УДК 330.322:656.2

Концепция устойчивого тренда крупных инвестиционных проектов инфраструктуры

Елена СЕСЛАВИНА

Elena A. SESLAVINA

Сеславина Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической информатики Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Concept of Sustainable Trend within Large Infrastructure Investment Projects

(Текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 30)

Ускорение экономического роста многих стран, в том числе и России, путём формирования мультипликативного эффекта в значительной степени опирается на успешную реализацию инвестиционных программ транспортных компаний. При этом на всех этапах жизненного цикла каждого проекта должен обеспечиваться положительный тренд. Для принятия концептуально выверенных, чётко ориентированных экономической теорией управленческих решений предлагается использование динамических экономико-математических моделей обоснования крупных инвестиционных проектов, направленных на развитие транспортной инфраструктуры. В статье рассмотрены варианты обеспечения устойчивости финансового результата, зависящего от реализации проекта при различных объёмах финансирования и разной степени приближения компаний к состоянию инвестиционного равновесия.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, устойчивое развитие, Комиссия ООН по устойчивому развитию, индикаторы, Организация экономического сотрудничества и развития, инвестиционный проект, экономико-математическое моделирование, диаграммы Кенигса–Ламерея, концепция Хикса–Линдаля.

Реализация крупных инвестиционных проектов, направленных на формирование транспортной инфраструктуры, связана с комплексным освоением территории. Источники финансирования при этом могут быть различными: собственные средства железнодорожной компании, сторонние инвесторы, государственные органы различных уровней и т.д. Российским примером проекта федерального уровня служит «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей» [1], благодаря которой в этом регионе помимо достижений железнодорожной отрасли появятся новые автомобильные дороги, произойдёт модернизация предпортовых и припортовых станций, будут обеспечены дополнительные энергетические мощности для растущих промышленных предприятий [2]. Создание и эксплуатация объекта «Новая железнодорожная линия необщего пользования Бованенково–Сабетта», в свою очередь, проект регионального уровня – инициатором его стал Ямало-Ненецкий автономный округ [3].

При разработке таких проектов возникают специфические проблемы, одной из которых является некоторая неопределённость оценки горизонта полного окончания всех сопутствующих действий по освоению районов тяготения магистрали. Другая особенность обусловлена высокими рисками негативного влияния различных факторов: экономических, социальных, экологических, политических, технологических, любой из них может задержать на какое-то время не только реализацию сопутствующих проектов, но и приостановить форсаж основного [4]. И здесь опять же неустойчивость, хотя вопрос уже не столько в полноте или неполноте открывающегося горизонта, сколько в уверенности самого движения к цели.

I.

Проблема преодоления неустойчивости и обретения устойчивого развития в экономической теории опирается на теорию максимального потока совокупного дохода Хикса–Линдаля. В ней утверждается необходимость, по крайней мере, сохранения совокупного капитала, на базе которого и произведён этот доход.

Широкое признание в мире получили в этом русле системы экоиндикаторов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Достаточно распространены и системы индикаторов Комиссии ООН по устойчивому развитию (КУР ООН), используя которые можно определять устойчивость развития крупных проектов и больших компаний и корпораций [5].

Для оценки устойчивости развития комплексных проектов целесообразно использовать динамические математические модели совместно с теорией оптимального распределения ресурсов, поскольку сейчас все виды ресурсов (финансовых, материальных, трудовых, информационных), направляемых на масштабные проекты, ограничены [6].

При составлении математической модели для нахождения наилучших планов инвестиций может быть привлечён один из способов решения задачи распределения ресурсов. В рамках классической задачи оптимального распределения инвестиционных ресурсов (проектами) рассматривается ситуация, в которой общий объём финансирования между m проектами с выпуклыми функциями [7] экономических эффектов $f_i(x_i)$ фигурировал таким образом, чтобы суммарная функция экономического эффекта была наибольшей:

$$\begin{cases} F(x_1,\ldots,x_m)=\sum_{i=1}^{m} f_i(x_i)\rightarrow max \\ x_1+x_2+\ldots+x_m=x>0 \\ x_i\geq 0, i=1,\ldots,m. \end{cases} \qquad (1)$$

В системе (1) $F(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ является суммарной функцией экономического эффекта; x_i, $i = 1,\ldots m$ – объёмы инвестиций в проекты; x – общий объём финансирования всех проектов. При этом допускается возможность отсутствия финансирования некоторых проектов. В таком случае окажется, что $x_i = 0$ для некоторых, но не всех i.

