

# Методический подход к формированию и инвестиционному обеспечению оптимального портфеля инновационных проектов промышленных предприятий

**Болдовская Екатерина Петровна**

кандидат экономических наук, доцент кафедры учета, налогообложения и международных экономических отношений Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

**Boldovska Kateryna**

Kharkiv National Automobile and Highway University

Статья посвящена разработке методического подхода к формированию и инвестиционному обеспечению оптимального портфеля инновационных проектов предприятия. Обоснованы теоретико-инструментальные процедуры процесса разработки и принятия решений относительно объектной направленности инвестиционно-инновационной деятельности промышленного предприятия. Выполнена экономическая постановка и обоснование оптимизационной задачи, которая должна решаться в рамках заключительного этапа данного процесса. Синтезирована экономико-математическая модель формирования оптимального портфеля инновационных проектов предприятия, в которой в качестве критерия оптимизации предложен показатель полезности ожидаемого эффекта инвестирования сформированного портфеля, выраженного наиболее вероятной величиной чистой приведенной стоимости включенных в него альтернатив (инновационных проектов), определяемой при помощи стохастического моделирования их эффективности.

**Ключевые слова:** оптимальный портфель, инновационный проект, инвестиционное обеспечение, полезность, толерантность риска, инвестиционный и инновационный менеджмент, процесс принятия решений, инструментарий управления, экономико-математическая модель.

**Болдовська К.П. МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ Й ІНВЕСТИЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Стаття присвячена розробленню методичного підходу до формування й інвестиційного забезпечення оптимального портфеля інноваційних проєктів підприємства. Обґрунтовано теоретично-інструментальні процедури процесу розроблення і прийняття рішень щодо об'єктної спрямованості інвестиційно-інноваційної діяльності промислового підприємства. Здійснено економічну постановку й обґрунтування оптимізаційного завдання, яке має вирішуватися в межах заключного етапу цього процесу. Синтезовано економіко-математичну модель формування оптимального портфеля інноваційних проєктів підприємства, в якій як критерій оптимізації запропоновано показник корисності очікуваного ефекту інвестування сформованого портфеля, вираженого найбільш імовірною величиною чистої приведеної вартості включених до нього альтернатив (інноваційних проєктів), яка визначається за допомогою стохастичного моделювання їхньої ефективності.

**Ключові слова:** оптимальний портфель, інноваційний проєкт, інвестиційне забезпечення, корисність, толерантність ризику, інвестиційний та інноваційний менеджмент, процес прийняття рішень, інструментарій управління, економіко-математична модель.

**Boldovska Kateryna. THE METHODOLOGICAL APPROACH TO FORMATION AND INVESTMENT PROVIDING THE INDUSTRIAL ENTERPRISES' INNOVATIVE PROJECTS OPTIMAL PORTFOLIO**

The methodical approach to formation and investment providing an optimal portfolio of industrial enterprises' innovative projects is developed in the article. In order to achieve the target goal, the following tasks have been solved: the process of developing and making decisions regarding the object directivity of investment and innovation activities has been improved; the economic and mathematical model for the formation of an optimal enterprise's innovative projects portfolio is developed. The theoretical and instrumental procedures of the process of developing and making decisions regarding the formation of an optimal enterprise's innovative projects portfolio are grounded. This process is represented by the progressive removing along the chain "a portfolio of innovative proposals – a portfolio of innovative alternatives – a portfolio of enterprise's innovative projects" with a gradual narrowing and optimization of the each of its links structure. The economic statement and the solution of the optimization task have been fulfilled, it should be solved within the framework of the final link of the named process of developing and making decisions. A corresponding economic-mathematical model is synthesized in the form of a mathematical programming problem of non-linear type with Boolean variables. An index of the expected effect utility of investing the formed portfolio is proposed as an optimization

criterion. The expected effect expressed by the most probable amount of the net present value of the investment alternatives included in it, determined by stochastic modeling of their effectiveness. It will allow economic actors to make scientifically sound decisions regarding the composition of the portfolio on the basis of consideration of the preference of investment result (effect), taking into account not only its absolute value, but also the investor's risk tolerance. The developed model allows to form an optimal innovative projects portfolio with the time optimization of its implementation, reflected in the calendar investment plan, and in coordination with the available resources of the enterprise.

