

УДК 004.942

МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА В ФОРМАТЕ КОМПОНЕНТНЫХ ЦЕПЕЙ

Т.В. Ганджа, О.С. Затик

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: taras@toe.tusur.ru

Рассматривается вопрос компьютерного моделирования эколого-экономических систем нефтегазодобывающего комплекса с целью выявления необходимого набора природоохранных мероприятий для эффективного ведения природоохранной деятельности с наименьшими затратами ресурсов. Разработаны модели компонентов эколого-экономической системы в формате компонентных цепей, такие, как модели компонентов «Регион» и «Природоохранные мероприятия».

Ключевые слова:

Эколого-экономическая система, нефтегазодобывающий комплекс, природоохранное мероприятие, минимизация экономических затрат, компьютерное моделирование, компоненты, компонентные цепи.

1. Формализм метода компонентных цепей для компьютерного моделирования эколого-экономических систем

Методы компьютерного моделирования, основанные на общей теории цепей, нашли широкое применение при исследовании радиоэлектронных, механических, гидравлических систем, систем биомедицинского характера, а также систем автоматического управления [1–3]. Вполне логичным следует признать их дальнейшее развитие и адаптацию в области социально-экономических систем [4]. Так для компьютерного моделирования эколого-экономической системы (ЭЭС) нефтегазодобывающего комплекса (НГДК) можно применить метод компонентных цепей [2] и основанную на нем среду моделирования MAPS [5].

В данной работе выбран метод компонентных цепей [2], т. к. в отличие от других методов компьютерного моделирования:

- он является объектно-ориентированным языком для моделирования сложных технических устройств и систем с энергетическими и информационными потоками в связях;
- компоненты моделируемых с его помощью систем могут иметь различную физическую природу (электроника, мехатроника, робототехника, химические технологии...) и входить в единую модель исследуемой системы;
- исследуемый объект представляется в форме компонентной цепи, модель которой строится из моделей независимых компонентов;
- модель компонента формируется автоматически с учетом четырех основных аспектов – топологического, физического, математического (логического) и геометрического и представляет собой систему алгебро-дифференциальных уравнений в обыкновенных или частных производных. Допускаются модели, содержащие логические соотношения или алгоритмические блоки;
- для объектов с функционально обособленными подсистемами введено понятие структуры – подцепи [2], допускающей автономное решение.

Здесь четко разделяются непрерывные (уравнения) и дискретные (алгоритмы) процессы;

- форма уравнений компонентной цепи и ее топологическая структура могут меняться в зависимости от поведения переменных или наступления определенных событий.

Общая структура компонентной цепи (КЦ) для моделей системной динамики, к которым можно отнести модели ЭЭС, представлена на рис. 1 [1].

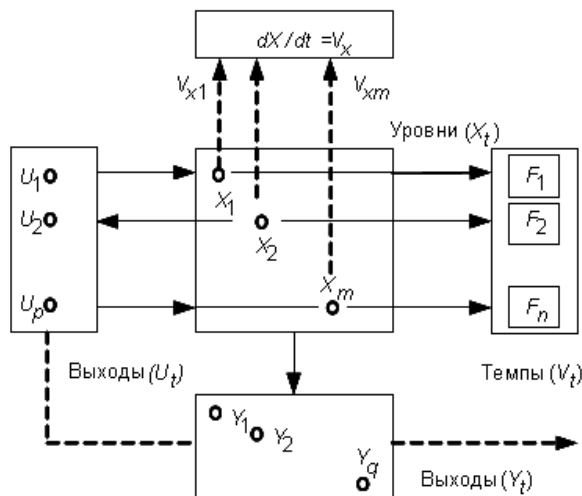


Рис. 1. Компонентная цепь эколого-экономической системы

Формализованное представление КЦ учитывает вид дифференциальных моделей системной динамики [1]:

$$\frac{dX}{dt} = f(X, U, t),$$

$$Y = H(X, U),$$

где $X=(X_1, \dots, X_m)$ – вектор состояния системы; $X_1, \dots, X_m$ – переменные состояния; $U=(U_1, \dots, U_p)$ – вектор входов; $Y=(Y_1, \dots, Y_m)$ – вектор выходов; t – текущее модельное время; H – функция связи входных и выходных переменных.

Рассмотрим компоненты:

- 1) Источник входной переменной ($U_1, U_2, \dots, U_p$).
Исток $\bullet \longrightarrow$ Сток $\longrightarrow \bullet$

2) Уровни ($X_1, X_2, \dots, X_m$).

Уровни в КЦ задаются топологическими узлами, которым соответствуют переменные $X_j, j=1, \dots, m$.

Каждому узлу инцидентно определенное количество ориентированных связей (темпов) с переменными $F_1, F_2, \dots, F_n$.

Для каждого узла (уровня) справедлив узловой топологический закон следующего вида:

$$\sum_{i=1}^n L_i \cdot V_{ii} = 0,$$

где $L_i = \pm 1$ и задает ориентацию связей — темпов.