При построении динамических экономических моделей или моделей развития могут быть использованы функции экономического эффекта.

Сначала рассмотрим модель развития одного изолированного проекта компании. Обозначим через x_n инвестиции в проект на n-м этапе. Тогда $f(x_n)$ в случае положительности этой величины будет представлять собой положительный финансовый результат от проекта на n-м этапе. Пусть некоторая часть этих средств, с коэффициентом k, вкладывается в проект на следующем его этапе. При этом образуется x_{n+1} – объём инвестиций на следующем этапе. Разумеется, в случае отрицательности экономического эффекта $(f(x_n) < 0))$ инвестиции из него нецелесообразны. Из этих соображений и допущений получим математическую модель процесса реализации проекта во времени:

$$x_{n+1} = kf(x_n) \text{ при } f(x_n) \geq 0, \quad 0 \leq k \leq 1. \qquad (2)$$

При этом будем полагать, что оставшаяся часть прибыли $(1 - k)f(x_n)$ будет израсходована на реализацию других проектов или на финансирование иных нужд компании, или на дивиденды акционеров. Случай отрицательности экономического эффекта пока рассматриваться не будет.

Уравнение (1) является нелинейным рекуррентным первого порядка [8]. Аналитическое и численное его исследование в случае выпуклых функций $f(x_n)$ может представлять интерес для изучения и управления экономическим процессом. При этом есть возможность рассматривать возникновение стационарного процесса

$x_n = x_1 = x_0 = const,$ (3)

а также его устойчивость, эффективность, колебательность и другие свойства. Порядок исследования таких автономных моделей состоит в начальном нахождении числа положений равновесия и их параметров, затем оценивается устойчивость по Ляпунову положений равновесия, а потом проверяется устойчивость в целом всей системы, если устойчивое положение равновесия единственно. В дальнейшем изучаются качество переходных процессов настройки системы на устойчивое положение равновесия и условия монотонности переходных процессов. Для нахождения стационарного процесса (3) достаточно использовать равенства (3) в уравнении (2), при этом получится следующее условие для положения равновесия:

$x_0 = k\,f(x_0).$ (4)

Из равенства (4) становится ясным экономический смысл коэффициента k. Он равен обратной величине к экономической эффективности в установившемся режиме в случае устойчивости этого режима. У уравнения (4) всегда имеется очевидное решение:

$x_{01} = 0 = k\,f(x_{01}).$ (5)

С другой стороны, уравнение (5) для вверх выпуклой функции $f(x)$ не может иметь более двух корней. Примером, когда имеются ровно два корня, служит уравнение

$kf(x_0) = 3(1- e^{-x0}) - x_0 = x_0.$ (6)

Такая ситуация характерна для большинства экономических процессов. Однако возможны и случаи, когда имеется всего лишь одно положение равновесия уравнения (2). Отметим, что переменная x в уравнении (4) обязана быть положительной. Поэтому уравнение

$kf(x_0) = 0,5\,x_0{}_{–}2\,x_0^{\,2} = x_0$ (7)

будет иметь единственное нулевое положение равновесия, сохраняющее экономический смысл. Второе положение равновесия здесь отрицательно и находится за пределами существования корректной математической модели экономического процесса. Такая ситуация создаётся в тех случаях, когда начальная экономическая эффективность меньше единицы, но больше нуля:

$0 < kf'(0+) < 1.$ (8)

При отрицательной начальной эффективности для выпуклых функций экономического резона в этой работе не предусматривается из-за их глобальной бесприбыльности. И тогда проявляет себя нежелательная устойчивость нулевого положения равновесия, ведущая к разорению. Такую ситуацию в некоторых случаях можно изменить, увеличивая финансирование проекта, что приводит к увеличению параметра k в модели (2). Если же выполняется условие $kf'(0+) = 1$, то прямая линия $y = x$ является касательной к графику выпуклой функции $y = f(x)$, и в этом варианте уравнение (4) также имеет ровно один нулевой корень. Соответствующее ему положение равновесия также неустойчиво, но находится на границе устойчивости. В случае

$kf'(0+) > 1$ (9)

также возможно, что у уравнения (2) существует только один корень. Такая ситуация вероятна лишь при условии монотонного возрастания функции $f(x)$ [9].

