

УСЛОВИЯ ЖИВУЧЕСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРОБЛЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ю. А. Тимонин

*к. т. н., доцент кафедры компьютерных
технологий и моделирования систем*

Экологическая безопасность, по определению, – это состояние защищенности биологических объектов и природной среды в целом от негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. В основе решения проблемы экологической безопасности лежит математическое обеспечение управления защищенностью биологического объекта от вредных влияний среды. Требуемое математическое обеспечение должно обеспечивать адекватное описание поведения биологического объекта в агрессивной среде.

Современное состояние математическое обеспечение не удовлетворяет таким требования в связи с тем, что характеризуется наличием совокупности разрозненных моделей феноменологического характера, которые не обеспечивают целостное описание поведения биологических объектов. К методологии математическое моделирования предъявляет высокие требования, выполнение которых должно опираться на развитые теоретические схемы, которые должны иметь фундаментальный характер.

Проблема теоретических оснований биологии давно и хорошо известна. Гейзенберг в работе «Физика и философия» [1] эту проблему описывает следующим образом: «... мы, по-видимому, очень далеки от замкнутой и не противоречивой системы понятий для описания биологических явлений. Степень сложности в биологии столь обескураживающа, что сейчас еще нельзя представить, как может быть создана какая-нибудь замкнутая система, понятия которой определены столь четко, что становится возможным математическое представление».

Поэтому создание замкнутой системы, понятия которой имеют математическое представление, является первоочередной задачей в решении вопросов экологической безопасности. В работе «Физика и философия» [1] решение этой проблемы Гейзенберг связывает с принципом, который состоит в том «...что для изучения животных можно применять те же методы исследования, что и для материи вообще и что законов физики и

химии вместе с понятием истории должно быть достаточно, чтобы объяснить их поведение».

В соответствии с этим принципом воспользуемся подходом, который опирается на законы физики и рост биомассы биологического объекта. Чтобы обеспечить согласование этих положений воспользуемся энергетическим представлением основных понятий [2], базис которого задан энергией биомассы биологического объекта и энергетическим потенциалом.

Рассмотрим поведение биологического объекта в экологической среде. Объектом исследований является концептуальная модель биологического объекта в виде неоднородного дифференциального уравнения второго порядка. Это уравнение получим путем объединения уравнения роста и уравнения потерь.

Принцип жизни биологического объекта в энергетическом базисе можно отразить линейным дифференциальным уравнением роста первого порядка

$$X' = \varphi X, \quad (1)$$

где X – энергия биомассы биологического объекта; φ – энергетический потенциал.

Использование законов физики в описании поведения биологического объекта можно отразить с помощью линейного дифференциального уравнения второго порядка, которое является общим для различных разделов физики. Это уравнение отражает основные законы, которые описывают отношения между базисными величинами и используются для описания потерь. Тогда уравнение потерь биомассы можно описать в виде уравнения

$$cX'' + bX' + aX = v, \quad (2)$$

где a, b, c – коэффициенты потерь энергии; v – потенциал внешнего источника энергии.

Решение уравнения (2) в общем случае описывает затухающий колебательный процесс.

Элементы уравнения (2) – безразмерные величины, имеющие характер энергетического потенциала. Чтобы подготовить уравнение (2) к объединению с (1), необходимо его домножить на X

$$cXX'' + bXX' + aXX = vX, \quad (3)$$

Тогда получим систему уравнений, описывающую рост биологического объекта с учетом потерь

$$\begin{cases} X' = \varphi X \\ cXX'' + bXX' + aXX = vX \end{cases}, \quad (4)$$

Складывая уравнения (4) получим общее уравнение биологического объекта в виде нелинейного неоднородного ДУ-2 [3], которое описывает рост биомассы с учетом потерь

$$cXX'' + (b + \varphi)X' + aX^2 = (v + \varphi)X, \quad (5)$$

Поведение биологического объекта описывается параметрически зависимой функцией вида $X = f(X'', X', X, \varphi^0, v, a, b, c)$, где параметры (φ, a, b, c) зависят от воздействий среды.

Основные положения теории живучести. Под термином «живучесть» в теории систем [2] понимают способность активных систем нормально функционировать при наличии вредных (неблагоприятных) воздействий среды путем применения средств защиты. Живучесть – это интегральная характеристика, которая описывает поведение системы в среде и предполагает выполнение требований надежности и управляемости.

Рассмотрим поведение уязвимого объекта в среде, вредные воздействия которой снижают эффективность функционирования [3,4]. Предполагается, что уязвимому объекту

доступны защитные элементы в некотором количестве, которые используются для защиты от вредных воздействий.

Тогда уравнение эффективности функционирования объекта в среде имеет вид

$$E = E_0 - e + np, \quad (6) \quad (5)$$

где E_0 – номинальное значение эффективности; e – эффективность вредных воздействий среды; np – эффективность защиты от вредных воздействий среды; n , p – количество и эффективность защитных элементов.

