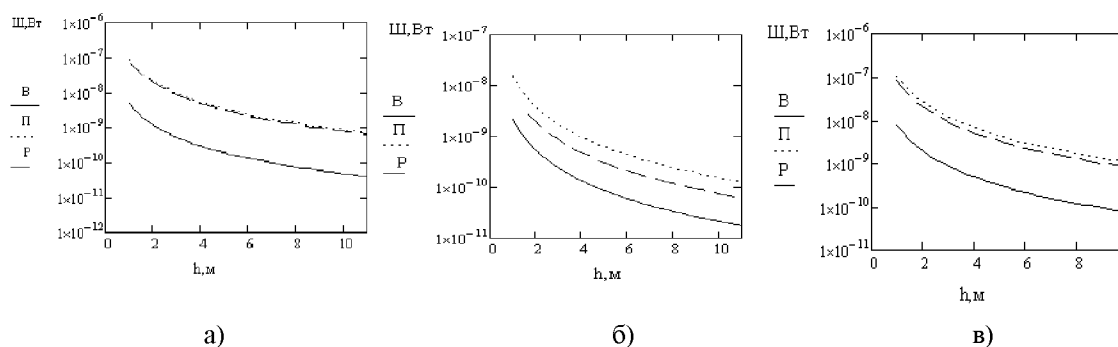


Рис. 2. Графики оптического шума, создаваемого селективным источником света (вольфрамовая лампа при $T = 1500\text{K}$, В – водная поверхность, П – почва, Р – растительность, $h_1 = 4\text{ м}$) в зависимости от высоты источника до земной поверхности, а также обусловленного отражением солнечного излучения от подстилающей поверхности для насекомых с различными типами зрения: а) монохромное; б) дихромное; в) трихромное

Анализ графиков, представленных на рис. 2а, б, в, позволяет сделать следующие выводы:

- для всех видов шумов наблюдается одинаковый характер убывания с высотой от поверхности земли до источника оптического излучения;
- шум от водной поверхности на два порядка меньше, чем от поверхности почвы и растительности.

С учетом математической модели оптического канала передачи информации [3, с. 26] запишем выражение функции «отношение сигнал / шум» в общем виде:

$$\frac{C}{Ш} = \frac{m \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} r(\lambda) \tau(\lambda) \exp(-q(\lambda)l) d\lambda}{l^2 (Ш_c + Ш_{c.з} + Ш_{u.з})} \quad (6)$$

В результате расчетов были получены значения функции «отношение сигнал / шум», которые лежат в пределах от 0,003 до 1, что может оказаться недостаточным для эффективного осуществления процесса управления поведением насекомых (рис. 3а, б, в).

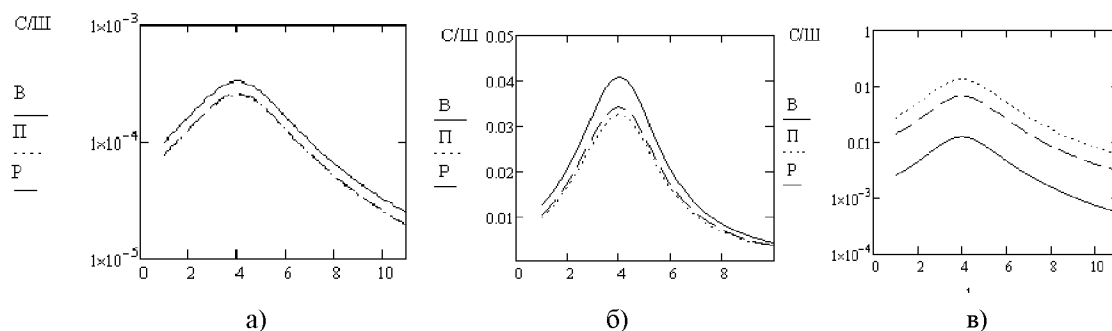


Рис. 3. Графики зависимости функции «отношение сигнал / шум» от высоты над поверхностью Земли при предельных значениях весовых коэффициентов природных поверхностей (В – водная поверхность, П – почва, Р – растительность) для насекомых с различными типами зрения: а) монохромное; б) дихромное; в) трихромное

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Из анализа графиков, представленных на рис. 3а, б, в, можно сделать нижеследующие выводы:

- во всех случаях наблюдается зависимость максимального значения функции «отношение сигнал / шум» от высоты селективного источника электромагнитного излучения над поверхностью Земли;
- функция «отношение сигнал / шум» принимает максимальное значение при высотах в интервале [4–5] м для насекомых со всеми типами зрения;
- особенности ландшафта местности существенно (на порядок) изменяют максимальное значение функции «отношение сигнал / шум».

Для имитации реальных условий прохождения оптического излучения в БКС применяется датчик случайных чисел [1], который моделирует случайные изменения весовых коэффициентов системы управления в соответствии со следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} S_1 &= rnd(1) \\ S_2 &= rnd(1 - S_1) \\ S_3 &= 1 - S_1 - S_2 \end{aligned} \quad (7)$$

где $rnd(1)$ – функция, позволяющая получить равномерно распределенное случайное число в заданном интервале значений $[0, 1]$.

Таблица

Наборы весовых коэффициентов отражательных характеристик природных поверхностей

	N_1	N_2	N_3
S_1	0,696	0,543	0,211
S_2	0,133	0,199	0,437
S_3	0,171	0,257	0,353

В качестве примера приведены графики (рис. 4а, б, в) зависимостей функции «отношение сигнал / шум» для нескольких случайных наборов весовых коэффициентов (см. табл.).

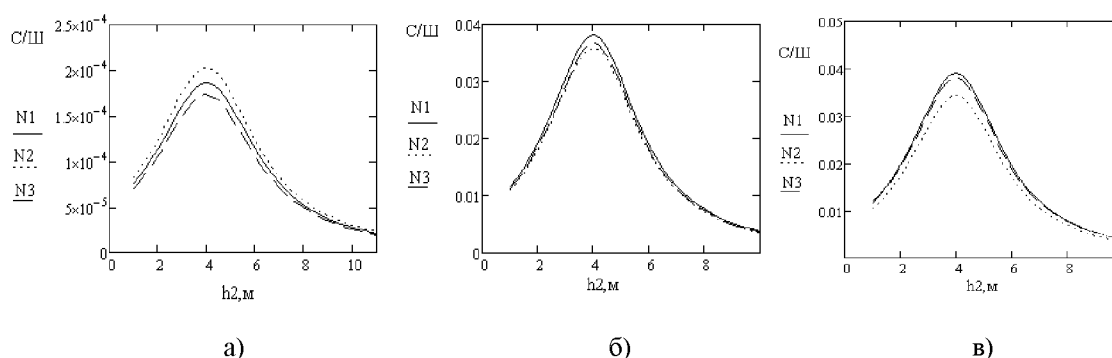


Рис. 4. Графики зависимости функции «отношение сигнал / шум» от высоты источника над поверхностью Земли при произвольном наборе весовых коэффициентов природных поверхностей (В – водная поверхность, П – почва, Р – растительность) для насекомых с различными типами зрения: а) монохромное; б) дихромное; в) трихромное

Из анализа графиков на рис. 4 следует, что для всех наборов весовых коэффициентов природных поверхностей наблюдается зависимость максимального значения функции «отношение сигнал / шум» от высоты нахождения селективного источника электромагнитного излучения над поверхностью Земли.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Построена математическая модель канала передачи оптической информации насекомым с учетом особенности ландшафта местности.

2. Исследованы зависимости энергетических и информационных характеристик канала передачи оптической информации от особенности ландшафта местности.

3. Установлено, что существуют оптимальные параметры взаимного расположения источника и приемника управляющего оптического сигнала, при которых процесс передачи информации насекомым с различными типами зрения является наиболее эффективным.

Библиографический список

1. *Бобнев М. П.* Генерирование случайных сигналов / М. П. Бобнев. – М. : Энергия, 1997.
2. *Мазохин-Поршняков Г. А.* Руководство по физиологии органов чувств насекомых / Г. А. Мазохин-Поршняков. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977.
3. *Плешкова Ю. А.* Модель процесса передачи оптической информации в системах управления поведением насекомых / Ю. А. Плешкова, А. М. Лихтер // Экологические системы и приборы. – 2010. – № 12. – С. 24–27.
4. *Тимофеев Ю. М.* Теоретические основы атмосферной оптики / Ю. М. Тимофеев, А. В. Васильев. – СПб., 2003.

УДК 517.958:5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИНОВ СО СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

Ю.А. Очередко, Н.М. Алыков

С использованием аппарата квантовой механики создана математическая модель, которая объединяет рассчитанные квантово-химическими методами оптимизированные структуры диоксинов, компонентов клеточной мембраны (полипептидов, углеводов, липидов, фосфолипидов), дипольные моменты рассматриваемых структур и термодинамику их взаимодействия.

Ключевые слова: моделирование, активные центры, молекулярный граф, математическая модель.

Key words: modeling, active centers, molecular graph, mathematic model.

Одной из важнейших проблем, угрожающих состоянию окружающей среды, является накопление большого количества чрезвычайно токсичных химических веществ, способных влиять на живые организмы.

Ведущее место среди токсикантов занимают диоксин и диоксиноподобные вещества, которые являются отходами или побочными продуктами (микропримесями) в целом ряде технологий и получаются только искусственным путем. В последние полвека их произво-