

## Development of Efficiency Determination Methods of Automation Facilities in Sequential Areas of their Applications

**Yakovlev A.I.**

National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»  
Kharkov, Ukraine

**Abstract.** It is identified that the effect of high-quality innovations may not be over in the sphere of their direct use. The objective of the article is the development of theoretical and methodical propositions for the effect valuation of such development works according to the sphere of their final use by way of example electrotechnical means of workflow automation. The objective is attained as a result of the research carried out. It's proved that under the valuation of the means of workflow automation for the output of the means of labor the effect valuation should be carried out for three levels: production of means of automation, their use, consumption of the means of labor, produced by the use of the means of workflow automation analyzed. Under valuation the effect of the means of labor aimed for production of objects of labor the level of manufacture of objects of labor which are produced on the certain equipment is added. The methodical recommendations for the determination of the size of needs for new items at different levels of consumption under the change in degree of qualitative characteristics with regard to stochastic nature of economic processes are introduced. These recommendations have the universal character and they enable their use under the estimation of the effect of other kinds of means of labor and objects of labor. The result of the research is the certain contribution to the improvement of the theory and practice for the determination of social and economic efficiency of innovations.

**Keywords:** automation facilities, quality, effect, levels of effect calculation, final consumption, production volume, financial calculations.

**DOI:** 10.5281/zenodo.1343422

### Dezvoltarea metodelor de determinare a efectului mijloacelor de automatizare în sferile ulterioare de aplicare

**Iakovlev A.I.**

Universitatea tehnică națională "Institutul politehnic din Harkov"  
Harkov, Ucraina

**Rezumat:** Obiectivul cercetărilor constă în dezvoltarea teoriilor și a metodelor de estimate a eficienței inovațiilor la capitolul mijloace de automatizare a proceselor tehnologice. Realizarea scopului dat se obține prin cercetări efectuate în direcția susnumită. Cercetări au fost efectuate în baza analizei surselor din literatura locală și străină, dar și în urma unei analize de-facto în sectorul producerii asupra tehnicii menționate și a utilizării ei în diverse tipuri de producere. S-a stabilit, că dacă în rezultatul elaborării inovațiilor ce țin de un produs se schimbă considerabil calitatea mijloacelor de automatizare ale proceselor tehnologice, atunci efectul economic în urma acestor implementări se va calcula în lanț pentru toate părțile componente ale procesului, unde se evidențiază prioritățile aplicărilor pentru inovațiile date. A fost stabilită totalitatea nivelurilor după care urmează a fi efectuate asemenea calcule. Au fost aduse recomandările metodice respective în dependență de valoarea productivității, termenul de exploatare și utilizarea mijloacelor inovaționale de automatizare după tipurile de producere. Acest fapt contribuie la elaborarea prognozelor de determinare a volumelor de producere a mărfurilor la orice nivel de obținere a efectului după tipurile de producere în lanțul obținerii consecutive ale efectului. Calcule practice au demonstrat raționalitatea în realizarea practică a abordării metodice propuse. Prevederile metodice elaborate pot fi utilizate la determinarea efectului pentru alte tipuri de mijloace inovaționale și obiective ale muncii. Abordarea propusă reprezintă dezvoltarea ulterioară a teoriei și practicii estimării economice a implementărilor inovaționale, contribuie la creșterea nivelului de credibilitate în exercițiul de efectuare calculelor financiare.

**Cuvinte-cheie:** mijloace de automatizare, calitate, efect, niveluri de calcul al efectului, domeniul de calcul al efectului, domeniul final.

### Развитие методов определения эффекта от использования средств автоматизации в последовательных сферах их применения

**Яковлев А.И.**

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
Харьков, Украина

**Аннотация.** Цель исследования состоит в развитии теории и методов оценки эффективности инноваций на примере средств автоматизации технологических процессов. Поставленная цель достигается в результате предложенных теоретико-методологических разработок в данном направлении. Исследования проводились на основе анализа отечественных и зарубежных литературных источников, фактическом анализе производства данной техники и ее использования в различных видах производств. Установлено, что, если в результате создания продуктовых инноваций существенно изменяется качество средств автоматизации технологических процессов, необходимо рассчитывать экономический эффект от их внедрения по цепи последовательных звеньев, где проявляются преимущества от их применения. Определено количество уровней, по которым следует выполнять такие расчеты. Такой подход представляет научную новизну, поскольку традиционно эффект рассчитывается по двум уровням – производитель-потребитель или одному уровню потребления товара. Экономический эффект в различных сферах применения инноваций определяется как сумма эффектов от потребления товаров при их использовании в каждой сфере по видам производств данного уровня. Рассмотрен порядок проведения таких расчетов, предложены соответствующие математические формулы. В формулах для расчета эффекта существенное значение имеет установление количества товаров, которые следует производить на разных уровнях потребления. Приведены соответствующие методические рекомендации в зависимости от величины производительности, сроков службы и использования инновационных средств автоматизации по видам производств. Это способствует разработке прогнозов определения объема выпуска товаров на любом уровне получения эффекта по видам производств в цепи последовательного получения эффекта. Практические расчеты подтвердили целесообразность и практическую реализуемость предложенного методического подхода. Разработанные методические положения могут быть использованы для определения эффекта для других видов инновационных средств и предметов труда. Предложенный подход представляется дальнейшим развитием теории и практики экономической оценки нововведений, способствует повышению степени достоверности проведения соответствующих финансовых расчетов.

**Ключевые слова:** средства автоматизации, качество, эффект, уровни расчета эффекта, сфера расчета эффекта, конечная сфера потребления, объемы производства, финансовые расчеты.

