

УДК 575.85:005.8

П.А. Тесленко

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса

## НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

*Предложена нелинейная модель изменения доступности управляющих факторов проекта во времени. Получена система нелинейных дифференциальных уравнений с учетом сопротивления, которое оказывает внешняя среда развитию проекта.*

**Ключевые слова:** проект, система управления проектом, нелинейная модель, система нелинейных дифференциальных уравнений, сопротивление среды, управляющие факторы проекта

### Постановка проблемы

Формирование математической модели управляемой организационно-технической системы (УОТС) является необходимым условием применения количественных методов оценки ее состояний. Это могут быть фазовые координаты траектории развития проектов от старта до финиша. Такая математическая модель призвана формализовать отношения причинно-следственных связей внутри системы и с внешней средой под влиянием действующих факторов.

Под факторами будем понимать переменные величины, которые соответствуют способам влияния на объект управления и приобретают в определенные моменты времени некоторые значения. Таким образом, факторы определяют сам объект управления и его текущее состояние [1, с.13]. Самоорганизующиеся УОТС являются нелинейными системами [2]. Эти системы обладают свойствами динамической адаптации за счет преобразования информации в опыт наилучшей практики путем изменения структуры и параметров системы. Математическое описание сформируем на основе модели "сопротивление – движущие силы проекта" [3] в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений.

### Анализ последних исследований и публикаций

В качестве закона, отображающего динамику изменения факторов проектов в турбулентной среде, используем аналогию с законом Ферхюльста-Пирла [4, с. 39]. Трактовка его использования в модели развития производств в конкурентной среде дана в [5]. Следует отметить, что сопротивление в [5] представлено через соотношение потенциала

проектного окружения к его части, которая уже использована. Отсюда следует, что чем большая часть потенциала использована, тем выше сопротивление, которое оказывает среда данному проекту. Однако для проектов существуют управляющие факторы, которые не расходуются во время развития проекта. Это знания, информация, коммуникации и т.п. Поэтому, сопротивление в [5] является лишь частным случаем более общей закономерности. Построение же моделей развития системы без учета законов сохранения несет в себе свойство субъективизма и требует значительного доказательного обоснования, так как это представлено в экономических моделях развития социально-экономической системы (СЭС) [6].

Целью статьи является формирование модели, которая качественно отражает траекторию развития УОТС в условиях сопротивления внешней среды проекта.

### Изложение основного материала

Сопротивление, которое оказывает среда развитию проекта, определяется изменением доступности управляющих факторов (УФ) для конкретного проекта. Для системы управления проектами, которая позиционируется как УОТС [7], рассмотрим все виды управляющих факторов, относящихся к девяти областям знаний согласно РМВоК, а также знания, ценности и т.п. Отметим, что отсутствие любого фактора в пределах СЭС, исключает возможность получения ценности в результате выполнения проекта. Такой проект нереализуем и должен быть изменен таким образом, чтобы исключить использование данного фактора. В противном случае в проект необходимо включить процессы создания данного фактора. Например, в результате предпроектных исследований было установлено, что в рамках сформированной ОТС

отсутствуют знания, необходимые для реализации данного проекта. Перепроектирование может быть проведено в выше указанных двух направлениях.

Рассмотрим следующую характеристику управляющих факторов проекта (УФП):

- наличие или присутствие соответствующего фактора в пределах СЭС;
- объем управляющего фактора (его количественная и качественная составляющие);
- доступность УФ для потребностей проекта.

Тогда сопротивление среды для конкретного проекта будет определяться уровнем доступности УФ. Чем ниже уровень доступности УФ, тем выше сопротивление среды.

Потребность проекта в УФ может быть меньше чем его объем в определенный момент времени в СЭС. Однако доступность УФ для конкретного проекта может быть меньше требуемого объема.

В дальнейшем будем считать, что управляющие факторы присутствуют в СЭС, и их объем не меньше требуемой проектной емкости. На рисунке отображена типовая ситуация применения факторов, находящихся в распоряжении общества на момент проектирования.  $V_1(t)$  — емкость УФ, необходимая для реализации проекта.  $V_2(t)$  — величина доступности УФ для конкретного проекта.  $V_3(t)$  — величина недоступности УФ для конкретного проекта.

