

**МАКРИДЕНКО Е.
МЕХАНИЗМ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ИННОВАЦИОННОГО
РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

УДК 338.2, ВАК 08.00.00, ГРНТИ 06.00.00

Механизм разработки модели
инновационного развития
предприятия

Mechanism for developing a model
of innovative development of an
enterprise

Макриденко Евгений

Makridenko Evgeniy

Московский политехнический
университет, г. Москва

Moscow Polytechnic University,
Moscow

В данной научной статье рассматривается проблема моделирования инновационного развития предприятия экономико-математическими методами. Для того, чтобы реализация экономико-математической модели инновационного развития предприятия предоставила адекватные результаты, необходимо включить в нее параметры деятельности предприятий-конкурентов, ожиданий рынка выпускаемой продукции, реакции внутри предприятия. Указанные параметры с одной стороны, имеют вероятностную природу, с другой – их числовые характеристики не всегда доступны. Для получения адекватных результатов экономико-математической модели целесообразным представляется использование имитационной модели.

This scientific article discusses the problem of modeling the innovative development of an enterprise by economic and mathematical methods. In order for the implementation of the economic-mathematical model of innovative development of the enterprise to provide adequate results, it is necessary to include in it the parameters of the activities of competing enterprises, market expectations of products, reactions within the enterprise. The indicated parameters, on the one hand, are probabilistic in nature, and on the other, their numerical characteristics are not always available. To obtain adequate results of the economic-mathematical model, it seems appropriate to use a simulation model.

Ключевые слова: инвестиции, инновации, модель, моделирование, имитационная модель

Key words: investment, innovation, model, modeling, simulation model

Введение

Для принятия адекватного решения руководству предприятия необходимы оценочные результаты внедрения инноваций в свое производство. Однако традиционные методы оценки инновационно-инвестиционных проектов не могут

предоставить полную информацию для принятия соответствующего решения. Это побуждает при принятии решения о финансировании инновации использовать результаты моделирования инновационного развития, которые призваны дополнить технико-экономические характеристики проектов инновационного развития предприятия.

Моделировать инновационное развитие можно, воспользовавшись экономико-математическими методами. Для того, чтобы реализация экономико-математической модели инновационного развития предприятия предоставила адекватные результаты, необходимо включить в нее параметры деятельности предприятий-конкурентов, ожиданий рынка выпускаемой продукции, реакции внутри предприятия. Указанные параметры с одной стороны, имеют вероятностную природу, с другой – их числовые характеристики не всегда доступны. В этой для получения адекватных результатов экономико-математической модели целесообразным представляется использование имитационной модели.

Траектория деятельности предприятия имеет двумерное измерение: с одной стороны, она представляется развитием технологического потенциала посредством «скрытого» технологического прогресса, с другой, выражает состояние каждого предприятия посредством показателей ее экономической деятельности. Под «скрытым» технологическим прогрессом в данном случае понимаются потенциальные технологические достижения в результате проведения инновационной деятельности, которые могут выражаться производительностью капитала или труда.

В основу предлагающейся модели были положены результаты исследований экономистов Р. Нельсона и С. Уинтера [2, 5]. В своих работах они показали, что необходимо проводить различие между новаторами и имитаторами, так как соответствующие «траектории» их поведения на рынке различным образом связаны с инновационным развитием этих предприятий, или их «технологическими траекториями». Авторы рассматривали линейную форму технологической траектории, отображающей непрерывный процесс отбора предприятий, в котором преимущество отдается инновационным.

Некоторые экономисты ставили целью показать несовершенство линейного представления результатов технологической траектории в процессе «естественного отбора» предприятий на рынке. Используя основные элементы теории Й. Шумпетера, касающиеся между прибылью, научными разработками и инновациями, Р. Нельсон и С. Уинтер были одними из первых, рассмотревших эволюционную модель экономики.

Также в основу предлагаемой имитационной модели заложены положения, согласно которым предприятия осуществляют свою деятельность по принципу рационального поведения и по установившемся на отдельном предприятии правилам согласно теории «меметики». В результате проб и ошибок на рынке, они накапливают опыт, рутинные привычки, которые формируют определенную компетенцию. Приобретенные навыки представляют собой так называемую «базу памяти», которая является хранилищем прошлого опыта, и тем самым обеспечивает поведение каждого предприятия в будущем.