Выражения для абсолютного и относительного отклонений эффективности от номинального значения имеют вид

$$\Delta E = E - E_0 = -e + np, \quad (7) \quad (5)$$

$$\delta E = \frac{\Delta E}{E_0} = \frac{-e + np}{E_0} = -\nabla e + n\nabla p, \quad (8) \quad (5)$$

где ∇e , ∇p – нормированная эффективность вредных воздействий среды и защитных элементов.

Защита объекта от вредных воздействий обеспечивается путем компенсации вредных воздействий. Условия компенсации вредных воздействий для обеспечения живучести объекта описываются уравнениями

$$\Delta E = 0, \quad np = e. \quad (9) \quad (5)$$

$$\delta E = 1, \quad n\nabla p = \nabla e. \quad (10) \quad (5)$$

Определим показатель живучести, учитывающий недокомпенсацию вредных воздействий, в виде

$$\rho = \delta E - 1. \quad (11)$$

Номинальное значение показателя живучести, соответствующее номинальному значению эффективности, равно единице, т.е. $\rho_0 = 1$.

Типовая цель управления системой в условиях вредных воздействий среды – обеспечить номинальное значение эффективности функционирования. В методологии живучести достижение этой цели связано с решением следующих задач:

- выявление вредных воздействий среды, определение их влияния на эффективность системы;
- определение управляемых средств защиты системы;
- использование средств защиты для компенсации вредных воздействий среды.

В качестве примера рассмотрим поведение биологического объекта, которое описывается обобщенным логистическим уравнением [5]

$$\left(+bX \right) \frac{dX}{dt} + aX^2 = \varphi X. \quad (12)$$

Явную форму обобщенной логистической функции можно получить, решая соответствующее (12) конечно-разностное уравнение. Решение конечно-разностного уравнения задает дискретную обобщенную логистическую функцию в рекуррентной форме

$$X_{k+1} = \left[1 + \varphi \frac{1 - aX_k}{\left(+bX_k \right)} \right] X_k. \quad (13)$$

Под эффективностью поведения биологического объекта будем понимать показатель роста биомассы

$$R = \varphi \frac{1 - aX}{\left(+bX \right)}. \quad (14)$$

Для определения уравнения относительного отклонения показателя роста воспользуемся методом чувствительностей

$$\delta R = S_{\varphi}^R \delta \varphi + S_a^R \delta a - S_b^R \delta b, \quad (15)$$

где $S_{\varphi}^R = 1$, $S_a^R = \frac{aX}{1-aX}$, $S_b^R = \frac{bX}{1+bX}$ – относительные чувствительности

Тогда уравнение относительного отклонения показателя роста примет вид

$$\delta R = \delta \varphi + \frac{aX}{1-aX} \delta a - \frac{bX}{1+bX} \delta b. \quad (16)$$

Условия равенства нулю относительного отклонения показателя роста $\delta R = 0$ сводятся к следующим:

- условие взаимной компенсации отклонения показателя роста

$$\delta \varphi + \frac{aX}{1-aX} \delta a - \frac{bX}{1+bX} \delta b = 0;$$

- условие нулевых отклонений параметров $\delta \varphi = 0$, $\delta a = 0$, $\delta b = 0$.

Выполнение условия нулевых отклонений параметров можно обеспечить за счет введения соответствующих защитных элементов (10).

Выводы. В основе проблемы управления экологической безопасностью лежит математическое моделирование поведения биологических объектов в агрессивной среде, которое требует усовершенствования на основе развития фундаментальных теоретических схем биологии. Поэтому создание замкнутой системы понятий, которая имеет математическое представление, является актуальной задачей. Перспективным подходом в решении этой задачи можно считать создание объединенных моделей, описывающие рост биомассы биологического объекта и рассеивание энергии на основе законов физики. Полезным подходом также можно считать применение концепции живучести биологических объектов в агрессивной среде, которая обеспечивает защищенность объектов и имеет достаточно формализованный характер. Данные подходы являются перспективными для исследований и нуждаются в дальнейшем развитии.

Источники использованной информации

1. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое: Пер. с нем. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 400 с.
2. Острейковский В.А. Теория систем: Учеб. для вузов. - М.: Высш. шк., 1997.- 240 с.
3. Тимонін Ю. О. Живучість уразливих продукційних систем. Вісник ЖІТІ, N13, 2000. С.160-163.
4. Тимонин Ю. А. Основы теории живучести бизнеса. Юбилейный сборник научных трудов ИПСТ. Житомир. 2002. . – С.101-106.
5. Тимонин Ю.А., Бродский Ю.Б. Исследование нелинейной логистической функции для моделирования экономической стагнации. //Вісник ЖНАЕУ. – Житомир, 2010. – №1 (26) т.2. С.31-38.