Отсюда следует, что  $V_1(t) = V_2(t) + V_3(t)$ .

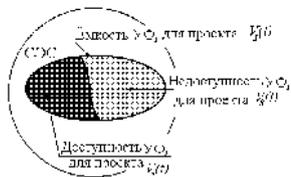


Рисунок. Структура  $i$ -го управляющего фактора проекта

Примем, что изменение величины доступности управляющего фактора проекта (УФП), находящегося в сфере потребления СЭС, происходит только в результате производства данного фактора и его естественного или искусственного износа, убыли, деградации — любых процессов, в результате которых доступность УФ для конкретного проекта снижается.

Отметим, что любой УФП, независимо от текущего времени ЖЦП, с точки зрения системно-территориальной привязки может быть разделен на часть УФП находящихся, произведенных, принадлежащих ОТС (т.е. внутри проекта), и на часть УФП — вне ОТС, но присутствующей в СЭС. Если УФП отсутствует в СЭС и его создание включено в первоначальный проект, то даже в этом случае необходимо рассмотреть его доступность для

проекта, хотя, если не оговорено иначе, доступность в этом случае может равняться 100%.

Рассмотрим для примера в качестве УФ — знания в проекте. Для обретения, построения или получения ценности в результате исполнения проекта первоначально требуются знания для разработки ОТС. Уже затем на основании этих знаний в ОТС будут создаваться новые знания. Первоначально-требуемые знания могут быть недоступны: закрытая информация; данные, отнесенные к категории платных; время получения доступа к знаниям превышает допустимое. Все это отображает предположение о том, что доступность знаний для данного проекта уже не будет 100%. При этом уровень доступности знаний со временем может изменяться. Знания могут устаревать, утрачиваться, могут быть запатентованы и закрыты. Все эти процессы снижают доступность знаний для данного проекта. Соответственно, обратные процессы будут увеличивать доступность знаний для данного проекта.

Следует обратить внимание на необходимость разделения процессов взаимодействия УОТС и СЭС на процессы, приводящие к изменению наличия УФП, и на процессы, изменяющие его доступность для проекта.

Тогда наличие УФ для данного проекта определим как разность ( $v$ ) прибыли (или производства) УПФ ( $v^+$ ) и убыли (или уничтожения) УПФ ( $v^-$ ) на данный момент времени  $t$ . В этом случае изменение объема УФП определяется соотношением [изменение УФП] = [изменение его прибыли] - [изменение его убыли] за интервал  $\Delta t = t_2 - t_1$ :

$$\Delta v = vt_2 - vt_1 = \Delta v^+ - \Delta v^- = v g \Delta t - v m \Delta t = (g - m) v \Delta t,$$

$$\Delta v = k v \Delta t, \tag{1}$$

где  $k = g - m$ ;  $\Delta v$  — изменение объема УФП за время  $\Delta t$ ;  $vt_2, vt_1$  — величина прибыли и убыли УФП в моменты  $t_2$  и  $t_1$ ;  $g, m$  — коэффициенты прибыли и убыли УФП.

Если в рассматриваемом периоде прибыль УФП превышает его убыль, то  $k > 0$ , в прочих случаях  $k < 0$  или  $k = 0$ .

Однако следует понимать, что фиксация  $k$  на период ЖЦП, либо его отдельной фазы, может не отражать реальной ситуации, тогда величина  $k$  изменятся в текущем времени. Тогда объем УФП  $v(t)$  найдем как решение (1):

$$v(t) = v_0 e^{k(t)t}, \tag{2}$$

$$\text{где } k(t) = g(t) - m(t).$$

Модели (1) и (2) фактически рассматривают развитие системы в отсутствии сопротивления среды. Однако в реальных условиях проектной деятельности среда накладывает ограничения на использование УФ в конкретном проекте, которые

можно назвать сопротивлением среды. Это означает, что даже при значительном производстве УФП, которое превышает его убыль — доступность данного фактора может быть ограничена, за счет сопротивления среды. Отметим при этом, что в [3] речь идет о сопротивлении изменениям. Можно сказать, что сопротивление изменениям есть частный случай сопротивления среды доступности управляющего фактора проекта.