Изучим подробнее этот случай. Из условий (9) и (6) следует, что при достаточно малых положительных значениях неизвестного выполняется условие

$kf\,(x) > x.$ (10)

Если при выполнении условия (10) выпуклая функция $kf(x)$ не является монотонно возрастающей, то найдётся число x_1, при котором будет выполнено условие (4), а само x_1 окажется положением равновесия рекуррентного уравнения (2). В случае выполнения условия (9) и возрастающей функции $kf\,(x)$ по свойству убывания положительной функции экономической эффективности

$$d(x) = \frac{kf(x)}{x} \qquad (11)$$

и из классической теоремы Вейерштрасса вытекает существование следующего предела:

$$\lim_{x\to+\infty} \frac{kf(x)}{x} = s \ge 0. \qquad (12)$$

Если предельная эффективность $s < 1$, то уравнение (4) заведомо имеет ненулевой положительный корень – ситуацию равно-

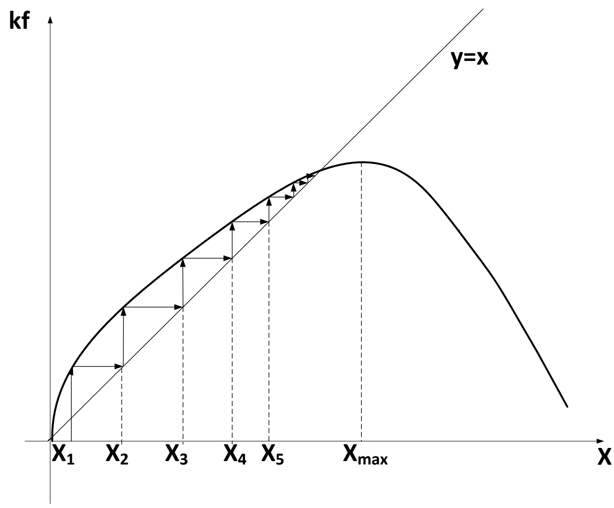

Рис. 1. Диаграмма Кенигса–Ламерея для рекуррентного уравнения (2) при выполнении неравенства (18).

весия рекуррентного уравнения (2). При $s \geq 1$ у уравнения (4) нет положительных корней.

Рассмотрим вопросы, связанные с устойчивостью положений равновесия рекуррентного уравнения (3) в зависимости от входящей в него выпуклой функции $f(x)$ и параметра k. Условие асимптотической устойчивости положения равновесия x_0 достигается при выполнении следующего неравенства:

$$|kf'(0+)| < 1. \qquad (13)$$

Если же имеет место неравенство

$$|kf'(0+)| > 1, \qquad (14)$$

то положение равновесия неустойчиво.

Исследуем на устойчивость нулевое положение равновесия рекуррентного уравнения (2). Так как берётся случай (9), то имеет место неустойчивость нулевого положения равновесия. Случаю $|kf'(0+)| = 1$ для выпуклых вверх функций $f(x)$ тоже соответствует неустойчивое нулевому положению равновесие. Это обстоятельство связано с тем, что для выпуклых функций при условии достаточно малых положительных значений неизвестного выполняется неравенство $f(x) > x$, из которого опять же следует неустойчивость. В этом случае, как и при выполнении условия (9), последовательность $\{x_n\}$ является возрастающей.

II.

Перейдем к исследованию устойчивости второго положения равновесия. Оно удовлетворяет

$$kf'(x_0) < 1, \qquad (15)$$

потому что выполняется условие

$$\frac{kf(x_0)}{x_0} = 1. \qquad (16)$$

Но выше для выпуклых функций было доказано неравенство

$$\frac{kf(x)}{x} > kf'(x),$$

из которого и из (15) вытекает неравенство (16). Из неравенства (15) следует, что неустойчивость положения равновесия возможна только при выполнении условия

$$kf'(x_0) < -1. \qquad (17)$$

Такая ситуация невозможна при $s \geq 0$. Значит, второе положение равновесия всегда устойчиво, если оно вообще существует. Если же функция $kf(x)$ имеет максимум, то при положениях равновесия, меньших абсциссы максимума x_{max} функции $f(x)$, её производная положительна. Поэтому соответствующие положения равновесия устойчивы. В точке максимума (x_{max}, f_{max}) эта производная равна нулю и положение равновесия x_{max} также устойчиво.