## Введение

Постановка проблемы статьи заключается в необходимости расчета величины экономического эффекта от реализации высокопроизводительных инноваций по конечной сфере их потребления. Это связано с тем обстоятельством, что при создании инноваций высокого качества имеют место случаи, когда влияние новых средств и предметов труда, в том числе, средств автоматизации на результаты производства не заканчивается в сфере (в виде производства) их непосредственного применения. Если в результате внедрения новых инновационных средств автоматизации или более совершенных предметов труда меняются качественные характеристики выпускаемой продукции с их помощью, это приводит к появлению экономического эффекта в следующих сферах использования такой продукции. Например, применение в схемах автоматизации новых, более современных приборов контроля и управления технологическим процессом выплавки стали в мартеновских печах, способствует повышению ее качества. При ее использовании для изготовления конвертора

увеличивается срок его службы, что уменьшает периодичность его замены.

Такой подход соответствует рыночным условиям, нацеленности на нужды конечного потребления, где сказываются реальные последствия внедрения нововведений.

В этой связи принятое сейчас количество уровней, по которым рассчитывается экономический эффект нововведений (сфера их производства и эксплуатации), нам представляется недостаточным.

Проведем анализ последних публикаций.

Совершенствование оценки эффективности инноваций является актуальной проблемой поскольку в мире существенно увеличиваются затраты на исследования и разработки. Это также вызывает также необходимость создания новых, более современных систем финансирования со строгим учетом затрат и эффективности их использования [16]. Как показал анализ существующих методических разработок по определению экономической эффективности нововведений [1, 6], анализируемый аспект в них практически не рассматривается. Имеет место его постановка в работах ряда специалистов, однако они преимущественно сосредоточены на определении эффективности машин, как систем.

Конечный результат инноваций выражается в росте макроэкономических показателей. В этой связи ряд работ и исследований посвящены этому направлению. В [8, с. 15-18] рассматривает преимущественно оценку макроэффективности, анализируя эффективность с позиции В. Парето. Как известно, согласно В. Парето под эффективностью понимают состояние системы, при котором невозможно улучшить состояние элементов той же системы без ухудшения какого-то из них. При этом наибольшая эффективность удовлетворяет интересы всех агентов и отрицает наличие убытков.

Справедливо замечает, может ли каждый агент объективно оценить свое состояние, которое изменяется на протяжении жизненного цикла и то, что эффективно для одного из агентов может оказаться неэффективным для другого. Вызывает возражение и то, что согласно модели В. Парето все ресурсы используются в полном объеме, который не оставляет возможности системы маневрировать использованием резервов.

С точки зрения автора [8], инновации приносят новое, в т.ч. ресурсы, системы управления, требуют повышения квалификации кадров, изменяют психологию людей. Рыночная конкуренция изменяет равновесие и не дает возможность задействовать одновременно все ресурсы. При создании нового продукта нужны резервы потому, что во время разработки, подготовки и освоения производства инновации не выпускается новый товар. Такие затраты покрываются за счет прибыльности выпуска других товаров. Кроме того, каждый из агентов действует не одинаково эффективно. Кто-то пошел вперед, кто-то отстал, а то и обанкротился, не лучшим образом использовал имеющиеся у него ресурсы, также цены на разные виды ресурсов далеко не всегда отвечают их действительной стоимости. Дороже обходится добыча природных ресурсов в связи с исчерпанием их наиболее эффективных залежей. Все это свидетельствует о попытке достижения макроэкономического равновесия в динамике, а ни ее достижения в каждый момент времени.

Согласно [8] эффективно то, что в условиях существующих ограничений приносит наибольший эффект (богатство). Такой подход – рациональный, однако носит общий характер и автором не приводятся способы его расчета. Не раскрывается подобным обра-

зом и позиция автора, что экономическая (народнохозяйственная) эффективность представляет собой комплексную интегральную оценку [8, с. 36]. Автор рассматривает такую эффективность, как бюджетный эффект [8 с. 52], что, по нашему мнению, имеет ограниченный характер. Из Парето эффективности следует, что наибольшая эффективность удовлетворяет интересы всех агентств отрицает нанесения ущерба. Однако, с точки зрения автора [8], в рыночных условиях это невозможно и будут иметь определенные ущербы.

Для каждого вида инноваций автор [8], рассматривает макроэкономическую эффективность как обратную величину отношения полных затрат на инновацию данного типа к приросту соответствующего элемента национального богатства. На наш взгляд, предлагаемый показатель представляет собой обратную величину своеобразной рентабельности. Такой показатель, не является обобщающим. Поэтому более рационально широкое распространение в практике планирования получило положение, изложенные в книге двух американских авторов «Сбалансированная система показателей» [4]. Они рассматривают такие финансовые показатели, как внутренняя норма доходности, роста дохода и его структуры, эффективность снижения затрат. По нашему мнению, конечные результаты от создания нововведений можно выразить через такие показатели, как масса и норма прибыли, ЧДД, цена потребления инноваций. Последний аспект в [4] практически не рассматривается, как и оценка социально-экологической эффективности.

Авторы [4, с. 12] считают, что финансовые показатели характеризуют прошлое состояние системы. Однако существуют прогнозные методы, которые с определенной степенью вероятности могут определить перспективные объемы продажи товаров, цены на них, следовательно, и доходы от продажи.

Поскольку авторы [4], видят цель своей работы, в оценке стратегических перспектив фирмы, то кроме финансовых показателей они используют также такие составляющие, как клиентская эффективность, внутренние процессы, учеба и развитие персонала. Такой комплексный подход – положителен. Однако, по мнению автора данной статьи его следовало выполнить более детально и глубже. В [4] не акцентируются вопросы совершенствования определения эффекта конкретных новов-

ведений по конкретной сфере их потребления.

Аналогичные вопросы рассматривают [27, р. 819-829].