Под доступностью УФ в проекте будем понимать возможность его использования:

$$d(t) = \frac{v(t)}{R(t)},$$

где  $R(t)$  — сопротивление, которое оказывает среда развитию проекта.

Доступность УФП несет в себе вероятностную и реактивную составляющие. Если  $\Delta t \rightarrow 0$  в (1), то после преобразования получим дифференциальное уравнение, описывающее динамику изменения уровня доступности УФП. Тогда с учетом (1) динамику доступности УФ представим в виде дифференциального уравнения (3):

$$\frac{\partial v(t)}{\partial t} = kv(t)R(t). \quad (3)$$

Рассмотрим составляющую УФП через сопротивление, которое оказывает среда при использовании данного фактора в проекте. Для этого воспользуемся законом Ферхульста-Пирла с учетом сделанных выше замечаний.

Сопротивление  $R(t)$ , которое оказывает среда на управляемые нами составляющие проекта  $i$ -го фактора для проекта (рис. 1):

$$R(t) = \frac{V_1(t)}{V_1(t) - V_3(t)}. \quad (4)$$

Чем больше доступность УФП, тем меньше его недоступность. Если  $V_3(t) = V_1(t)$  — недоступен весь объем фактора,  $R = \infty$ . Если  $V_3(t) = 0$  — весь объем фактора доступен,  $R = 1$ .

Подставив выражение (4) в (3), получим модель изменения доступности УФП с течением времени с учетом сопротивления среды (4):

$$\frac{\partial d(t)}{\partial t} = kv(t)V_1(t) \left( 1 - \frac{1}{\alpha} \right), \quad (5)$$

где  $\frac{\partial d_i(t)}{\partial t}$  — скорость изменения УФП;  $\alpha = \frac{V_1(t)}{V_3(t)}$  — индекс сопротивляемости.

Если УФ в рамках развития определенного проекта не оказывают взаимного влияния друг на друга, то для них мы сможем записать систему нелинейных дифференциальных уравнений, которые описывают динамику доступности УПФ за указанное время:

$$\left\{ \frac{\partial d_i(t)}{\partial t} = kv_i^2(t) \left( 1 - \frac{1}{\alpha_i} \right), \quad (6) \right.$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ .

Таким образом (6) — это нелинейная модель системы управления проектами, отображающая эволюцию проекта за время его жизненного цикла.

## Выводы

Сформированная система нелинейных дифференциальных уравнений позволяет получить фазовый портрет системы или ее фазовую траекторию. По виду траектории возможно оценить качественное развитие проекта, а по наличию устойчивых точек или аттракторов — спрогнозировать его результативность. Перспективой дальнейших исследований является выявление и описание закономерностей процессов взаимодействия управляющих факторов проекта на основе модели межвидового соперничества популяций.

## Список литературы

1. Статюха Г.О. Вступ до планування оптимального експерименту: навч. посіб. / Г.О. Статюха, Д.М. Складанний, О.С. Бондаренко. — К.: НТУУ "КПІ", 2011 — 124 с.
2. Тесленко П.А. Эволюционная парадигма проектного управления / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // Управління проектами: Стан та перспективи: Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції / Відповідальний за випуск К.В. Кошкін. — Миколаїв: НУК, 2010. — С. 114–117.
3. Ярошенко Р.Ф. Моделі класу «рушійні сили - опір» в управлінні фінансуванням та впровадженні проектів / Руслан Федорович Ярошенко – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. — Київ, 2009. — 19 с.
4. Хакимянов Г.С., Чубаров Л. В., Воронина П. В. Математическое моделирование: В 2 ч.: Учеб. пособие / Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. Ч. 1: Общие принципы математического моделирования. — 148 с.
5. Гогунський В.Д. Референтна модель розвитку проектів "рушійні сили – опір" / В.Д. Гогунський, К.В. Журавльова // Тези доповідей VII міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д. Бушувєв. — К.: КНУБА, 2010. — С. 67–68.
6. Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация / В.П. Милованов. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 264 с.
7. Тесленко П.А. Проект как управляемая организационно-техническая система // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. — Харків: НТУ "ХПІ", 2010. — № 57. — С. 198–202.

Статья поступила в редколлегию 15.05.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Гогунский, Одесский национальный политехнический университет, Одесса