Всем случаям

$$1 > kf'(x_0) > 0 \qquad (18)$$

соответствует диаграмма Кенигса–Ламерея, эскизно изображённая на рис. 1 [10]. Из рассмотрения этой диаграммы явствует, что экономический процесс имеет асимптотически устойчивое положение равновесия, к которому он сходится монотонно. В таких случаях будем говорить об устойчивом экономическом росте. При нём во время возрастания на каждом этапе процесса инвестиций и прибыли возникают комфортные для фирмы условия, которые

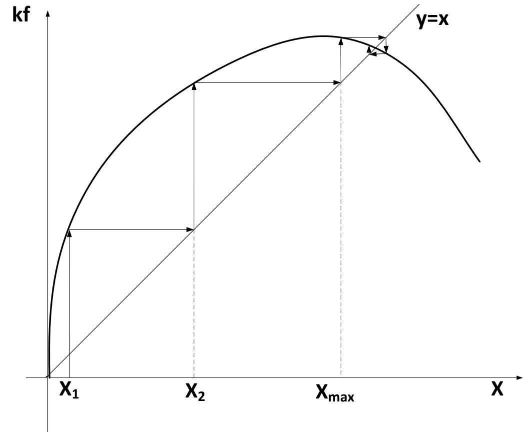

Рис. 2. Диаграмма Кенигса–Ламерея для рекуррентного уравнения (2) при выполнении неравенства (19).

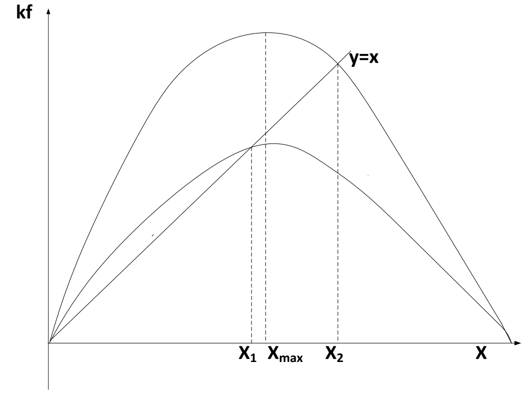

Рис. 3. Динамический процесс на диаграмме Кенигса–Ламерея при преодолении избыточного финансирования.

постепенно завершаются стабильной работой вблизи положения равновесия, когда становятся постоянными инвестиции, прибыль и отчисления дивидендов.

Если же выполняется неравенство

$0 > kf'(x_0) > -1,$ (19)

то положение равновесия также устойчиво, но диаграмма Кенигса–Ламерея на рис. 2 показывает на колебательный процесс решения уравнения (1). Такая ситуация в принципе приемлема, но менее комфортна для фирмы, потому что отсутствует монотонность развития. К тому же объёмы инвестиций избыточны. На участке возрастания функции экономического эффекта на рис. 2 имеется точка, в которой теоретически возможна такая же прибыль, которая имеется на её падающем участке, но при меньших объёмах инвестиций. Это говорит о том, что инвестиции вкладываются не с лучшей эффективностью.

Ситуация, когда положение равновесия превышает точку максимума функции экономического эффекта, свидетельствует о том, что имеется избыточное финансирование проекта. Сам факт превышения может быть обнаружен при возникновении колебаний у экономического процесса (рис. 2). Соответственно на рис. 3 показано, что в этом случае целесообразно уменьшить величину k в модели (2). Тогда и кривая $y = kf(x)$ уменьшится вдоль оси ординат, и положение равновесия схожим образом изменится.

