

УДК 338.45.01

DOI: 10.26456/2219-1453/2025.1.185–200

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОЕКТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

И.П. Точилин

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва

Современные вызовы и перспективы развития российской промышленности представляют собой актуальную и важную тему исследования, особенно это касается новых территорий РФ. Стремление к обеспечению конкурентоспособности и суверенитета промышленности страны обуславливает необходимость в ускоренной модернизации предприятий с применением современных цифровых и высокотехнологичных решений. Ключевыми аспектами восстановления приоритетных отраслей промышленности (металлургия, угледобыча, электроэнергетика, машиностроение и т.д.) в новых присоединенных регионах России являются достижение ключевых показателей эффективности производства и обеспечение устойчивого развития промышленных комплексов на базе передовых научно-технических решений, роботизации/цифровизации производственных процессов. Целью исследования является поиск набора показателей (экономических, технических, социально-экологических) для формирования и применения алгоритма мультимодальной оценки эффекта высокотехнологичных проектов в управлении устойчивым развитием промышленных комплексов. Методологической основой являлся многофакторный (мультимодальный) подход к оценке экономической эффективности реализуемых проектов. Полученные результаты показали, что разработка высокотехнологичных проектов по внедрению роботизации на промышленные комплексы позволяет сократить сроки окупаемости новых видов продукции, генерировать дополнительную прибыль при сокращении сроков освоения внедряемой технологии.

Ключевые слова: высокотехнологичные проекты, промышленные комплексы, роботизация, цифровизация, управление устойчивым развитием.

Актуальная парадигма управления устойчивым развитием индустриальных комплексов позволяет идентифицировать ключевые векторы и детерминанты, оказывающие существенное воздействие на позитивную траекторию их функционирования. Концепция устойчивого развития подразумевает имплементацию трансформационных процессов, при которых обеспечивается сохранность экономического потенциала, генерируется прогрессивная динамика прибыли, интегрируются инновационные решения, достигается оптимальная утилизация трудовых, финансовых и материальных ресурсов. В современных условиях

актуализируется императив интенсификации экономического развития предприятий на фоне эволюции и конвергенции передовых технологических решений, включая системы искусственного интеллекта, робототехнические комплексы и иные инновационные разработки. Для сохранения конкурентоспособности предприятиям необходимо прибегать к осуществлению высокотехнологичных проектов по внедрению инноваций. В рамках таких проектов важно точно оценить экономический эффект от их осуществления при планировании устойчивого развития. Выходя за рамки экономики, эффект от разработки или внедрения наукоемких технологий, будь то капитальное строительство или внедрение новой техники, все же остается неразрывно с ней связанным. Поэтому привести к общему знаменателю чисто финансовые, экономические, а также социально-политические слагаемые эффекта, весьма трудно.

Осложняющим обстоятельством при внедрении наукоемких технологий является то, что они, как правило, по себестоимости выше рыночной цены. Также у предприятий зачастую не хватает собственного обеспечения денежными средствами, чтобы в полной мере финансировать свои высокотехнологичные проекты, что вынуждает прибегать к поиску инвесторов или привлечению кредитных средств. В таком случае возникает дополнительная долговая нагрузка, которая не только увеличивает срок окупаемости проекта, но и вносит неопределенность в планирование устойчивого развития предприятия. Особый интерес исследования заключается в разработке инструментов для оценки экономической эффективности высокотехнологичных проектов, а также определении сроков окупаемости от внедрения инноваций в рамках высокотехнологичных проектов. Данные показатели позволят сформировать инструментарий для моделирования экономического эффекта от внедрения наукоемких технологий.

1. Показатели эффективности высокотехнологичных проектов

Методологический инструментарий оценки экономической эффективности высокотехнологичных инициатив и инновационных технологических решений, применяемый в развитых индустриальных державах (США, Италия, Великобритания, ФРГ, Франция, Швеция), можно структурировать по двум основным категориям.