**Key words:** optimal portfolio, innovative project, investment support, utility, risk tolerance, investment and innovation management, decision-making process, management tools, economic-mathematical model.

### **Постановка проблемы в общем виде.**

В условиях глобальной нестабильности современной рыночной среды с присущими ей неопределенностью, разнонаправленностью и динамичностью экономических преобразований, ресурсным дефицитом и другими неблагоприятными факторами влияния на результативность функционирования экономических субъектов существенно возрастает потребность в применении научно обоснованных методов управления всеми сферами хозяйствования, в том числе и такой важной для обеспечения динамичного роста и развития его составляющей, как инновационная деятельность, и в частности ее инвестиционным обеспечением. В свою очередь, непременная составляющая эффективности последнего – принятие обоснованных управленческих решений по выбору объектов капиталовложений, осуществляемое на основе решения задач оптимального распределения инвестиционных ресурсов, – требует широкого применения адекватных экономико-математических методов и моделей, обуславливая повышение роли и значения совершенствования и развития научно-методического инструментария подготовки и принятия инвестиционных решений. Итак, стратегическое значение, которое имеют активизация инновационной деятельности и оптимизация ее направлений для модернизации производственного потенциала, расширенного воспроизводства и обеспечения конкурентоспособности в национальном и глобальном экономическом пространстве, указывает на необходимость продолжения теоретико-прикладных исследований проблемы повышения эффективности управления инвестиционным обеспечением инновационной деятельности, подтверждает их актуальность и определяет научно-практическое значение.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Решением проблем в сфере исследования, совершенствования и разработки теоретическо-методического и организационно-экономического обеспечения управления инновационными процессами,

инвестирования инновационной деятельности на промышленных предприятиях занимаются ученые С.Н. Ильяшенко [1], В.В. Стадник [2], М.В. Шарко [3], Е.А. Беловодская [4], Н.Е. Рогоза, К.Ю. Вергал [5], Я. Измайлов [6], С.В. Терехова [7] и другие.

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы.** Однако изучение и анализ современных научных разработок в данной сфере указывает на объективную необходимость в продолжении и всестороннем углублении исследований для дальнейшей доработки и совершенствования отдельных теоретико-методических положений как в научном, так и в организационно-практическом аспектах. В частности, дальнейшего развития требует научно-методический инструментарий подготовки и принятия инвестиционных решений с учетом не только ожидаемой величины дохода от вкладываемых в инновационные проекты инвестиций, но и его полезности для конкретного инвестора, учитывая степень его толерантности к риску, связанному с инновационной деятельностью.

**Формулирование целей статьи (постановка задачи).** Целью исследования является развитие научно-методического обеспечения и организационно-экономического инструментария инновационно-инвестиционного менеджмента промышленного предприятия, в частности разработка методического подхода к инвестиционному обеспечению инновационной деятельности за счет теоретического обоснования и разработки схемы процесса принятия оптимальных решений относительно объектной направленности инвестиционно-инновационной деятельности и формализации модели формирования эффективного портфеля инновационных проектов предприятия с использованием оптимизационных процедур методов математического программирования.

**Изложение основного материала исследования.** Ограниченность возможностей хозяйствующего субъекта по одновременному финансовому обеспечению инвестирования всех привлекательных для него инновационных проектов предопреде-

ляет необходимость разработки и принятия эффективных управленческих решений относительно оптимального распределения имеющихся ресурсов между потенциальными объектами вложения капитала.