В [28, р. 301-312] предлагается, по мнению авторов, лучшая в практике модель управления портфелем новшеств на основе анализа факторов с ориентацией на клиента. Это способствует созданию товаров, наиболее востребованных потребителями.

В [23, р. 32-45] предлагают путь и повышения производительности и ее оценки в микрофинансируемых организациях на примере стран Юго-Восточной Азии.

Важную проблему установления величины на налогообложения на эффективность нововведений поднимают авторы [28, р. 601-609] и [29, р. 179-188]. Они рассматривают ее на примере стимулирования создания инноваций, способствующих уменьшению степени загрязнения окружающей среды.

Такое направление – актуально и может быть развито в наших дальнейших исследованиях с использованием показателей чистой продукции, ее прироста, которые приносит конкретная инновация и их влияния на изменение величины национального дохода.

Автор [24] рассматривает отношения между рынками товаров труда и финансового рынка, способствующих достижению средне-срочного макроэкономического равновесия.

Автор [22, р.р. 66-73] рассматривает меж-страновые сопоставления эффективности. На основе использования параметрических методов оценки влияния переменных процесса среды на эффективность производства в [25, р.р. 253-263] предлагают способы национального распределения ресурсов с помощью проведения соответствующей государственной политики структуры доходов на активы. Однако в этих работах не затрагиваются в достаточной степени эффект нововведений по цепочке их использований.

В.В. Иванов рассматривает измерение эффекта функционирования национальной инновационной системы. Для ее оценки он приводит систему показателей [2, с. 139-142]. Среди которых – человеческие ресурсы, деятельность фирмы. Среди результатов автор выделяет занятость в наукоемких сферах, экспорт патентов. Для всесторонней стоимостной оценки подобных инновационных систем этого явно недостаточно. В.В. Иванов не предлагает обобщающего интегрального показателя на основе предложенных им групп

и показателей, что их составляют. Однако макроэкономические аспекты не являются темой данной статьи.

Ряд публикаций последних лет посвящено оценке портфеля проектов [2, 5, 12]. Они представляют определенный вклад в теорию и практику определения эффекта нововведений.

В работе [3] рассматриваются актуальные вопросы оценки эффективности управления портфелем, установленные руководством предприятия. Однако методы оценки эффективности имеют общий характер. В [12], рассматриваются сложные экономические модели при проектировании новых самолетов на основе показателя чистой прибыли. С учетом наличия имеющихся ресурсов, определяются, какие проекты следует включать в годовой план. Но портфель проектов представляет несколько иной аспект. Так же, как и работа [14], где рассматриваются важные вопросы финансирования проектов и возврата средств в результате получения эффекта при реализации проектов.

В [18, р.р. 184-200] рассматриваются на основе Гаусовских функций и связки Колума возможность повышения доходности товарных сделок от энергетических фондов, скорректированных с учетом степени риска и снижения ожидаемых потерь диверсифицированных портфелей. Аналогичные проблемы поднимаются в [20 р. 93-101], предлагается многокритериальная оптимизация портфеля проектов с учетом зависимости структуры доходов на активы.

В то же время, направлению, которое анализируется нами, в них уделяется мало внимания.

Повышение эффективности производства, связано, в том числе, с увеличением степени использования технологического оборудования. Значительную роль при этом играют уровень надежности систем автоматизированного электропривода управления функционирования рабочих агрегатов и их элементов – электрических машин, аппаратов... При их отказах наблюдается выход из строя основного технологического оборудования, что приводит к его простоям. Это приводит к определенным ущербам – снижению прибыльности работы, ухудшению финансового состояния субъектов предпринимательства.

Американские авторы рассматривают ущерб, как деньги, присужденные потребителю на основе причиненного ответчиком вреда

[13]. Это – общая постановка. Более конкретные оценки ущерба от выхода из строя средств автоматизации изложена в статье Е.А. Топехи [9]. В тоже время, такой аспект представляет предмет специального исследования, нами предполагается, что величина ущерба отказов средств автоматизации учтена при расчете величины результатов и затрат в приводимых ниже формулах.

Авторы [19, р. 248-259] с целью исследования различных рыночных условий предлагают механизмы переключения режимов на основе многомерной модели GARCH, учитывающей ассиметричное поведение последовательной зависимости между рынками с учетом степени риска. Принципы построения системы вертикальных и горизонтальных рынков и оценке их эффективности могут быть использованы нами в дальнейшем при оценке эффективности нововведений в последовательных сферах их применения.

Известный зарубежный специалист по инноватике Эрик Фон Хиппель, один из основателей эволюции моделей инновационного процесса, отмечает необходимость оценивать результативность инноваций по их конечному потреблению [10, с. 23-24]. Однако конкретных рекомендаций по определению их эффективности не приводит. Это затрудняет возможность определения эффекта от внедрения инноваций с необходимой степенью точности и, соответственно, затрудняет принятие наиболее эффективных решений.

Цель статьи заключается в разработке теоретико-методических рекомендаций по определению эффекта нововведений на примере средств автоматизации контроля и управления технологических процессов в сфере потребления конечного продукта.

**Полученные результаты.** Наши предложения начнем с рассмотрения конкретных примеров.

При создании новых средств автоматизации, предназначенных для выпуска средств труда, которые способствуют повышению качества товаров, конечный эффект проявляется в третьем по счету виде производств, с учетом производства средств автоматизации на начальном уровне. В этом случае, как нам представляется, расчет эффекта может быть выполнен для следующих уровней - производство рассматриваемых средств автоматизации, их применение, потребление средств труда, изготавливаемых с помощью инноваций на первом уровне. То есть расчет закан-

чивается на втором уровне получения эффекта.

При оценке средств автоматизации, используемых так же для выпуска предметов труда, добавляется еще уровень, предшествующий заключительному, а именно изготовление с помощью предметов труда, которые производятся на соответствующем оборудовании, средств труда. В данной статье рассматривается техника, которая в конечном потреблении используется в качестве средств труда. Таким образом, в данном случае эффект рассчитывается уже в четырех уровнях или в трех уровнях получения эффекта. Например, эффект от создания и применения автоматического устройства для управления производством стали должен оцениваться в сфере изготовления самого устройства; его использования для выплавки стали; производства машины, в которую входит сталь, например, экскаватора, применения вновь произведенной машины (экскаватора и др.).

Следующие сферы потребления, как нам представляется, учитывать не следует, поскольку эффект, который имеет место в них, связан в незначительной степени или совсем не связан с использованием рассматриваемых нововведений. Если продолжить предыдущий пример, отметим, что качество руды, для добычи которой используется экскаватор, практически не зависит от качества стали, которая входит в состав материалов по производству экскаватора. Такие параметры определяются особенностями уже иного продукта - руды. Соответственно, каждая продукция имеет свой уровень конечного потребления.

Схематически процесс определения эффекта в случае изменения качественных характеристик изделий, которые выпускаются с использованием новых средств труда, представлен на рис. 1.

Можно выделить следующие виды экономического эффекта:

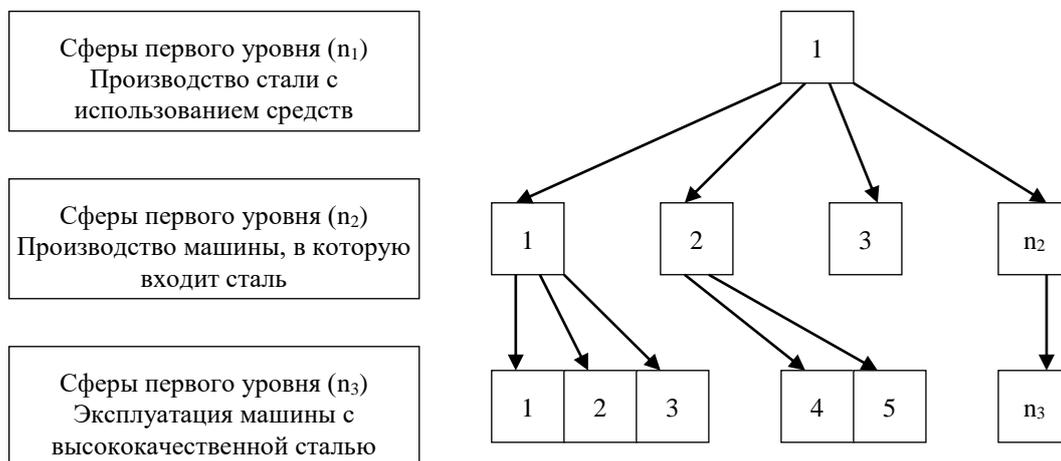
1. Экономический эффект в разных сферах применения средств автоматизации, в том числе, при изготовлении с их использованием средств и предметов труда одного уровня определяется как сумма эффектов от потребления товаров при их использовании в каждой сфере данного уровня, то есть

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (1)$$

где  $i$  - индекс сферы применения товара  $j$ -го уровня (металлургия, машиностроение, химия...), относительные единицы (о.е.);  $j$  - индекс уровня применения инноваций (в данном случае рассматривается одна сфера), о.е.;  $n$  - число сфер (видов производства) приме-

нения инноваций на данном уровне, о.е.;  $m$  - число уровней применения, о.е.;  $E_{ij}$  - экономический эффект  $i$ -ой сферы  $j$ -го уровня применения инноваций, тыс. грн; условные единицы (у.е.).

**Сфера получения эффекта**



**Рис. 1. Количество сфер для расчета экономического эффекта в случае существенного влияния средств автоматизации на качество продукции.**

Вместо терминов «уровень применения» «сфера применения», представляется, более логичным воспользоваться такими понятиями, как «уровень, сфера получения эффекта от использования данного вида инноваций». Они более точно отражают характер влияния средств и предметов труда на повышение эффекта в сфере их потребления до получения конечного продукта.

2. Экономический эффект в  $i$ -й сфере  $j$ -го уровня получения эффекта включает в себя эффект по цепи взаимосвязанных предыдущих уровней.

3. Общий интегральный эффект находится как сумма эффектов по всем сферам конечного ( $n$ -го) уровня, где еще проявляются преимущества от применения инновации первого уровня эффекта.

Наибольшую сложность представляет установление величины  $E_{ij}$ . Определим сначала порядок и принципы нахождения эффекта для средств автоматизации, используемых для изготовления средств труда. Как было доказано выше, в данном случае эффект рассчитывается по трем уровням производства и двумя уровнями получения эффекта. Для расчета величины эффекта у потребителя такой техники воспользуемся показателями прибыли

(ПР) и чистого дисконтированного денежного дохода (ЧДД), которые широко применяются в теории и практике определения экономического эффекта нововведений. Показатель ЧДД - более широкий, чем прибыль, поскольку в отличие от последнего учитывает результаты не только хозяйственной, но и других видов деятельности субъектов предпринимательства. Однако прибыль остается синергетическим и наиболее ощутимым показателем деятельности субъектов предпринимательства. Тем более, что в нынешних условиях хозяйственной деятельности отечественных предприятий и организаций не играют существенную роль такие составляющие показателя ЧДД, как доход от продажи ценных бумаг, продажи активов и др.