К первой категории относятся аналитические подходы, основанные на калькуляции следующих параметрических характеристик: временной период возврата инвестиций, индекс рентабельности капиталовложений, а также метод аннуитетного исчисления. Данный методологический аппарат демонстрирует наибольшую эффективность при оценке инвестиционных проектов, характеризующихся константной величиной ежегодной результативности и компрессированным инвестиционным циклом. Типичными примерами подобных проектов выступают: имплементация технологически совершенного оборудования взамен устаревшего, интенсификация производственных процессов через механизацию и автоматизацию. Методологический инструментарий первой категории

получил широкое распространение в сфере оценки эффективности внедрения промышленных робототехнических комплексов.

В частности, корпорация Unimation Inc., занимающая лидирующие позиции в американском сегменте производства промышленных роботов, предлагает дуальный подход к расчету периода окупаемости инвестиций (Т). Первая методологическая формула применима в ситуациях, когда интеграция робототехнических комплексов не оказывает влияния на производительность сопряженного технологического оборудования.

$$T = \frac{I}{L - И}, \quad (1)$$

где: I- капиталовложения в роботизацию;

L - годовая экономия заработной платы высвобожденных работников (включая дополнительные выплаты);

И- годовые расходы на эксплуатацию промышленных роботов.

Если внедрение промышленных роботов влияет на производительность основного технологического оборудования, то должна использоваться следующая формула:

$$T = \frac{I}{L - И \pm q(L + Z)}, \quad (2)$$

где: q - коэффициент изменения производительности основного технологического оборудования (знак «+» при ее возрастании, знак «-» при снижении);

Z - годовые амортизационные отчисления на реновацию основного технологического оборудования.

В данной формуле произведение $q(L+Z)$ отражает изменение годовых затрат на заработную плату и амортизацию технологического оборудования в результате обеспеченного роста или снижения годового выпуска продукции.

Институт производственной автоматизации, находящийся в г. Штутгарт (ФРГ), для оценки экономической эффективности механических манипуляторов и цикловых промышленных роботов рекомендует рассчитывать показатель рентабельности капитальных вложений Р:

$$P = \frac{И}{I}, \quad (3)$$

где: И - годовая экономия текущих затрат, обеспечиваемая применением манипулятора или промышленного робота;

I - капиталовложения в роботизацию.

Калькуляция изменений операционных затрат охватывает 25 различных категорий, включая издержки на эксплуатацию производственных помещений, дополнительные меры по обеспечению производственной безопасности, экономические потери от вынужденных простоев, связанных с техническими сбоями роботизированных систем, а также расходы на обслуживание загрузочных механизмов и вспомогательного оборудования. Методология предусматривает не только анализ рентабельности инвестированного капитала, но и определение периода возврата вложений Т.

Актуальные методологические подходы к определению экономической рациональности имплементации робототехнических систем характеризуются существенной дифференциацией как в аспекте комплексности анализируемых финансовых потоков (доходных и расходных компонентов), так и по иным критически значимым параметрическим характеристикам, что оказывает непосредственное воздействие на валидность и обоснованность итоговых аналитических заключений. Особого внимания в данном контексте заслуживает методологический инструментарий, сформированный научно-исследовательским коллективом Иллинойского исследовательского института (США), ориентированный на проведение всесторонней оценки эффективности крупномасштабных производственных комплексов с высоким уровнем технологической интеграции.

Данный методологический подход базируется на многофакторном анализе рентабельности капиталовложений с использованием около 200 различных параметров. Ключевой особенностью методики является интегрированный анализ чувствительности проекта к потенциальным колебаниям базовых показателей, включая стоимостные характеристики оборудования, затраты на монтаж и пусконаладку, показатели оптимизации трудовых ресурсов, уровень оплаты труда, логистические параметры и рыночные факторы. Методология предполагает проведение компаративного анализа альтернативных сценариев автоматизации производственных процессов для определения оптимального варианта с учетом факторов экономического риска.