Известно, что уровень эффективности инвестиционной деятельности во многом определяется возможностями преодоления неопределенности, обусловленной существенной вариацией различных параметров множества факторов не только внутренней, но и внешней среды участников инвестиционного процесса. При привлечении иностранного капитала в процесс реализации инновационных проектов степень этой неопределенности еще более возрастает. В таких условиях повышение уровня объективности и обоснованности инвестиционных решений требует, в частности, применения адекватных экономико-математических методов и моделей, поскольку последние дают возможность выявлять и оценивать закономерности и тенденции развития исследуемых объектов и систем, моделировать влияние различных факторов на их поведение, прогнозировать последствия, формулировать адекватные выводы для использования полученных результатов в управленческой деятельности. Это позволит внести элементы детерминированности в осуществление инновационной деятельности, повысить уровень эффективности использования инвестиционных ресурсов и уменьшить уровень связанного с этим риска.

Принимая во внимание сложность управления инновационно-инвестиционной деятельностью, связанную, в частности, с необходимостью учета множества экзогенных и эндогенных факторов, достаточно важным, на наш взгляд, является обоснование последовательности и содержания этапов процесса разработки и принятия решений по формированию оптимального портфеля инновационных проектов предприятия и последующего финансирования их реализации, в том числе с привлечением иностранного инвестора. На основе обобщения существующих разработок в области теоретико-организационного обеспечения инвестиционного и инновационного менеджмента [1, 3, 4, 6, 7] можно сделать вывод о недостаточной научной и прикладной проработке указанной проблемы. В связи с этим нами обоснована схема процесса разработки и принятия решений по формированию оптимального портфеля инновационных проектов предприятия за счет определения и упорядочения составля-

ющих его теоретико-инструментальных процедур, реализация которых обеспечит оптимальность решений на каждом этапе. Так, названный процесс предлагается представить в виде последовательного продвижения вдоль цепи «портфель инновационных предложений – портфель инновационных альтернатив – портфель инновационных проектов предприятия» с постепенным сужением и оптимизацией структуры каждого из ее звеньев. Иными словами, среди доступных предприятию инновационных предложений путем многокритериального отбора выделяется множество привлекательных и соответствующих его ресурсно-технологическому потенциалу предложений, которые после углубленного анализа эффективности в случае удовлетворительных его результатов включаются в портфель инновационных альтернатив. Определенная комбинация последних с использованием предложенного ниже инструментария оптимизации в свою очередь превращается в портфель инновационных проектов предприятия.

Отличительной чертой предлагаемого подхода выступает логика взаимодействия системы инновационно-инвестиционного менеджмента с подсистемой принятия управленческих решений, заключающаяся в следующем. Система инновационно-инвестиционного менеджмента передает подсистеме принятия решений информационную и методическую базу (в частности, цель, показатели потенциальных инновационных предложений, критериальную базу отбора, систему ограничений и т.п.), на основе которой подсистемой принятия решения с применением соответствующего аналитического инструментария вырабатываются рекомендации относительно формирования оптимального портфеля инновационных проектов [8]. Оптимальным при этом определяем такой портфель, который обеспечивает максимальную ожидаемую полезность инвестиций в него для определенного уровня толерантности риска.

Таким образом, принцип научной обоснованности подхода к инвестиционному обеспечению инновационной деятельности субъекта хозяйствования требует наличия адекватного методического обеспечения процесса разработки и принятия инвестиционных решений, в том числе экономико-математического инструментария оптимизации портфеля инновационных проектов предприятия.

Проблематика разработки экономико-математических моделей портфельной опти-

мизации не является новой, но предлагаемые в научной литературе методические подходы касаются преимущественно финансовых инвестиций, формальное применение которых к формированию эффективного портфеля инновационных проектов является невозможным из-за ряда отличий между этими объектами вложения капитала. Кроме того, разработка оптимальных решений относительно объектной направленности инвестирования усложнена случайным характером величин, являющихся оценками его эффективности, из-за вариации детерминант последней под влиянием ряда стохастических факторов.

В связи с этим для повышения степени достоверности прогнозных оценок во время проведения углубленного анализа инвестиционно привлекательных инновационных предложений в рамках соответствующего этапа процесса разработки и принятия решений по формированию оптимального портфеля инновационных проектов предприятия предлагается использовать разработанную на основе метода Монте-Карло имитационную модель эффективности проекта [9]. Эта модель позволит лицу, принимающему решение, получать наиболее вероятные значения основных показателей эффективности, обеспечивая тем самым информационную основу для реализации оптимизационной процедуры при формировании окончательного варианта решения относительно состава портфеля инновационных проектов.