Таким образом, установившееся поведение предприятий определяет диапазон ожидаемых действий, что предоставляет предприятию возможность осуществлять деятельность в открытой и динамичной окружающей среде. Необходимо отметить, что установившееся практика деятельности предприятия ограничивает для нее возможности поведения на рынке, и очевидно определяет специфические эволюционные траектории для каждого предприятия, участвующего в модели. Данное положение объясняет появление и развитие различий между предприятиями, таким образом, вызывая изменения в производстве и делая этот процесс необратимым и кумулятивным.

Р. Нельсон и С. Уинтер исследовали различные траектории поведения инновационных предприятий и предприятий-имитаторов. Основное различие между ними проявляется в том, что инновационные предприятия создают нововведения, а имитационные, перенимая данные нововведения, распространяют их на рынке. Инновационные предприятия, инвестирующие в научные исследования, увеличивают свои возможности выживания в результате промышленных изменений, вызванных их собственными нововведениями. В результате, нововведения в модели Нельсона и Уинтера связаны с непрерывным процессом отбора, который неизменно ведет к преимуществу инновационных предприятий.

В моделях указанных ученых технологическая траектория представляет реализацию технологического потенциала в различные моменты времени и задается постоянным темпом приращения уровней технологического развития. Данное предположение имеет некоторое сходство с непрерывностью процесса естественного отбора в природе, и приводит к тому, что в результате конкурентной борьбы с течением времени исключаются имитирующие предприятия. Однако, если рассматривать их модель с применением технологических траекторий в виде нелинейных функций, то можно показать, что при некоторых заданных параметрах модели возможен противоположный результат.

Рекомендуемая имитационная модель является представлением инновационного развития предприятий некоторых отраслей промышленности, в которых предприятия производят однородную продукцию. В качестве конечного результата, характеризующего их деятельность, используется доля рынка выпускаемой продукции. Изначально рынок гомогенной продукции поделен между всеми предприятиями, участвующими в модели в одинаковых долях. Модель позволяет изменять количество предприятий.

Успешная инновационная деятельность в данном случае характеризуется повышением производительности капитала. Каждое предприятие имеет свой уровень используемых технологий, который определяет производительность факторов производства на предприятии. Производство характеризуется эффектом постоянного возвращения масштаба, т.е. дополнительное использование одного из факторов производства приводит к увеличению объемов производства. В данной модели допускается, что капитал, представленный оборудованием и технологиями производства, является единственным фактором производства.

Предприятия имеют возможность проводить инновационную деятельность или имитировать инновации. Инновационные предприятия могут проводить инновационную деятельность, а также имитировать инновации. Имитационные

предприятия в модели способны только имитировать инновации. Эффективность затрат на научные исследования и разработки не гарантирована, но тем не менее, бóльшие затраты на инновационное развитие предполагают увеличение вероятности повышения отдачи факторов производства.

Предполагается, что в каждый момент времени существует некоторая «скрытая» технологическая тенденция или потенциально возможный максимальный уровень производительности для инновационных предприятий, который характерен для определенной отрасли производства. В модели это автономная технологическая тенденция задается в виде экспоненциальной функции, отображающей логистическую кривую. Данный вид функции выбран исходя из основных стадий инновационного процесса. Согласно ему, рост производительности приходится на период внедрения нововведения. В стадии насыщения происходит замедление роста производительности, что характерно для большинства инноваций.

В случае успешных инновационных мероприятий происходит резкий скачок производительности на максимально возможный уровень в данный период времени. Инновация, таким образом, является реализацией скрытого технологического потенциала. В случае успешной имитации предприятие приобретает доступ к последним научно-производственным достижениям в отрасли, то есть производительность на предприятии становится равной максимальной производительности в отрасли в данный период времени [3, 4].

Очевидно, что расходы на исследовательские работы уменьшают объемы финансирования текущей деятельности. Таким образом, происходит уменьшение величины потенциальной текущей прибыли. Возможность увеличения производительности в результате проведения технологических инноваций может обеспечить будущую прибыль, при условии, что инновационная деятельность окажется успешной. В противном случае текущие доходы будут уменьшаться. Другими словами, расходы, связанные с инновационной деятельностью, воздействуют на инвестиционную способность предприятия и уменьшают эффективность производства в текущий момент времени. Следовательно, если инновация не приведет к ожидаемому результату, положение предприятия на рынке ухудшится намного сильнее даже по сравнению, если бы оно оставалось пассивным к инновационной деятельности. Говоря терминами модели, доля рынка инновационного «предприятия-неудачника» сократится.

Предприятие отрасли может избежать этого риска, имитируя инновации. Однако, имитирующее предприятие рискует тем, что в определенный момент времени оно не будет иметь максимальной производительности факторов производства, возможной в данный период. В этом смысле предприятие-имитатор технологических инноваций может отставать от инновационных предприятий. В реальной жизни часто происходит так, что инновационное предприятие достигает большей доли на рынке выпускаемой продукции до того, как имитирующие предприятия скопируют инновации. Эта ситуация создает кумулятивное преимущество для инновационных предприятий. Схематически модель представлена на рисунке 1.

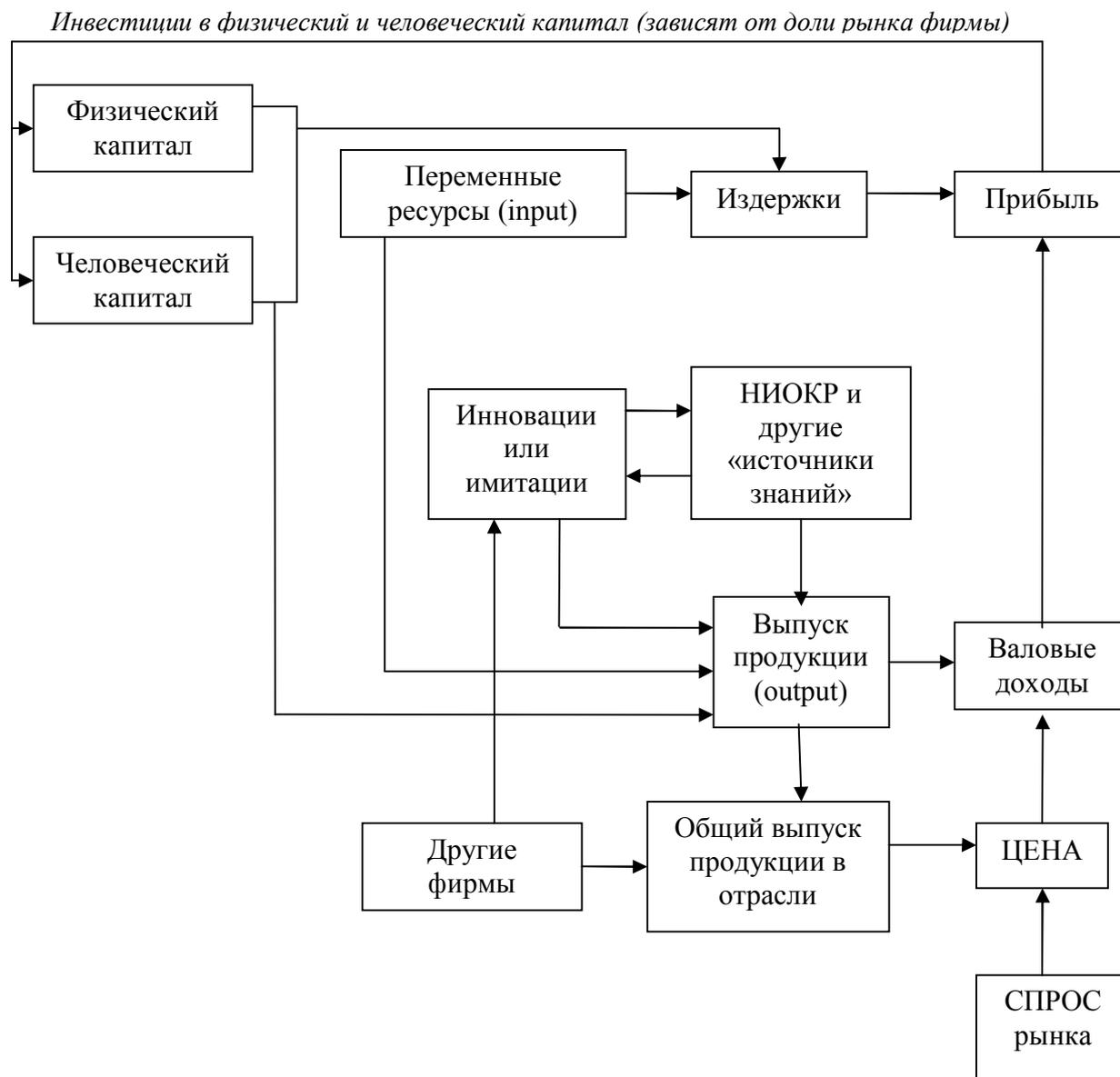


Рисунок 1. Алгоритм развития инновационной деятельности промышленных предприятий на рынке однородной продукции

После реализации имитационной модели с учетом особенностей тех или иных отраслей и рисков можно делать вывод о целесообразности проведения инновационных мероприятий и их эффективности.

Для математического описания инновационного развития предприятий [2], занимающихся определенным видом экономической деятельности, а также для постановки задачи и проведения соответствующих вычислений, будем использовать следующие основные параметры модели:

$$K_t \equiv (K_{1t}, \dots, K_{it}, \dots, K_{nt})$$

$$A_t \equiv (A_{1t}, \dots, A_{it}, \dots, A_{nt}),$$

где A_t и K_t -массивы, которые описывают состояние системы (отрасли) в период времени t ;

K_{it} - капитал i -ого предприятия в момент времени t , представленный оборудованием и технологиями производства;

A_{it} – изменение производительности капитала на i -ом предприятии в момент времени t ;

n - фиксированное число предприятий в отрасли.

Объем производства i -ого предприятия в момент времени t определяется как:

$$Q_{it} = A_{it}K_{it}$$

Общий объем продукции в отрасли находится как суммарная величина всех предприятий, участвующих в модели:

$$Q_t = \sum Q_{it}$$

Цена единицы продукции:

$$P_t = D(Q_t)$$

где $D(Q_t)$ – экзогенно заданная функция спроса.

Общая продажа продукции для i -ого предприятия в момент времени t :

$$S_{it} = P_t Q_{it}$$

Общие производственные издержки в момент времени t :

$$C_{it} = c_{it}K_{it}$$

где c – производственные издержки на единицу капитала.

Общие инновационные издержки для i -ого предприятия в момент времени t :

$$Rn_{it} = rnK_{it}$$

где rn - издержки инновации на единицу капитала.

Общие имитационные издержки для i -ого предприятия в момент времени t :

$$Rm_{it} = rmK_{it}$$

где rm - издержки имитации на единицу капитала.

Чистая прибыль (экономическая прибыль) для i -ого предприятия в момент времени t :

$$Z_{it} = S_{it} - (C_{it} + Rm_{it} + Rn_{it})$$

В начальный период времени $t=0$ показатели A_{it} и K_{it} задаются начальными показателями одинаковыми для всех предприятий.

Далее необходимо вычислить производительность капитала для следующего периода A_{it+1} для каждого из предприятий отрасли. На этом этапе моделирования требуется учитывать случайность будущего успешного внедрения инновации и имитации для инновационных предприятий, и успешного внедрения имитации – для имитационных предприятий. В данной модели используется случайная величина, распределенная по нормальному закону.

Мы воспользовались хорошо известным фактом, что сумма сравнительно небольшого числа случайных величин с любым распределением обычно дает очень хорошее приближение к нормальному распределению. Для равномерного распределения требуется сумма около десяти чисел, чтобы получить нормальное распределение. В десятичной машине принято брать двенадцать чисел, чтобы избежать возможного взаимодействия между механизмом генерирования и процессом сложения.

Таким образом, в случае успешной инновации будем иметь $A_{it+1} = A_{in}(t)$. Функция $A_{in}(t)$ является логистической и на плоскости отображает кривую скрытой технологии:

$$A_{in}(t) = (B - A_0) / (1 + e^{(b-h*t)}) + A_0$$

где A_0 – уровень производительности капитала предприятия в начальный период (одинаковый для всех предприятий при $t=0$); B – максимальный уровень производительности, характерный для определенного оборудования или технологического процесса; b – заданный параметр, характеризующий время от разработки до внедрения инновации; h – заданный параметр.

Отметим, что выбор параметров B , b и h зависит от конкретной отрасли и подбирается специалистами и экспертами в данной отрасли.

В случае успеха имитации в следующем периоде будем иметь

$$A_{it+1} = \max(A_{it}; i = 1, \dots, n)$$

В случае неудачи инновации и имитации производительность не изменится, т.е. $A_{it+1} = A_{it}$.

Предполагается, что капитал используется полностью, а изменение уровня производства будет изменять капитал следующим образом:

$$K_{it+1} = I(P_t A_{it} / c, Q_{it} / Q_i, Z_{it}, \partial) K_{it} + (1 - \partial) K_{it}$$

где ∂ – константа постоянного уменьшения капитала в с инвестиционно-инновационной деятельностью;

Q_{it} / Q_t – доля в общем выпуске товара для i -ого предприятия в момент времени t .

Таким образом, для следующего периода развития системы $t=t+1$ основные параметры примут следующие значения:

$$A_{it} = A_{it+1}$$

$$K_{it} = K_{it+1}$$

Все остальные показатели состояния системы для каждого предприятия будут также изменены.

По результатам реализации на компьютере указанной модели можно делать выводы о преимуществах инновационных предприятий и имитирующих предприятий, а самое главное, принимать решение о проведении инновационной деятельности при имеющихся на предприятии ресурсах.

При наблюдении поведения траекторий для предприятий можно сделать следующие основные выводы:

- на этапе «взлета» производительности капитала наблюдается нестабильное положение всех предприятий, характеризующееся долями в общем выпуске товара на рынке. Далее наблюдается некоторая стабилизация указанного процесса;

- при увеличении параметра b , определяющего период от начала разработки проекта до резкого увеличения производительности видим вначале преимущество имитационных предприятий, которое плавно переходит к инновационным;

- при достаточно большой вероятности успеха инновации и имитации в итоге доминируют на рынке имитационные предприятия;

- при достаточно малом ∂ в итоге доминируют на рынке имитационные предприятия. Период перелома приходится на истощение потенциала производительности скрытой технологии, что подтверждает мнение о том, что прежде

чем проводить дорогостоящие исследования и инновацию, необходимо сначала провести менее затратные исследования об их дальнейшей эффективности.

Заключение

Результаты практического использования имитационной модели позволяют сформулировать отдельные замечания. Для построения указанной модели на практике необходимо подбирать параметр, характеризующий период от разработки нововведения до его внедрения, наиболее реалистичным способом, привлекая к этому процессу экспертов. Отметим, что использование модели показало, что его необходимо выбирать из расчета наиболее быстрого внедрения инноваций, т.к. он затрагивает действия предприятий-конкурентов, заинтересованных как можно быстрее выйти с инновацией на рынок. Поскольку в модели размер инвестиций, которые направляются на инновационное развитие, изменяются в зависимости от выбранной стратегии с учетом агрессивных действий конкурентов, то необходимо выбирать пионерскую стратегию, позволяющую получить максимальную отдачу в виде сверхприбыли, если это позволяет реальная финансовая ситуация на предприятии. Если же на предприятии инвестиционных ресурсов не достаточно, то необходимо выступать на рынке в роли имитатора. Наиболее реалистично модель отображает ситуацию на рынке, где присутствует ограниченное число производителей, а также где производство продукции основано на типовой технологической основе.

Список использованных источников и литературы

1. Ланкастер К. Математическая экономика. – М.: Советское радио, 1972. – с. 345.
2. Новицкий Н. А. Современные проблемы и механизмы инвестирования инновационной деятельности в России. – М.: ИЭ РАН, 2010.
3. Пospelов И. С., Моделирование российской экономики в условиях кризиса // Вопросы экономики. – 2009, № 11.
4. Ясин Е. М., Снеговая М. Н. Роль инноваций в развитии мировой экономики // Вопросы экономики. – 2009, № 9.
5. Нельсон Р., Винтер С. Эволюционная теория экономических изменений. – Издательство Гарвардского университета. – 1984. – С. 234-235.

List of references

1. Lancaster K. Mathematical Economics. – M.: Soviet radio, 1972. – p. 345
2. Novitskiy N. A. Modern problems and mechanisms of investing in innovative activity in Russia. – M.: IE RAS, 2010.
3. Pospelov IS, Modeling the Russian economy in a crisis // Questions of economy. – 2009, No. 11.
4. Yasin E.M., Snegovaya M.N. The role of innovation in the development of the world economy // Questions of economy. – 2009, No. 9.
5. Nelson R., Winter S. An Evolutionary Theory of Economic Change. – Harvard University Press. – 1984, p.234-235.