Особого учета требует нулевой узел (уровень) $V_0 = 0$.

 3) Темпы ($F_1, F_2, \dots, F_n$).

В отличие от узлов КЦ (рис. 1), которые отображают наиболее существенные с точки зрения разработчиков модели состояний выделенных ингредиентов, ее ветви задают возможные переходы элементов из одного состояния в другое (темпы изменения). Переменные ветвей $V_1, \dots, V_m$ принимаются за характеристики интенсивностей (скоростей), с которыми совершаются переходы элементов из состояния в состояние по соответствующим ветвям цепи. Отображения

$$F_i (i = 1, \dots, n) : (X, U) \rightarrow V$$

связывают переменные уровней и входные переменные с переменными темпов. Эти зависимости могут носить характер уравнений или таблично заданных функций с логическими ключами.

 4) Блок интегрирования ($d/dt \leftarrow$).

Нормативной схемой в моделях системной динамики является одношаговая схема первого порядка

$$V_x(t+1) = V_x(t) + h \cdot A \cdot V_x,$$

где A — матрица инцидентности размера $(m \times n)$ с элементами $(0, +1, -1)$; m — размерность вектора V_x ; n — размерность вектора V_i ; h — шаг схемы интегрирования.

5) Общая структурная схема управления.

Модель системной динамики для КЦ имеет вид

$$dX/dt = V_x \quad \text{Топологический блок}$$

$$V_x = A \cdot V_i \quad \text{Сеть потоков}$$

$$V_i = F(X, U) \quad \text{Компонентный блок}$$

$$Y_i = H(X, U) \quad \text{Сеть информации.}$$

2. Модель компонента «Регион»

Представим эколого-экономическую систему в виде компонентной цепи, которая строится из моделей независимых компонентов. Распишем модели компонентов ЭЭС НГДК, таких как «Регион» и «Природоохранные мероприятия» (ПОМ). Под компонентом «Регион» будем понимать область, район, лицензионный участок (ЛУ), пробу в точке мониторинга, где функционирует НГДК [4]. Необходимо применение системного подхода, учитывающего, по возможности, наличие множества различных факторов, влияющих на экологическую обстановку региона. Модель компонента «Регион» можно представить графически (рис. 2).

Математически модель компонента «Регион» можно представить в виде следующей функции:

$$\begin{cases} V(t) = F(X(t), U(t), P(t), T(t), C(t), t), \\ Y(t) = H(X(t), U(t), P(t), T(t), C(t), t), \end{cases}$$

где $V(t)$ — темпы изменения состояния региона; $Y(t)$ — выходные экологические переменные, которые характеризуют текущее экологическое состояние региона в момент времени t . Например, степени концентрации вредных веществ или концентрации техногенной нагрузки на единицу площади ЛУ; $X(t)$ — качественные и количественные параметры ($P = \text{const}$). Качественные параметры определяют вид математической модели и могут участвовать в модели продукционных правил (например, тип лицензионного участка). Количественные параметры используются в математической модели (например, площадь лицензионного участка); $U(t)$ — входные переменные, не зависящие от типа модели. Например, вектор техногенной нагрузки, состоящий более чем из 30 параметров; $U_m(t_0)$ — значения входных переменных, характеризующих деятельность НГДК в начальный момент времени t_0 эксперимента; $U(t > t_0)$ — значения входных переменных, характеризующих деятельность НГДК в последующие моменты времени компьютерного эксперимента, после выполнения природоохранных мероприятий; $P(t)$ — возмущающее воздействие, факторы природного характера, переменные, зависящие от «внешней среды» и не связанные напрямую с деятельностью НГДК (количество осадков за период времени, направление и скорость ветра и т. п.); $T(t)$ — возмущающее воздействие, факторы техногенного

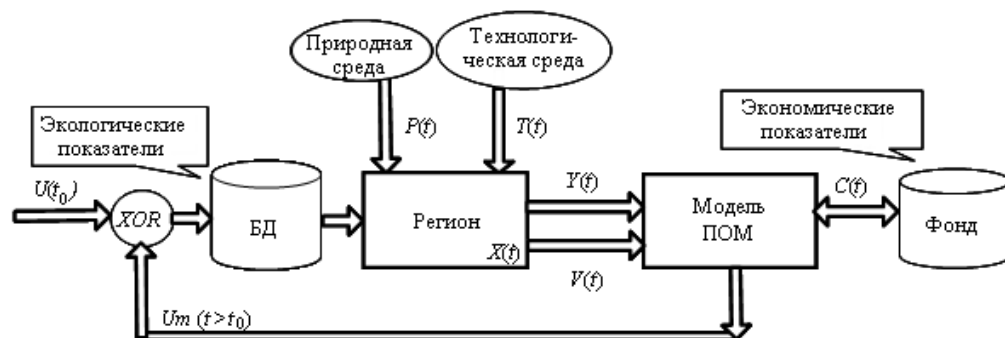


Рис. 2. Схема компонента «Регион»

характера, переменные, зависящие от состояния технологической среды и деятельности НГДК (отказ трубопровода, возможно с последующим розливом нефти); $C(t)$ – затраты на проведение природоохранных мероприятий.

Модель компонента «Региона» позволяет оценить экологическое состояние региона при воздействии на него различных внешних факторов.

3. Модель компонента «Природоохранные мероприятия»

Модель компонента «Природоохранные мероприятия» можно представить графически (рис. 3):

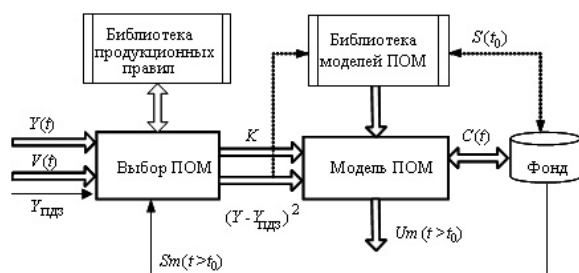


Рис. 3. Схема компонента «Природоохранные мероприятия»

Математически данный компонент можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} Sm(t > t_0) = S(t_0) - C(t) \\ Um(t > t_0) = H(K, Y(t), (Y(t) - Y_{\text{ПДЗ}})^2, S(t), C(t), t), \end{cases}$$

где $S(t_0)$ – размер фонда до мероприятия; $Sm(t > t_0)$ – размер фонда после мероприятия; $C(t)$ – затраты на мероприятие; $Um(t > t_0)$ – управляющее воздействие в результате применения модели ПОМ; K – критерий выбора мероприятия (степень остроты мероприятия); $Y(t)$ – входные экологические переменные, совпадает с вектором Y компонента «Регион» – выходные экологические переменные; $Y_{\text{ПДЗ}}$ – предельно допустимые значения; $(Y - Y_{\text{ПДЗ}})^2$ – отклонение от предельно допустимых значений.

Модель компонента «Природоохранные мероприятия» позволяет оценить и проанализировать последствия и результаты планируемых решений виртуально, не производя реальных затрат и не подвергая риску население и бизнес; сравнить решения между собой; определить устойчивость развития территории и бизнеса; сформировать опти-

мальные плановые показатели программы природоохранных мероприятий.

4. Заключение

Эколого-экономическая система представлена в формате компонентной цепи, модель которой строится из моделей независимых компонентов. Разработаны модели компонентов эколого-экономических систем нефтегазодобывающего комплекса, такие как «Регион» и «Природоохранные мероприятия».

Стоит отметить, что актуальность разработки и использования экономико-экологических моделей обусловлена значимостью проблемы управления природоохранной деятельностью НГДК, а также сложностями, возникающими при адаптации мирового опыта в создании эффективного механизма природопользования. Так, любые экологические программы требуют адаптации к местным условиям, а постановка реального эксперимента в этом случае недопустима ввиду возможных тяжёлых последствий деятельности нефтегазодобывающего комплекса для населения и бизнеса.

Данная задача моделирования рассматривается в рамках решения проблемы эколого-экономического регулирования. В результате ее решения определяется оптимальное соотношение между эффективностью природоохранных мероприятий и затратами ресурсов на их выполнение.

В свою очередь, сочетание традиционных методов управления и компьютерного моделирования приносит высокий технико-экономический эффект: *во-первых*, это дает возможность оценить и проанализировать последствия и результаты планируемых решений виртуально, не производя реальных затрат и не подвергая риску население и бизнес; *во-вторых*, позволяет существенно оптимизировать и распределить реальные затраты на природоохранную деятельность.

Важно подчеркнуть, что использование результатов компьютерного моделирования эколого-экономических систем на практике способствует принятию оптимальных решений при разработке эффективных программ управления экологической ситуацией на территории деятельности нефтегазодобывающего комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакина Э.В., Дмитриев В.М., Журавский Ю.А. Экономико-экологическое регулирование в процессе российских реформ. – Кемерово: Кемеровский институт пищевой промышленности, 1999. – 108 с.
2. Арайс Е.А., Дмитриев В.М. Моделирование неоднородных цепей и систем на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с., ил.
3. Меньков А.В., Острейковский В.А. Теоретические основы автоматизированного управления. – М.: Оникс, 2005. – 640 с.: ил.
4. Затик О.С. Пространственный анализ и моделирование экологической ситуации на территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» // Матер. XXIV научно-техн. конф. молодых ученых и специалистов ОАО «Сургутнефтегаз». – Сургут: Изд-во РИИЦ «Нефть Приобья», 2004. – С. 123–127.
5. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В., Кураколов А.Н. Среда моделирования MAPC. – Томск: В-Спектр, 2007 г. – 297 с.

Поступила 02.03.2009 г.