Анализ сущности экономической задачи формирования оптимальной структуры портфеля инновационных проектов предприятия, которая относится к классу экстремальных задач распределения ресурсов среди множества альтернатив путем многокритериальной оптимизации набора последних, указывает на целесообразность ее решения на основе использования методов математического программирования.

Общеизвестно, что целью любого инвестора при формировании портфеля является максимизация прибыли с минимальным риском [10], то есть возникает задача многокритериальной оптимизации, усложняющая синтез экономико-математической модели. Поэтому, обосновывая критерий оптимальности (при этом учитывая, что платежи, выраженные в денежном эквиваленте, не всегда отражают предпочтительность результата, ожидаемого к получению в случае принятия того или иного решения), считаем целесообразным в качестве такового использо-

вать полезность результата инвестирования, выраженного ожидаемой величиной чистого приведенного дохода от реализации инновационного проекта. Это делает возможным одновременный учет в одном показателе как абсолютного эффекта проекта, так и отношения инвестора к риску, связанного с его получением. Учитывая предположение экономической теории относительно несклонности абсолютного большинства людей к риску [11], рекомендуется в качестве аналитического выражения целевой функции, которая формализует предложенный критерий, принять экспоненциальную зависимость.

В результате экономической постановки и обоснования оптимизационной задачи, которая должна решаться в процессе разработки и принятия решений по формированию оптимального портфеля инновационных проектов предприятия, синтезирована соответствующая экономико-математическая модель в виде задачи математического программирования нелинейного типа с булевыми переменными, целевая функция которой имеет вид [12]:

$$y = f(x) = \sum_{i=1}^n u_i = \sum_{i=1}^n \left( 1 - e^{-\frac{\sum_{t=1}^{T-t+1} E(NPV_i) \cdot x_{it}}{\tau}} \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$x_{it} \in X,$$

где  $u_i$  – полезность результата, который ожидается получить в случае реализации  $i$ -й инвестиционной альтернативы (инновационного проекта);

$E(NPV_i)$  – математическое ожидание величины чистого дохода, приведенного к началу жизненного цикла  $i$ -й альтернативы, ден. ед.;

$x_{it}$  – логическая переменная, отражающая факт выбора для реализации  $i$ -й альтернативы в момент времени  $t$ ;

$r$  – ставка дисконтирования, учитывающая стоимость денег во времени, доли ед.;

$\tau$  – уровень толерантности риска инвестора (определяется по методу детерминированного эквивалента), ден. ед.;

$n$  – количество альтернатив (объектов) инвестирования, ед.;

$i$  – номер альтернативы инвестирования;

$[1, T]$  – горизонт планирования, периоды;

$t$  – номер отдельного момента времени;

$T_i$  – жизненный цикл  $i$ -й альтернативы инвестирования, периоды;

$X$  – множество допустимых решений.

Ограничения модели подробно изложены в [8] и касаются, в частности, соблюдения

требований относительно полного покрытия инвестиционных потребностей во временном разрезе при непревышении бюджета, структуры и средневзвешенной стоимости инвестиционного капитала, совместимости и взаимосвязи инвестиционных альтернатив, а также логики построения инвестиционного процесса (например, ограничение относительно реализации каждой  $i$ -й альтернативы в случае ее выбора не более одного раза и в пределах горизонта планирования).

Предложенная модель относится к классу задач математического программирования нелинейного типа с булевыми переменными; нахождение ее оптимального решения является делом математической техники и осуществляется, как правило, с использованием соответствующих пакетов прикладных программ.

Использование предложенной схемы процесса разработки и принятия инвестиционных решений и синтезированной экономико-математической модели формирования оптимального портфеля инновационных проектов будет способствовать повышению эффективности управления инновационной деятельностью предприятия в целом за счет создания согласованной программы ее инвестиционного обеспечения.