В контексте применения аннуитетной методологии осуществляется компаративный анализ двух фундаментальных финансовых потоков. В первой плоскости производится калькуляция агрегированного объема ежегодных финансовых обязательств, детерминированных необходимостью амортизационного покрытия стартовых капиталовложений (K), а также операционных издержек (I), ассоциированных с практической имплементацией проектной инициативы. Во второй плоскости осуществляется прогностическая оценка ожидаемого ежегодного экономического результата (Π), генерируемого вследствие реализации проекта. При этом критериальным параметром эффективности выступает превышение ежегодного экономического эффекта над кумулятивной величиной аннуитетного платежа и текущих операционных затрат, что формирует положительный финансовый результат.

$$\mathcal{E} = \Pi - \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \cdot K + I \right), \quad (4)$$

где: i - коэффициент, учитывающий норму дисконта;

n - продолжительность жизненного цикла инвестиционного проекта в годах;

I - величина ежегодных эксплуатационных затрат (без амортизационных отчислений на реновацию).

Ключевым аспектом методологии выступает определение корректной ставки дисконтирования i , формирование которой обусловлено

триадой фундаментальных факторов: базовой процентной ставкой банковского сектора, динамикой инфляционных процессов и степенью проектных рисков. При этом прослеживается прямая корреляция между уровнем риска инвестиционного проекта и рекомендуемой величиной ставки дисконтирования. Аналогичная зависимость наблюдается при изменении реальной банковской ставки и темпов инфляционного давления.

Анализируя применимость методологического инструментария первой категории для оценки экономической результативности разработки и имплементации высокотехнологичных решений, в частности робототехнических комплексов, необходимо акцентировать внимание на следующих аспектах. Специфика наукоемких производственных методов ориентирована на обеспечение динамичного освоения производственных процессов, что исключает возможность рассмотрения их в контексте устоявшегося серийного или массового производства. Учитывая, что формульный аппарат (1-4) валиден исключительно для условий стабильного производства, применение методов первой категории для экономической оценки эффективности внедрения высокотехнологичных решений в условиях динамичного освоения инновационной продукции представляется нецелесообразным.

Методологический инструментарий второй категории, разработанный международным экспертным сообществом, основывается на интегральной оценке многокомпонентной системы финансово-экономических параметров, включающих: дисконтированную стоимость проектной инициативы (NPV), индикатор внутренней нормы доходности (IRR), мультипликаторы инвестиционной эффективности и темпоральные характеристики возвратности инвестированного капитала. Данный аналитический аппарат демонстрирует повышенную степень универсальности и прецизионности получаемых результатов, однако его имплементация сопряжена с существенными затратами ресурсов на проведение углубленного анализа. Преимущественная сфера практического применения рассматриваемого методологического подхода охватывает оценку эффективности инвестиционных проектов, характеризующихся нестабильной динамикой ежегодных экономических результатов и пролонгированным периодом инвестиционного цикла. Чистая текущая стоимость проекта показывает суммарное за расчетный период превышение чистой прибыли, обеспечиваемой реализацией проекта, и амортизационных отчислений над суммарными инвестициями с учетом приведения затрат и результатов к начальному моменту времени:

$$NPV = \sum_{t=1}^T (\Pi_t + A_t - H_t) \cdot (1+i)^{T_p-t} - K_{\Sigma}, \quad (5)$$

где: T- продолжительность расчетного периода в годах;

Π_t - прибыль от реализации проекта в году t;

A_t - амортизация на реновацию в году t;

H_t - налог на прибыль в году t;

t_p - расчетный год (в данном случае первый);

t - год, результаты и затраты которого приводятся к расчетному;

K_{Σ} - суммарные капитальные вложения на реализацию проекта;
 i - норма дисконта в долях единицы.

Показатель внутренней рентабельности проекта определяется значением нормы дисконта i_v , при котором чистая текущая стоимость проекта равна нулю. Величину i_v определяют на основе уравнения:

$$\sum_{t=1}^T (I_t + A_t - H_t) \cdot (1+i)^{T-t} - K_{\Sigma} = 0, \quad (6)$$

Чем большим окажется превышение над действительной величиной годового банковского процента, тем выше эффективность проекта. Рентабельность проекта R рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\sum_{t=1}^n (I_t + A_t - H_t) \cdot (1+i)^{T-t}}{K_{\Sigma}}, \quad (7)$$

Чем больше разрыв между значением R и единицей, тем эффективнее проект.