При этом можно добиться устойчивого роста с лучшей эффективностью, но и уменьшится само установившееся значение экономического эффекта $f(x_{02})$. Особый интерес представляет динамический экономический процесс в случае возрастающей функции экономического эффекта и при отсутствии второго положения равновесия. Здесь выполняется условие

$kf(x) > x$ при всех $x > 0.$ (20)

При выполнении условия (20) последовательность экономических эффектов по годам возрастает с экспоненциальной скоростью. Это демонстрирует рис. 4.

Заметим, что и в данном варианте эффективность проекта меньше начальной и убывает. Поэтому подобный проект может и не быть очень прибыльным. В таких

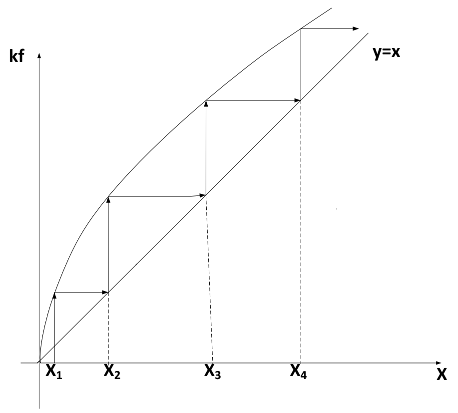

Рис. 4. Диаграмма Кенигса–Ламерея для возрастающей функции экономического эффекта и при отсутствии второго положения равновесия у рекуррентного уравнения (2).

случаях вместо исследования второго положения равновесия, которого здесь нет, нужны проверка величины эффективности на каждом из этапов, а также нахождение предельной эффективности с помощью формулы (12).

Следует иметь в виду, что после получения данных о положении равновесия x_{02} уравнения (1) предстоит найти экономический эффект $kf(x_{02})$ и установившуюся эффективность:

$$s = \frac{kf\left(x_{02}\right)}{x_{02}}. \tag{21}$$

Оба эти параметра обязаны удовлетворять требованиям к экономическому проекту. В случае несоответствия требованиям — малом объёме экономического эффекта или недостаточности эффективности — следует изменить величину k через систему финансирования проекта или же функции экономического эффекта $f(x)$ путём изменения средств производства или их объёмов.

ВЫВОДЫ

Во многих случаях для нормального развития компаний и реализации их проектов желательно иметь нарастающие во времени значения прибыли и объёмов производства. Если эти величины оказываются подверженными колебаниям со спадами (рецессиями), то такая ситуация чрезвычайно нежелательна для надёжного и уверенного развития компании. При этом потери при спадах носят не только прямой финансовый характер, но и возможен имиджевый урон. Поэтому под устойчивым развитием понимается возрастающий процесс выхода проекта (и всей компании) на устойчивое положение равновесия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение правительства РФ от 24.10.2014 года № 2116-р «О внесении изменений в распоряжение правительства РФ от 05.11.2013 № 2044-р и утверждении паспорта инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей».

2. Терёшина Н. П., Дедова И. Н., Подсорин В. А. Управление инновациями на железнодорожном транспорте: Монография.— М.: МИИТ, 2014.— 284 с.

3. Платформа поддержки инфраструктурных проектов. [Электронный ресурс]: http://www.pppi.ru/content/sozdanie-i-ekspluataciya-obekta-zheleznodorozhnoy-transportnoy-infrastruktury-i-transporta. Доступ 04.12.2017.

4. Hicks J. R. Economic Perspectives. Oxford: Clarendon Press. 1976.— 220 c.

5. ООН и устойчивое развитие. [Электронный ресурс]: http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/92/PDF/N1529192.pdf? OpenElement\. Доступ 01.12.2017.

6. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения.— М.: Мир, 1967.— 536 с.

7. Рокафеллар Р. Выпуклый анализ.— М.: Мир, 1978.— 466 с.

8. Шарковский А. Н., Майстренко Ю. Л., Романенко Е. Ю. Разностные уравнения и их приложения.— Киев: Наукова думка, 1986.— 312 с.

9. Berg A. G., Ostry J. D. Equality and Efficiency. Finance and Development, International Monetary Fund, September 2011, Vol. 48, No. 3, pp. 12–15.

10. Сеславин А. И., Сеславина Е. А. Дифференциальные и разностные уравнения.— М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2016.— 350 с.

Координаты автора: **Сеславина Е. А.** – seslavina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2017, принята к публикации 15.01.2018.