*Выводы из данного исследования.* Итак, в работе предложено перспективное решение важной научно-практической задачи развития методического обеспечения и организационно-экономического инструментария инновационно-инвестиционного менеджмента промышленного предприятия за счет представления схемы процесса разработки и принятия оптимальных решений по формированию и финансированию эффективного портфеля инновационных проектов и формализации соответствующей оптимизационной модели.

В соответствии с разработанным методическим подходом к формированию оптимального портфеля инновационных проектов на основе синтезированной экономико-математической модели предлагается в качестве оптимизационного критерия использовать полезность ожидаемого эффекта их инвестирования, выраженного наиболее вероятной величиной чистой приведенной стоимости инвестиционных альтернатив, определяемой путем стохастического моделирования их эффективности. Это позволит субъектам инвестирования принимать научно обоснованные решения относительно состава порт-

феля на основе учета в одном показателе как абсолютного эффекта от реализации инновационных проектов, так и степени толерантности риска, связанного с его получением. Использование построенной модели будет обеспечивать рациональное распределение и использование инвестиционных ресурсов предприятия, направляемых на реализацию данных проектов, способствуя повышению эффективности управления инвестиционным обеспечением инновационной деятельности предприятия в целом.

Разработанная модель позволит формировать оптимальный портфель инновационных проектов предприятия при временной оптимизации его реализации, воплощенной в календарном плане инвестирования, и согласовании с имеющимися ресурсными возможностями предприятия; определять структуру инвестиционного капитала для каждого временного периода горизонта планирования, причем такую, чтобы средняя за этот период средневзвешенная его стоимость не превышала установленной инвестором величины, а также учитывать динамичность инвестирования и временную стоимость денег, полезность инвестиционных альтернатив и изменение их эффективности во времени из-за отсрочки реализации, изменение объема инвестиционных ресурсов в будущих периодах под влиянием перераспределения неиспользованного в предыдущих периодах капитала и реинвестирования доходов, генерируемых ранее внедренными проектами, степень взаимосвязи и совместимости отдельных проектов, различную продолжительность жизненного цикла проектов и регламентированность периода их внедрения.

Разработанные рекомендации могут использоваться в хозяйственной практике промышленных предприятий, в том числе и предприятий-реципиентов иностранного капитала, составляя методический инструментарий эффективного управления их инновационной деятельностью и способствуя повышению обоснованности процесса принятия решений.

Таким образом, предложенные в работе положения и методические разработки дополняют существующий организационно-экономический инструментарий инновационно-инвестиционного менеджмента промышленных предприятий, обеспечивая научно обоснованное управление инвестиционным обеспечением их инновационной деятельности и повышение ее эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Innovative management : theoretical, methodical, and applied grounds / S. M. Illiashenko (eds.). 1st edition. Prague : Prague Institute for Qualification Enhancement, 2018. 296 p.
2. Функціональні стратегії інноваційного розвитку промислових підприємств : монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. В.В. Стадник. Хмельницький : ХНУ, 2016. 446 с.
3. Управління економічними процесами та інноваційний розвиток промислових підприємств в умовах динамічних змін зовнішнього середовища : колективна монографія / за заг. ред. Шарко М. В. Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2017. 265 с.
4. Механізм стратегічного управління інноваційним розвитком : монографія / за заг. ред. О.А. Біловодської. Суми : Університетська книга, 2012. 432 с.
5. Рогоза М.Є., Вергал К.Ю. Стратегічний інноваційний розвиток підприємств: моделі та механізми: монографія. Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011. 136 с.
6. Izmaylov Y. Formation of Theoretical Fundamentals and Strategy of Investment-Innovative Economic Development at Macro and Micro Level in Globalization Context. *Scientific Journal of Polonia University*. 2017. № 20(1). PP. 24–31.
7. Теребова С.В. Механизмы повышения инновационной активности промышленных предприятий: проблемы разработки и внедрения : монография. Вологда: ФГБУН ИСЭРТ РАН, 2017. 300 с.
8. Покатаєва К.П. Управління інвестиційним портфелем підприємства на основі використання економіко-математичних методів. *Економіка: проблеми теорії та практики* : зб. наук. праць. Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. Вип. 233, Т. IV. С. 877–888.
9. Покатаєва К.П. Інвестиційна діяльність підприємств у глобальному середовищі: методичний інструментарій управління : монографія. Харків : ХНАДУ, 2009. 168 с.
10. Шарп У., Александер Г., Джеффри Б. Инвестиции / пер. с англ. 5-е изд. Москва: ИНФРА-М, 2009. 1028 с.
11. Економічна теорія : підручник / В.Д. Лагутін та ін. ; за заг. ред. В.Д. Лагутіна. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 608 с.
12. Покатаєва К. П. Управління інвестиційною діяльністю підприємств машинобудування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.00.04. Харків, 2008. 20 с.