Анализ методологических подходов показывает, что инструментарий второй группы демонстрирует значительно более высокую релевантность при оценке экономической результативности имплементации высокотехнологичных разработок в сравнении с методами первой группы. Тем не менее, даже эти подходы не обеспечивают исчерпывающей достоверности оценки. Критический анализ математических выражений (5-7) выявляет их существенную зависимость от показателя прибыли Π как ключевой детерминанты.

В отношении инструментария второй группы следует отметить, что предложенные математические модели могут выступать в качестве вспомогательного аналитического аппарата, поскольку не интегрируют в расчетную базу технико-экономические параметры. Данное ограничение создает риски некорректной интерпретации результатов и потенциальных погрешностей в стратегическом планировании устойчивого развития. При этом вопрос формирования основного математического аппарата остается дискуссионным, что обуславливает необходимость углубленного исследования фундаментальных составляющих экономической эффективности.

В парадигме высокотехнологичных производственных систем комплекс натуральных индикаторов интегрирует следующую совокупность метрических параметров: темпоральные характеристики производственного цикла оборудования, количественные показатели выработки в часовом и сменном измерении, потенциальный годовой объем производства, численный состав операционного персонала, временные затраты на реализацию технологических процессов, индивидуальные показатели производительности трудовых ресурсов, пространственные характеристики производственного комплекса, коэффициент утилизации временного потенциала, энергетические параметры конструктивных элементов, квантитативные индикаторы ремонтной комплексности и сопряженные технико-эксплуатационные характеристики. Однако изолированное рассмотрение натуральных показателей не позволяет сформировать

комплексное представление о целесообразности различных вариантов внедрения наукоемких технологий ввиду многовекторности данных метрик.

В этой связи технико-экономические параметры следует рассматривать как базовый информационный массив для генерации стоимостных индикаторов. Парадоксально, но именно те характеристики стоимостных показателей, которые традиционно считались их преимуществами (лаконичность, универсальность относительно специфики технологических процессов), в контексте внедрения наукоемких технологий трансформируются в ограничивающие факторы. Данная проблематика усугубляется тем, что действующие методики калькуляции стоимостных показателей экономической эффективности фокусируются исключительно на трудозатратах (актуальных и овеществленных), что определяет их затратную природу. В условиях рыночного ценообразования подобные затратно-ориентированные методики утрачивают свою валидность. Общими принципами и особенностями оценки экономической эффективности при разработке проектов внедрения робототехнических комплексов на промышленных комплексах для планирования устойчивого развития являются:

- моделирование денежных потоков, агрегирующих доходные и затратные части проектов за прогнозируемый период;
- необходимость учета временного фактора (при оценке уровня инфляции, динамики изменения ключевых параметров и показателей проекта, экономической среды, приведенной стоимости разновременных денежных потоков и др.);
- учет и применение в экономической модели проекта технико-экономических и технико-эксплуатационных параметров рассматриваемых технических средств;
- применение различных взаимодополняющих методов прогнозирования, анализа и оценки для многофакторного и многокритериального рассмотрения и обоснования проекта.

Показатели, представленные в табл. 1, характеризуют применение РТК предприятиями с точки зрения экономической, технологической и управленческой эффективности. Управленческая эффективность заключается в оптимизации и рациональном построении и контроле процесса производства продукции с использованием РТК, обеспечивая рост производительности труда, эффективность использования полезного фонда времени при высвобождении производственных рабочих, стремление к минимизации доли общепроизводственных затрат в себестоимости продукции. Целями технологической эффективности являются достижение наилучшего возможного качества производимой продукции, снижение вероятности брака продукции, максимизация выработки и выпуска продукции с наименьшими трудовыми, временными, материальными и сырьевыми затратами. Экономическая эффективность обеспечивается за счет получения максимального экономического результата (прибыль) от производства и капиталовложений за короткий период времени при наименьших затратах, а также генерации дополнительных операционных

денежных потоков, увеличение оборачиваемости оборотных средств и маржинальной стоимости производимой продукции.

Комплексный показатель, включающий экономические, социальные и экологические аспекты (например, совокупный учет доходов, экологии и социальных затрат) или индекс устойчивого развития – является ключевым показателем оценки социально-экономического эффекта от внедрения высокотехнологичных решений на промышленные комплексы.