Расчеты эффекта производятся в динамике с учетом фактора времени, степени риска, инфляции, изменения цен на единицу товара, объема его продаж в связи с изменением спроса на него на протяжении жизненного цикла товара (ЖЦТ). Предлагается установить величину последнего в 7–8 лет при двух-трехлетнем сроке создания новой, сложной, оригинальной инновации и пятилетнем сроке ее производства. Большой период в условиях

непрерывной научно-технической революции представляется нецелесообразным.

Соответственно для первого уровня использования средств труда должны

$$E_1 = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{1t}}{(1+E_t)^t} - K_0 \quad (2)$$

или

$$PNV = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{1t} + A}{(1+E_t)^t} - K_0 \quad (3)$$

где  $Pr_{1t}$  - прибыль при производстве товара на первом уровне его потребления с учетом объема его выпуска в  $t$ -ом году, тыс. грн. Амортизационные отчисления на реновацию на первом уровне потребления товара в  $t$ -ом году, тыс. грн;  $E_t$  - коэффициент дисконтирования, относительные единицы,  $V$  настоящее время его величина принимается в размере 0,1-0,12, о. е. В свою очередь

$$Pr_{1t} = C_{1t} - V_{1t} - H_{1t} \quad (4)$$

где  $C_{1t}$ ,  $V_{1t}$ ,  $H_{1t}$  - соответственно цена от продажи товара, произведенного в первой сфере потребления, текущие затраты на его производство и налоговые отчисления в  $t$ -ом году, тыс. грн. В дальнейших расчетах величину цены принимаем равной капиталовложением у потребителя с учетом затрат на монтаж и транспортировку товара. Считаем также, что в величине капиталовложений (цене) производителя учтено повышение качественных показателей товара. Например, величина капиталовложений нулевого уровня, под которым понимается производство средств автоматизации, рассчитана как

$$K_0 = C_0 a_1 = C_0 \frac{P_{h0}}{P_{b0}} \times \frac{T_{h0}}{T_{b0}} \quad (5)$$

где  $K_0$  – капиталовложения у потребителя на первом уровне получения эффекта (цена изделия у потребителя) тыс. грн.;  $a_1$  – коэффициент эквивалентности нового изделия 0 уровня с повышенными качественными характеристиками по сравнению с базовым изделием, о.е.;  $P_{h0}$ ,  $P_{b0}$  – соответственно производительность труда нового и базового изделия, тыс. шт./чел;  $T_{h0}$ ,  $T_{b0}$  – срок службы базового и нового изделия, годы и т.д.;  $t_n$ ,  $t_k$  - начальный и конечный год использования

инноваций на первом уровне ее применения,  $t$  – текущий год расчета.

Соответственно для второго уровня потребления инноваций формулы для расчета эффекта выглядят как

$$E_2 = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{2t}}{(1+E_t)^t} - K_1 \quad (6)$$

или

$$E_2 = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{2t} + A_{2t}}{(1+E_t)^t} - K_1 \quad (7)$$

Для  $n$ -го уровня использования инновации

$$E_n = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{nt}}{(1+E_t)^t} - K_{n-1} \quad (8)$$

$$E_n = \sum_{t=t_n}^{t_k} \frac{Pr_{nt} + A_{nt}}{(1+E_t)^t} - K_{n-1} \quad (9)$$

Данная статья посвящена преимущественно разработке методов экономической оценки средств автоматизации, используемых для производства труда. Но при определении эффективности по конечному потреблению может иметь место и использование предметов труда, которые производятся с помощью инновационных средств труда. В то же время, методические основы определения эффекта от применения предметов труда по цепи последовательных уровней получения эффекта, разработаны недостаточно.

В этой связи ниже рассматриваются в данном аспекте и способы экономической оценки предметов труда.

В формулах для расчета эффекта, большое значение имеет установление количества товара, который производится на разных уровнях потребления. Их величина определяется с учетом факторов, рассмотренных в ряде предыдущих работ. В то же время, они требуют дальнейшего развития. Если использование средств автоматизации влияет на производительность рабочих агрегатов, предварительный расчет количества изделий, которые предполагается выпускать на пред- и проектной стадии разработки инноваций, на разных уровнях получения эффекта, может быть определен на основе следующих соображений. Поскольку для среднегодового производства товара первого уровня потребления необходимо наличие  $N_0 \gamma_{il}$  изделий нулевого уровня, тыс. шт., где  $\gamma_{il}$  - удельный вес выпуска изделий на нулевом уровне, расходуемых для производства товаров первого уровня использования, соответственно, годовой

объем производства изделий первого уровня составит

$$N_1 = \sum_{i=1}^m M_{i1} N_0 \gamma \quad (10)$$

где  $M_{i1}$  - годовой выпуск изделий первого уровня использования в  $i$ -й сфере применения единицы изделий нулевого уровня или для предметов труда - величина, обратная удельным расходам изделия на втором уровне применения при производстве товаров третьего уровня получения эффекта.

С учетом срока службы средств труда величина  $N_1$  определяется как ее среднегодовое значение за срок службы изделий. Для второго уровня получения эффекта аналогично имеем

$$N_2 = \sum_{i=1}^m M_{i2} N_1 \gamma_{i2} = \sum_{i=1}^m M_{i1} N_0 \gamma_{i1} M_{i2} \gamma_{i2} \quad (11)$$

В общем случае

$$N_n = \sum_{i=1}^m M_{i_{n-1}} ! N_1 \gamma_{i_{n-1}} ! \quad (12)$$

Формулу (12), можно применить и для разработки прогнозов объемов выпуска товаров на любом уровне получения эффекта. При этом используются исходные данные о производительности, сроках службы и распределения инноваций по видам производств, использования изделий в цепи последовательного получения эффекта.

Рассмотрим методы определения эффективности предметов труда со сроком службы менее одного года при использовании их в  $n$  уровнях потребления. При этом объем выпуска изделия на втором уровне потребления для предметов труда будет равен величине, обратной удельному расходу изделия первого уровня применения при использовании его для производства товаров второго уровня применения (потребления).

Соответствующие формулы для расчета эффекта для предметов труда со сроком службы менее одного года не учитывают фактор времени и амортизационные отчисления на реинвестирование. Тогда

$$E_1 = Pr_1 - K_0 \quad (13)$$

где  $Pr_1$  - годовая прибыль в первой сфере потребления; тыс. грн/год. В свою очередь

$$Pr_1 = C_1 - S_1 \quad (14)$$

где  $C_1$  - цена единицы товара на первом уровне потребления, тыс. грн./год;  $S_1$  - себестоимость изделия товара на первом уровне потребления, тыс. грн/год. Ее величина с учетом того, что изложено выше, равна

$$S_1 = S_{M_0} \frac{V_{b1} M_1}{V_{H1}} + S_{dz1} \quad (15)$$

где  $S_{M_0}$  - стоимость материалов на единицу товара нулевого уровня, тыс. грн/шт;  $V_{b1}$ ,  $V_{H1}$  - соответственно удельный вес расхода материалов на единицу базового и нового изделия первого уровня потребления, грн/шт;  $S_{dz1}$  - другие статьи в себестоимости изделий, тыс. грн/год;  $M_1$  - годовой выпуск товаров на первом уровне потребления с использованием материалов, изготовленных на нулевом уровне потребления, тыс. шт./год;  $K_0$  - дополнительные капиталовложения на первом уровне потребления товара, связанные с использованием нового предмета труда. В данном случае общий вид формул для расчета величины коммерческого эффекта субъектов предпринимательства на основе показателей прибыли и NPV совпадает. При этом на любом уровне потребления эффект определяется как

$$E_n = Pr_n - K_{n-1} \quad (16)$$

где  $Pr_n$  - прибыль на  $n$ -м уровне получения эффекта, тыс. грн./год;  $K_{n-1}$  - капитальные затраты у потребителя при использовании предметов труда  $n-1$  уровня, тыс. грн. В свою очередь

$$S_n = S_{M_{in-1}} \frac{V_{b_{n-1}} M_n}{V_{H_{n-1}}} + S_{dp_{n-1}} \quad (17)$$

где  $S_{M_{in-1}}$  - стоимость материалов, используемых для производства товара на  $n-1$ -ом уровне, тыс. грн/год;  $V_{b_{n-1}}$ ,  $V_{H_{n-1}}$  - соответствующий удельный вес расхода материалов на единицу товара  $n$ -ого уровня, используемых на основе применения предметов труда базового и нового вариантов  $n-1$  уровня, грн/шт;  $M_n$  - годовой выпуск товаров на  $n$ -м уровне с применением материалов, изготовленных на  $n-1$  уровне потребления товаров,

тыс.ед/год;  $S_{dp_{n-1}}$  - другие статьи себестоимости товаров, изготовленных на  $n$ -уровне производства; тыс. шт./год.

Влияние изменения ряда технико-экономических параметров на величину эффекта нововведений приведено в ряде работ.

Проведение расчетов эффекта на основе применения методического подхода, рассмотренного выше, требует наличия соответствующих исходных данных.

Рассмотрим их состав на следующем примере. Если средства автоматизации используются для производства предметов труда с последующим изготовлением с их помощью средств труда, то расчет величины экономического эффекта производится в следующей последовательности:

На первом уровне применения инноваций эффект рассчитывается по формулам (2 ÷ 3); на втором уровне - по формуле (12); на третьем уровне применения - по формулам (8 ÷ 9).

Исходные данные для расчета эффекта в общем случае могут быть следующими. По горизонтали откладываются номер уровней и сфер, а также виды изделий по базовому и новому вариантам для проведения расчетов сравнения по вариантам по каждой сфере их применения на данном уровне (металлургия, машиностроение, химия...). Например,

1. Изготовление стали с использованием спроектированной системы автоматизации, которая обеспечивает снижение затрат на производство 1 т. стали в результате повышения надежности автоматизированной системы управления электроприводами, а также увеличения качества стали, в частности, долговечности изготавливаемой с ее помощью элементов конструкции изделий, в результате повышения точности системы автоматизации.

2. Изготовление конвертора, снижение затрат на его производство в результате уменьшения потребного количества стали на изготовление ряда его элементов, в частности, опорного кольца и подшипников механизма наклона конвертора при использовании более качественной стали по сравнению с предыдущей конструкцией.

3. Эксплуатация конвертора, снижение затрат в результате уменьшения замен опорного кольца и подшипников за срок службы конвертора в результате увеличения их долговечности.

По вертикали откладываются показатели по которым выполняются расчет эффекта:

$Pr_{1t}$  - прибыль, имеющая место в результате, производства стали в мартеновской печи, тыс. грн/год;  $E_i$  - коэффициент дисконтирования, о. е.;  $K_0$  - вложения у потреби теля на приобретение системы автоматизации на первом уровне получения эффекта (цена изделия у потребителя), тыс. грн;  $a_1$  - коэффициент эквивалентности нового изделия нулевого уровня с повышенным качественными характеристиками по сравнению с базовыми изделием, о.е.;  $t_n, t_k$  - начальный и конечный год использования инноваций на первом уровне ее применения;  $A_{1t}$  - амортизационные отчисления на реновацию у потребителя на первом уровне получения эффекта в году  $t$ , тыс. грн  $C_0=K_0$ ;  $Pr_{2t}$  - прибыль полученная на втором уровне потребления, в  $t$ -ом году, тыс. грн/год.;  $K_1$  - капитальные затраты у потребителя второго уровня при использовании предметов труда первого уровня, тыс. грн;  $V_{b2}, V_{H2}$  - удельный вес расхода материалов на единицу товара третьего уровня, используемых на основе применения предметов труда базового и нового вариантов второго уровня, грн/шт;  $M_2$  - годовой выпуск товаров на втором уровне потребления с применением материалов, изготовленных на первом уровне потребления, тыс. шт/год;  $C_{M2}$  - стоимость материалов, используемых для производства товара на втором уровне, тыс. грн/год;  $S_{dp2}$  - другие статьи затрат в себестоимости изделий на данном уровне, тыс. грн/год;  $Pr_{3t}$  - прибыль, получаемая на третьем уровне потребления в  $t$ -ом году, тыс. грн/год.;  $K_2$  - капиталовложения у потреби теля на третьем уровне потребления, тыс. грн;  $A_{3t}$  - годовой выпуск продукции на третьем уровне потреби теля в в  $t$ -ом году, тыс. шт/год.;