## REFERENCES:

1. Illiashenko S.M. (ed.) (2018) Innovative management: theoretical, methodical, and applied grounds. 1st edition. Prague: Prague Institute for Qualification Enhancement.
2. Stadnyk V.V. (ed.) (2016) *Funktsionalni stratehii innovatsiinoho rozvytku promyslovykh pidpriemstv* [Functional strategy of innovative development of industrial enterprises]. Khmelnytskyi: KhNU. (in Ukrainian).
3. Sharko M.V. (ed.) (2017) *Upravlinnia ekonomichnymy protsesamy ta innovatsiinyi rozvytok promyslovykh pidpriemstv v umovakh dynamichnykh zmin zovnishnoho seredovyscha* [Management of economic processes and innovative development of industrial enterprises under conditions of dynamic changes of the external environment]. Kherson: PP Vyshemyrskiy V.S. (in Ukrainian).
4. Bilovodska O.A. (ed.) (2012) *Mekhanizm stratehichnoho upravlinnia innovatsiynym rozvytkom* [Mechanism of strategic management of innovation development]. Sumy: Universytetska knyha. (in Ukrainian).
5. Rohoza M.Ye., Verhal K.Yu. (2011) *Stratehichni innovatsiinyi rozvytok pidpriemstv: modeli ta mekhanizmy* [Strategic innovation development of enterprises: models and mechanisms]. Poltava: RVV PUET. (in Ukrainian).
6. Izmaylov Y. (2017) Formation of Theoretical Fundamentals and Strategy of Investment-Innovative Economic Development at Macro and Micro Level in Globalization Context. *Scientific Journal of Polonia University*, no 20(1), pp. 24–31.
7. Terebova S.V. (2017) *Mekhanizmy povysheniya innovatsionnoy aktivnosti promyshlennykh predpriyatiy: problemy razrabotki i vnedreniya* [Mechanisms to increase the innovation activity of industrial enterprises: problems of development and implementation]. Vologda: FGBUN ISERT RAN. (in Russian).
8. Pokataieva K.P. (2007) *Upravlinnia investytsiynym portfelem pidpriemstva na osnovi vykorystannia ekonomiko-matematychnykh metodiv* [Management of the enterprise's investment portfolio on the basis of using of economic and mathematical methods]. *Economics: problems of theory and practice*, vol. 4, no 233, pp. 877–888.
9. Pokataieva K.P. (2009) *Investytsiina diialnist pidpriemstv u hlobalnomu seredovyschi: metodychnyi instrumentarii upravlinnia* [Investment activity of enterprises in the global environment: methodical tools of management]. Kharkiv: KhNADU. (in Ukrainian).
10. Sharp U., Aleksander G., Dzheffri B. (2009) *Investitsii* [Investments]. Moscow: INFRA-M. (in Russian).
11. Lahutin V.D. (ed.) (2017) *Ekonomichna teoriia* [Economic theory]. Kyiv: Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t. (in Ukrainian).
12. Pokataieva K.P. (2008) *Upravlinnia investytsiinoiu diialnistiu pidpriemstv mashynobuduvannia* [Management of machine-building enterprises' investment activity] (PhD Thesis), Kharkiv, National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute".