

УДК 681.51 / 639.2

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПОДВОДНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА В СИСТЕМАХ ЛОВА ГИДРОБИОНТОВ

Кузьмин Анатолий Николаевич, аспирант, Астраханский государственный технический университет, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: astratem@mail.ru

Лихтер Анатолий Михайлович, доктор технических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: likhter@bk.ru

Рогожина Юлия Николаевна, магистрант, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: rogozhinayu@inbox.ru

Статья посвящена анализу систем управления ловом гидробионтов с применением селективных источников электромагнитного излучения оптического диапазона.

Лов рыбы на свет имеет достаточно большую историю. К настоящему времени создаются и применяются источники света при лове каспийской кильки, хамсы, черноморской ставриды, сайры, кальмара. Однако в связи с общим состоянием промысловых запасов рыбы, изменением ее видового состава, а также развитием новых видов промысла (лягушек, черепах и других), становится актуальной задача разработки автоматизированных систем управления ловом гидробионтов с использованием методов оптимизации параметров элементов указанных систем на основе информационных критериев качества.

В качестве целевой функции для решения задачи оптимизации взята пропускная способность канала передачи оптической информации объекту управления, в которую входит функция «отношение сигнал – шум». В данной статье показана процедура получения аналитического выражения указанной функции для системы лова каспийской кильки, получены формулы для описания спектральной излучательной способности источника света, функции пропускания света в водоеме, чувствительности глаза рыбы, позволяющие, в результате, исследовать зависимости целевой функции от параметров системы управления ловом.

Ключевые слова: управление ловом, гидробионты, биокibernетические системы, оптическая информация, источники света

HYDROBIONT FISHING SYSTEMS: THE MODEL FOR TRANSFERING OPTICAL INFORMATION FROM AN UNDERWATER LIGHT SOURCE

Kuzmin Anatoliy N., post-graduate student, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, 414025, Russian Federation, e-mail: astratem@mail.ru

Likhter Anatoliy M., D.Sc. (Engineering), Associate Professor, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: likhter@bk.ru

Rogozhina Yuliya N., undergraduate student, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: rogozhinayu@inbox.ru

The article analyzes an aquatic fishing control systems, using a selective electromagnetic emitter functioning in the optical band.

Light sources have been created and are used in fishing for Caspian sprats, anchovies, Black Sea scads, sauries and calamari. But changes are taking place in the species composition due to the depleted state of commercial fishing stocks. Moreover, in the critique's view, to avoid the accidental catching of turtles and frogs, the

automated control systems for aquatic fishing need to be optimized and have their basic information quality elements refined.

Objectively, optimization would limit optical information to the control system, which includes the 'signal-noise' function. This document features analytical expressions for the specified function of the Caspian sprat fishery, formulae for describing the light source's spectral emissivity, information on underwater light transmission, and data on the sensitivity of the eye fish (allowing the researcher to investigate the dependence of the function within the parameters of the selected fishing control system).

Keywords: control fishing, hydrobionts, biocybernetical system, optical information, light sources

Внедрение биокибернетических систем (БКС) управления поведением гидробионтов [3, 8, 9] с применением селективных источников электромагнитного излучения оптического диапазона является одним из наиболее перспективных направлений развития промышленного рыболовства [7]. В последнее время изменилась техническая база рыболовства, повысились требования к эффективности лова, возник ряд новых проблем, связанных с внедрением систем управления процессами лова. В то же время и уровень исследований в этой области существенно вырос, появились новые научные работы, посвященные решению возникших задач [1, 6, 7]. Однако стоит отметить, что разработанные модели не в полной мере учитывают некоторые параметры внешней среды, которые могут оказать существенное влияние на работу БКС.

Повышение эффективности функционирования БКС управления поведением гидробионтов (рис. 1) с применением селективных источников электромагнитного излучения оптического диапазона может быть достигнуто в результате применения методики оптимального проектирования оптико-электронных систем и выборе их эффективных параметров с использованием аналитических выражений характеристик всех элементов БКС.



Рис. 1. Схема биокибернетической системы управления поведением гидробионтов

Предлагаемый подход при моделировании физических полей различной модальности в системах управления поведением гидробионтов состоит в решении задачи оптимального проектирования элементов БКС, причем в качестве целевых функций используются информационные критерии качества. Основными информационными характеристиками физических полей различной модальности являются: возможный объем передаваемой информации, который зависит от информационной емкости сигнала; дальность передачи информации; уровень помех при передаче информации во внешней среде и пропускная способность канала передачи информации объекту управления:

$$\Pi = \Delta f \cdot \log_2(1 + \eta), \quad (1)$$

где $\eta = C/Ш$ – функция «отношение сигнал – шум», Δf – полоса частот, воспринимаемая приемником информации [4].

В любой реальной системе принятый сигнал отличается от переданного в связи с влиянием внешних помех, поэтому при моделировании оптического канала передачи информации в БКС управления поведением гидробионтов необходимо учитывать шумы, присутствующие при прохождении полезного сигнала от источника селективного электромагнитного излучения к объекту управления [10].

Источником внешних естественных помех в дневное время суток является излучение Солнца, которое можно считать излучением абсолютно черного тела. В ночное время естественным источником электромагнитного излучения является Луна, которая отражает часть солнечного излучения (100–1500 нм). Собственное излучение Луны в модели не учитывается, так как ее спектральный диапазон (1500–2000 нм) не включает в себя спектральный диапазон чувствительности органа зрения гидробионтов (400–640 нм).

Если приемником излучения считать орган зрения рыб, тогда сигнал, считываемый с него, можно представить в виде:

$$C(\lambda, H) = \frac{683}{H^2} \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \exp[-\alpha(\lambda, H)] I(\lambda) v_p(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где $I(\lambda)$ – функция спектральной пространственной плотности излучения источника; $v_p(\lambda)$ – функция относительной спектральной чувствительности глаза рыбы; λ_1, λ_2 – значения длин волн, соответствующие нижней и верхней границам чувствительности глаза гидробионтов; $\alpha(\lambda, H)$ – показатель ослабления света в воде; H – глубина лова.

В случае темновой адаптации глаз рыб с учетом шума, создаваемого отраженным излучением Луны, получим:

$$Ш_H(\lambda, H) = \frac{683}{H^2} \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \exp[-\alpha(\lambda, H)] \xi(\lambda) \cdot \mu(\lambda) v_p(\lambda) d\lambda, \quad (3)$$

где $\xi(\lambda) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp(hc/kT) - 1}$ – спектральное распределение излучения Солнца, $h = 6.02 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме; T – абсолютная температура, К; $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; $\mu(\lambda)$ – функция относительной спектральной пространственной плотности излучения Луны, которая отражает часть солнечного света.

С учетом формул (2)–(3) запишем выражения функции «отношение сигнал – шум» для режима темновой адаптации:

$$\frac{C}{Ш} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \exp[-\alpha(\lambda, H)] I(\lambda) v_p(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \exp[-\alpha(\lambda, H)] \xi(\lambda) \cdot \mu(\lambda) v_p(\lambda) d\lambda}. \quad (4)$$

Для получения функций, описывающих экспериментальные кривые относительной спектральной чувствительности глаз рыб в случаях темновой адаптации (рис. 2), в среде «Origin» была произведена их аппроксимация:

$$v_p(\lambda) = -0.041 + 1.043 \cdot \exp\left(-2.082 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 514.727)^2\right), \quad \lambda \in [400, 640] \text{ нм}. \quad (5)$$

Основным фактором, влияющим на спектральную характеристику ослабления света в водоеме, является прозрачность воды. Для экспериментального определения относительной прозрачности воды используют диск Секки.

На рис. 3 показано изменение усредненного показателя ослабления источников подводного освещения $\alpha_{cp}(\lambda)$ для водоемов с различной прозрачностью по диску Секки X_c [5].

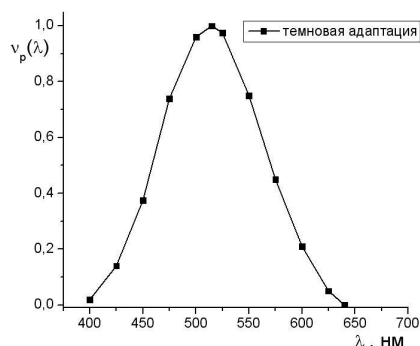


Рис. 2. График относительной спектральной чувствительности органа зрения рыб

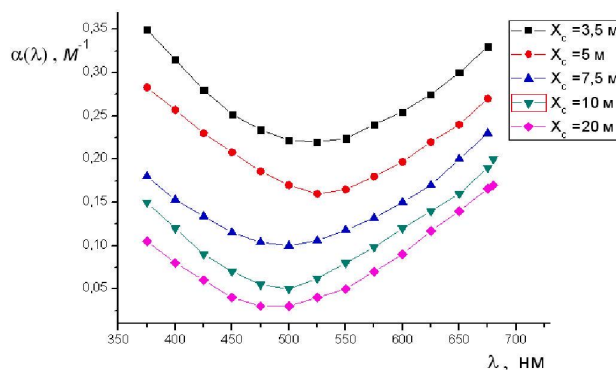


Рис. 3. Распределение по спектру усредненного показателя ослабления света подводного источника для условной прозрачности воды X_c

В программной среде «Origin» были получены функции спектрального распределения усредненного показателя ослабления света для водоемов различной условной прозрачностью воды X_c :

$$\begin{aligned}
 \alpha_1(\lambda) &= 0.888 - 0.668 \cdot \exp\left(-0.880 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 528.904)^2\right), X_c = 3,5 \text{ м}; \\
 \alpha_2(\lambda) &= 0.356 - 0.193 \cdot \exp\left(-0.389 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 531.489)^2\right), X_c = 5 \text{ м}; \\
 \alpha_3(\lambda) &= 0.439 - 0.338 \cdot \exp\left(-0.158 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 502.222)^2\right), X_c = 7,5 \text{ м}; \\
 \alpha_4(\lambda) &= 0.222 - 0.168 \cdot \exp\left(-0.497 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 499.320)^2\right), X_c = 10 \text{ м}; \\
 \alpha_5(\lambda) &= 0.247 - 0.217 \cdot \exp\left(-0.296 \cdot 10^{-4} \cdot (\lambda \cdot 10^9 - 493.739)^2\right), X_c = 20 \text{ м}; \lambda \in [375, 680] \text{ нм}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

В программной среде «Origin» была получена функция спектральной пространственной плотности излучения Луны (рис. 4):

$$\mu(\lambda) = 1.477 - 6.120 \cdot \exp\left(\frac{-\lambda \cdot 10^9}{261.380}\right) \tag{7}$$

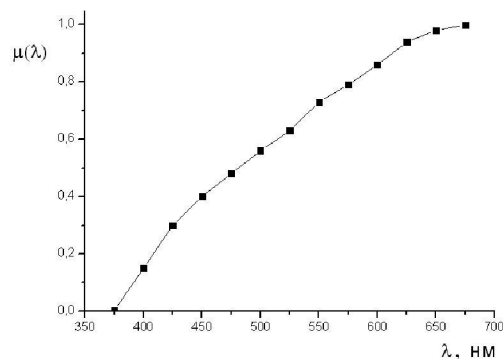


Рис. 4. Спектральная излучательная способность лунного отражения

В качестве искусственного источника света рассмотрим лампу накаливания с вольфрамовой нитью (рис. 5) [2].

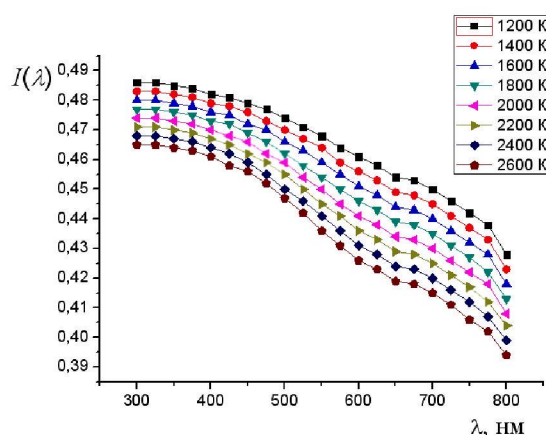


Рис. 5. Спектральная излучательная способность вольфрама для различных температур накала

На основе экспериментальных данных в среде «Origin» аппроксимированы зависимости спектральной излучательной способности вольфрама при различных температурах:

$$\begin{aligned}
 I_1(\lambda)_{T=1200K} &= 0.509 - 0.009 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{383.2}\right); & I_2(\lambda)_{T=1400K} &= 0.512 - 0.013 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{427.576}\right); \\
 I_3(\lambda)_{T=1600K} &= 0.516 - 0.018 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{473.935}\right); & I_4(\lambda)_{T=1800K} &= 0.522 - 0.024 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{535.874}\right); \\
 I_5(\lambda)_{T=2000K} &= 0.529 - 0.032 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{604.408}\right); & I_6(\lambda)_{T=2200K} &= 0.539 - 0.041 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{682.094}\right); \\
 I_7(\lambda)_{T=2400K} &= 0.553 - 0.055 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{779.687}\right); & I_8(\lambda)_{T=2600K} &= 0.564 - 0.066 \cdot \exp\left(\frac{\lambda \cdot 10^9}{854.843}\right), \\
 & & \lambda &\in [300, 800] \text{ нм.}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Выводы

Получены аналитические выражения, описывающие элементы БКС.

Построена математическая модель процесса передачи оптической информации подводного источника света в системах лова рыбы.

Список литературы

1. Антонов А. И. Большая энциклопедия рыбалки / А. И. Антонов. – Москва : РИПОЛ КЛАССИК, 2004. – 480 с.
2. Брамсон М. А. Инфракрасное излучение нагретых тел / М. А. Брамсон. – Москва : Наука, 1964. – 226 с.
3. Гусельников В. И. Зрительный анализатор рыб / В. И. Гусельников, Б. В. Логинов. – Москва : Издательство Московского университета, 1976. – 140 с.
4. Ишанин Г. Г. Источники и приемники излучения : учеб. пос. для вузов / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Андреев, Г. В. Польшигов. – Санкт-Петербург, 1991. – 128 с.
5. Лихтер А. М. Оптимальное проектирование оптико-электронных систем : монография / А. М. Лихтер. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2004. – 173 с.
6. Лихтер А. М. Управление физическими полями в рыболовстве / А. М. Лихтер, А. В. Мельников. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2005. – 149 с.
7. Мельников В. Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы / В. Н. Мельников. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 218 с.
8. Проблема переработки информации в зрительной системе лягушки. – Режим доступа: <http://www.scorcher.ru/neuro/science/data/analizator.php?printing=1>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
9. Протасов В. Р. Зрение и ближняя ориентация рыб / В. Р. Протасов. – Москва, 1968.
10. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов : учеб. для вузов / Ю. Г. Якушенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва, 1999. – 274 с.

References

1. Antonov A. I. *Bolshaya entsiklopediya rybalki* [Great Fishing Encyclopedia]. Moscow, 2004. 480 p.
2. Bramson M. A. *Infrakrasnoe izluchenie nagretykh tel* [Infrared radiation of heated bodies]. Moscow, Nauka, 1964. 226 p.
3. Guselnikov V. I., Loginov B. V. *Zritelnyy analizator ryb* [Visual fish analyzer]. Moscow, Moscow Univ. Publ. House, 1976. 140 p.
4. Ishanin G. G., Pankov E. D., Andreev A. L., Polshchigov G. V. *Istochniki i priemniki izlucheniya* [Radiation sources and detectors]. Saint-Petersburg, 1991. 128 p.
5. Likhter A. M. *Optimalnoe proektirovanie optiko-elektronnykh sistem: monografiya* [Optimal design of optical-electronic systems: monograph]. Astrakhan, Publishing House "Astrakhan University", 2004. 173 p.
6. Likhter A. M., Melnikov A. V. *Upravlenie fizicheskimi polyami v rybolovstve* [Physical field management in fishery]. Astrakhan, Publishing House "Astrakhan University", 2005. 149 p.
7. Melnikov V. N. *Ustroystvo orudiy lova i tekhnologiya dobychi ryby* [Gear device and fish catch technology]. Moscow, 1991. 218 p.
8. *Problema pererabotki informatsii v zritelnoy sisteme lyagushki* [Problem of information processing in frog visual system]. Available at: <http://www.scorcher.ru/neuro/science/data/analizator.php?printing=1> (accessed 24 April 2012).
9. Protasov V. R. *Zrenie i blizhnyaya orientatsiya ryb* [Vision and short-range orientation of fish]. Moscow, 1968.
10. Yakushenkov Yu. G. *Teoriya i raschet optiko-elektronnykh priborov* [Theory and calculation of optoelectron devices]. 4th ed., rev. and add. Moscow, 1999. 274 p.