Общая величина эффекта на основе формулы (1) будет выглядеть как

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 \left[ \sum (E_{11_{ij}} + E_{21_{ij}}) + \sum (E_{12_{ij}} + E_{22_{ij}} + E_{32_{ij}}) + \sum (E_{13_{ij}} + E_{23_{ij}}) \right] - \sum (E_{11_b} + E_{21_b}) + \sum (E_{12_b} + E_{22_b} + E_{32_b}) + \sum (E_{13_b} + E_{23_b}) \quad (18)$$

Следует отметить, что необходимость получения значительного количества исходных данных по различным видам производств затрудняет проведение необходимых расчетов. К тому же, следует учитывать и тот факт, что погрешности экономических расчетов со-

ставляют около 15 процентов. С учетом возможных отклонений фактических условий работы соответствующих средств труда от расчетных, экономический эффект при замене базовой техники может и не ощутиться при разнице эффектов по вариантам на уровне 15 процентов [6]. Для обеспечения резерва эффекта предлагается, как это рекомендовано рядом специалистов, принимать во внимание увеличение расчетной его величины в  $20 \div 30$  процентов [9].

Принимаем нижнюю границу этой величины – 20 %. Именно при таком минимальном ее значении следует, по нашему мнению, учитывать экономический эффект в цепи последовательного производства и потребления инноваций. Поэтому подобные расчеты рационально выполнять при существенном росте качественных параметров в цепи последовательного производства и потребления товаров.

Это будет служить обоснованием при определении экономического эффекта инноваций при использовании инновационных разработок, которые влияют на существенные изменения потребительских качеств соответствующей продукции.

В значительном количестве случаев можно ограничиться расчетом эффекта на первом уровне применения средств труда.

### Заключение.

Приведенные рекомендации могут быть использованы также при построении системы стимулирования, как начального изготовителя, так и потребителей инноваций на различных уровнях применения инноваций за счет отчислений от полученной прибыли.

Следует отметить также, что эффект от внедрения высококачественных инноваций будет иметь место при условии высокой загрузки дорогостоящего высокопроизводительного оборудования. Если же существенно не повысить уровень организации производства и оставить коэффициент использования оборудования на уровне 0,3, как это имеет место преимущественно в машиностроении в отечественной практике в настоящее время, то ожидаемые положительные результаты от внедрения инноваций могут и не оправдаться.

Практические расчеты, в частности, в цепи:

1. Производство автоматизированной системы управления рабочими агрегатами.

2. Выплавки стали в мартене при применении этой системы.

3. Применение данной стали при изготовлении конвертора.

4. Выплавки стали в конвертере при трех уровнях получения эффекта, подтвердили целесообразность и практическую реализацию методического подхода, предложенного выше. Изложенные методические принципы могут быть также использованы и при оценке эффективности инноваций других видов средств труда. В этой связи их следует считать дальнейшим развитием теории и практики экономической оценки нововведений, что способствует повышению степени точности проведения соответствующих расчетов по сравнению с существующими методами и соответственно выбора наиболее эффективных вариантов при создании и реализации инноваций. Дальнейшие исследования будут заключаться в разработке соответствующих экономико-математических моделей по видам производств.

### Литература (References)

- [1] Berens V., Havranek P.M. *Rukovodstvo po otsenke effektivnosti* [Guidelines for evaluating the effectiveness of investments]. Moscow, INFRA-M, 1995. 528 p. (In Russian).
- [2] Ivanov V.V. *Innovatsionnaya paradigma XXI veka* [Innovation paradigm of the XXI century]. Moscow, Nauka, 2011. 329 p. (In Russian).
- [3] Illarionov A.V., Klimenko E.Y. *Portfel projektov: instrumenty strategicheskogo upravleniya predryatiyami* [Project portfolio: strategic management tools of the company]. Moscow, Alpina Publisher, 2013. 312 p. (In Russian).
- [4] Kaplan R.S., Norton D. *The balanced score-board: Translating strategic into action*. 1st edition, Harvard Business Review Press, 1996. 336 p. (Russ. ed.: Kaplan Robert S., Norton D. *Sbalansirovannaya sistema pokazateley. Ot strategii k deystviyu*. Moscow. Olimp-Bisnes, 2016. 320 p.).
- [5] Matveeva A.A., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. *Modeli i metody upravleniya portfelyami projektov* [Models and methods of project portfolio management]. Moscow, PMSoft, 2005. 208 p. (In Russian).
- [6] *Metodyka vyznachennya ekonomichnoi efektyvnosti vytrat na naukovi doslidzhennya i rozkibky ta yikh vprovadzhenya u vyrobnytstvo* [Methodology of economic efficiency assessment of research and developments investments as well as their application in manufacturing]. Kiev, Minekonomika, 2006. 18 p. (In Ukrainian).
- [7] Mstislavskiy P.S., Gabrieli M.G., Borozdin Y.V. *Ekonomicheskoe obosnovanie optovykh tsen na*

- novuyu promyshlennuyu produktsyyu (teoriya, metody, primery)* [Economic feasibility of wholesale prices for new industrial products (theory, methods, examples)]. Moscow, Nauka, 1968. 199 p. (In Russian).
- [8] Sykharev O.S. *Teoriya effektivnosti ekonomiki* [The theory of effectiveness of economy]. Moscow, Finansy i statistika, 2009. 368 p. (In Russian).
- [9] Topekha E.A. *Analiz ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy, vyzvannykh pereryvami v energosnabzhenii potrebitel'ey* [Damage assessment of emergency caused by customer power supply interruption period] *Strakhovoe delo*, no. 3, pp. 3-34. (In Russian).
- [10] Hippel E.A. *Novyy ochag potrebitelskikh innovatsiy. Upravlenie primeneniymi* [New source of consumer-oriented innovations. Utilization management]. Moscow, founder and editor LLC United Press, 2007, no. 3, pp. 23-34. (In Russian).
- [11] *A guide to the project management body of knowledge. PMBOOK*. 4th ed., USA, Project Management Institute, ANSI/PMI 99-011-2008. p. 467.
- [12] Dickinson M., Thornton A., Graves J. Technology. Portfolio management: Optimizing independent project over multiple time periods. *IEE Transactions on Engineering Management*, November 2001, vol. 48, no. 4. pp. 518-527.
- [13] Euromoney Institutional, 2010, Project Finance Yearbook, 2010.
- [14] Scott D.L. *The American Heritage Dictionary of Business Terms*. Boston, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, 2009, p. 608.
- [15] The Interaction of monetary and macroprudential Policies. *IMF*, January, 2013.
- [16] *The Standard for Portfolio Management*. 2nd ed., ANSI/PMI 08-003-2008. USA, Project Management Institute, 2008. p. 146.
- [17] Loch C.H., Pich M.T., Terwiesch C., Urbschat M. Selecting R&D projects at BMW: a case study of adopting mathematical programming models. *IEEE Transactions on Engineering Management*, March 2001, vol. 48, no. 1. pp. 70-80.
- [18] Wen X., Nguyen D.K. Can investors of Chinese energy stocks benefit from diversification into commodity futures? *Economic Modelling, Elsevier*, November 2017, vol. 66, pp. 184-200. doi: [10.1016/j.econmod.2017.06.016](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.06.016)
- [19] Peng C., Zhu H., Jia X., You W. Stock price synchronicity to oil shocks across quantities: Evidence from Chinese oil firms. *Economic Modelling, Elsevier*, February 2017, vol. 61, pp. 248-259. doi: [10.1016/j.econmod.2016.12.018](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.12.018)
- [20] Gao Lin, Liu Lu. The Volatility Behavior and Dependence Structure of Commodity Futures and Stocks. *Journal of Futures Markets*, 2014, vol. 34, no. 1, pp. 93-101.
- [21] Babaei S., Sepehri M.M., Babaei E. Multi-objective portfolio optimization considering the dependence structure of asset returns. *European Journal of Operational Researches, Elsevier*, July 2015, vol. 224, issue 2, pp. 525-539. doi: [10.1016/j.ejor.2015.01.025](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.025)
- [22] Salas-Velasco M. Production efficiency measurement and its determinants across OECD countries: The role of business sophistication and innovation. *Economic Analysis and Policy, Elsevier*, March 2018, vol. 57, pp. 60-73. doi: [10.1016/j.eap.2017.11.003](https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.11.003)
- [23] Mia M.A., Ben Soltane B.I. Productivity and its determinants in microfinance institutions (MFIs): Evidence from South Asian countries. *Economic Analysis and Policy, Elsevier*, September 2016, vol. 51, pp. 32-45. doi: [0.1016/j.eap.2016.05.003](https://doi.org/10.1016/j.eap.2016.05.003)
- [24] Vinhas da Liva R. *Competitiveness in the real economy: value aggregation, economics and management in the provision of goods and services*. Aldershot, UK, GOWER Publishing, 2014, 410 p.
- [25] Andrews D., Cingano F. Public policy and resources allocation: Evidence from firms in OECD countries. *Economic Policy*, 2013, vol. 29 (79), pp. 253-298.
- [26] Cormican K., O'sullivan D. Auditing best practice for effective product innovation management. *Technovation, Elsevier*, October 2004, vol. 24, no. 10, pp. 819-829. doi: [10.1016/S0166-4972\(03\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00013-0)
- [27] March-Chordà, I., Gunasekaran, A., Lloria-Aramburo, B. Product development process in Spanish SMEs: an empirical research. *Technovation, Elsevier*, May 2002, vol. 22, no. 5, pp. 301-312. doi: [10.1016/S0166-4972\(01\)00021-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(01)00021-9)
- [28] Hattori K. optimal combination of innovation and environmental policies under technology licensing. *Economic Modelling, Elsevier*, August 2017, vol. 64, pp. 601-609. doi: [10.1016/j.econmod.2017.04.024](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.04.024)
- [29] Ouchida Y., Goto D. Environmental research joint ventures and time-consistent emission tax: Endogenous choice of R&D formation. *Economic Modelling, Elsevier*, June 2016, vol. 55, pp. 179-188. doi: [10.1016/j.econmod.2016.01.025](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.01.025)

#### Сведения об авторе.



**Яковлев Анатолий Иванович**, зав. кафедры экономики и маркетинга Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Область научных интересов – социально-экономические проблемы научно-технического прогресса. Автор 450 научных и учебно-методических материалов, опубликованных в 12 странах мира.  
E-mail: [yakovlevkpi@gmail.com](mailto:yakovlevkpi@gmail.com)