Таблица 1

Показатели экономической эффективности применения РТК
(робототехнических комплексов)

Интегральные показатели	Показатели эффективности использования РТК на предприятиях	
	Показатели эффективности труда	Технико-экономические показатели
- Уровень удовлетворения потребностей рынка - Интегральный показатель качества продукции - Производство продукции на единицу затрат материалов - Прибыль на единицу себестоимости - Рентабельность производства - Доля прироста продукции за счет интенсификации производства	- Темпы роста производительности труда - Доля прироста продукции за счет роста производительности труда - Относительное высвобождение производственных рабочих - Коэффициент использования полезного фонда рабочего времени - Трудоемкость единицы продукции	- Общая фондоотдача (по объему продукции) - Фондоотдача активной части основных фондов - Рентабельность основных фондов - Фондозагрузка единицы продукции - Материалоемкость единицы продукции - Коэффициент использования важнейших видов сырья и материалов

Продолжение табл. 1

Показатели эффективности использования РТК на предприятиях	
Экономические показатели	Социально-экономические показатели
- Оборачиваемость оборотных средств - Рентабельность оборотных средств - Относительное высвобождение оборотных средств - Удельные капиталовложения - Рентабельность капиталовложений - Срок окупаемости капиталовложений - Себестоимость продукции	- Индекс занятости и социальной устойчивости - Уровень оплаты труда персонала с начислениями - Инвестиции в человеческий капитал - Уровень расходов на экологические и природоохранные мероприятия - Индекс устойчивого развития

Источник: разработано автором

Общие подходы к определению экономического эффекта заложены в абсолютном и сравнительном методах расчета экономического эффекта (табл. 2):

Таблица 2

Сравнительная характеристика общих методов абсолютного и сравнительного расчета экономического эффекта

№	Наименование критерия сравнения	Абсолютный метод	Сравнительный метод
1	Назначение	Определение целесообразности капиталовложений на основе экономических показателей	Выбор оптимального варианта технологии с наиболее совершенной комбинацией технико-эксплуатационных параметров и требуемых капиталовложений
2	Дисконтирование	+	-
3	Полнота учета капиталовложений	Суммарная стоимость проекта	Дифференциация по элементам затрат
4	Полнота учета текущих затрат	Сумма операционных и общепроизводственных затрат	Дифференциация по элементам себестоимости
5	Принцип расчета	$\text{Эа} = \frac{\text{Ц}-\text{С}}{\text{К}}, (1)$ где: Эа – абсолютный экономический эффект; Ц – цена за ед. продукции (руб.); С – себестоимость ед. продукции (руб.); К – удельные капиталовложения. (руб.).	$\text{Эср} = \frac{\Delta\text{П}}{\Delta\text{К}}, (2)$ где: Эср – сравнительный экономический эффект; ΔП – прирост экономического эффекта; ΔК – прирост капиталовложений
6	Особенности расчета	Учитывается общая сумма эффекта (генерация прибыли) Экономический эффект учитывается за весь расчетный период	Прирост эффекта осуществляется как экономия и снижение затрат на производстве Показатели эффективности учитываются как среднегодовые значения

Источник: разработано автором

Критический анализ методологического инструментария, представленного в табл. 2, выявляет существенные ограничения, делающие его неприменимым для оценки экономической результативности имплементации РТК:

1. Методологическая несостоятельность при калькуляции эффектов в разнородных измерительных системах и временных периодах;
2. Игнорирование специфических характеристик высокотехнологичных решений (факторы риска, динамика освоения, мультипликативные эффекты и иные параметры);
3. Отсутствие интеграции технико-эксплуатационных параметров оборудования и технологических решений, выступающих источником генерации экономического эффекта;

4. Методологическая невозможность дифференциации экономического эффекта, обусловленного внедрением инновационных технологических решений или модернизированного оборудования.

Методологический инструментарий оценки экономической результативности высокотехнологичных инноваций, в частности промышленных робототехнических комплексов, в условиях стабильного крупносерийного производства должен аккумулировать следующие фундаментальные аспекты:

1. Флуктуации ценовых индикаторов реализуемой продукции в разнонаправленных векторах рыночной динамики;

2. Модификация структуры прямых переменных издержек под влиянием мультифакторного воздействия: динамические колебания стоимостных параметров сырьевой базы, материальных ресурсов, компонентной базы, энергетических ресурсов, производственно-технологического оборудования, трансформация затратной составляющей на компенсацию трудового вклада основного производственного персонала;

3. Вероятностная вариабельность условно-постоянных затрат, ориентированных на совершенствование управленческого аппарата предприятия;

4. Акселерация производственных циклов посредством технологической модернизации, масштабирования операционной деятельности и оптимизации производственных процессов;

5. Имплементация структурных преобразований в продуктивном портфеле предприятия;

6. Диверсификация производственной программы с учетом рыночной конъюнктуры;

7. Дискретность производственных процессов в условиях многономенклатурности и расширенной ассортиментной матрицы;

8. Синергетическая взаимосвязь имплементируемых технологических инноваций с параметрами социально-экономической эффективности и устойчивости стратегического развития производственной системы.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что актуальные стоимостные индикаторы экономической эффективности, включая годовой экономический эффект и экономическую результативность от имплементации инновационных технологий, демонстрируют недостаточную репрезентативность в отражении специфических особенностей внедрения наукоемких технологических решений. Следовательно, их практическое применение для оценки экономической эффективности представляется методологически необоснованным.

2. Моделирование экономического эффекта по внедрению высокотехнологичных проектов на промышленных комплексах

Метод ФСА, как и другие организационные методы управления, возник в середине 40-х годов, когда в отечественной промышленности приняли общегосударственный размах работы по повышению технологичности изделий. Создателями метода ФСА являются инженер Пермского телефонного завода Ю.М. Соболев и инженер фирмы General

Electric (США) Л. Майлз. Дальнейшее развитие метод получил в работах М.Г. Карпунина, Б.И. Майданчика, Е.А. Олейникова и др. В основе ФСА - построение и оптимизация целевой функции.

Применительно к оценке экономической эффективности целевую функцию будем называть комплексным показателем эффективности (КПЭ), подразумевая под эффективностью отношение полезного эффекта к затратам на его достижение. При этом КПЭ является комплексным показателем, состоящим из частных показателей экономической и технико-экономической эффективности.

На этапе основных экономических исследований необходимо пользоваться комплексным критерием экономической эффективности, который включает в себя основные актуальные показатели экономической эффективности, которые, в свою очередь, могут быть как стоимостными, так и натуральными. Назовем этот критерий удельной эффективностью технологии Y . Условием экономической целесообразности изготовления спроектированного наукоемкого оборудования и внедрения соответствующей наукоемкой технологии будет:

$$Y > [Y],$$

где $[Y]$ - граничное значение удельной эффективности – величина, поддающаяся расчету и соответствующая нормативной рентабельности производства.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что рассмотренные индикаторы экономической результативности (интегральный показатель эффективности технологических решений и критериальный параметр удельной технологической эффективности) интегрируют в себя и предоставляют возможность для дифференциации ключевых метрик инвестиционной эффективности, соответствующих международным стандартам оценки. В частности, данный методологический инструмент охватывает следующие параметрические характеристики: индикатор внутренней доходности (IRR), показатель чистой приведенной стоимости (NPV), коэффициент рентабельности инвестиционных вложений (ROI), временной период возврата инвестированного капитала и окупаемости новых предпринимательских инициатив, экономическое обоснование селекции оптимальной конфигурации инвестиционного портфеля, а также оценку бюджетной эффективности капиталовложений.

Общая схема алгоритма расчета поясняется на рис. 1, где используются следующие показатели:

- затраты, связанные с приобретением, доставкой, монтажными и пусконаладочными работами по внедрению в эксплуатацию РТК - оборудования для наиболее эффективного технологического производства на предприятии);
- текущие затраты при производстве продукции с применением РТК;
- текущие затраты при производстве продукции с использованием ручного труда и неавтоматизированной линии производства с применением старого оборудования (принимается за базу сравнения);
- выручка от реализации продукции, произведенной с применением робототехнических комплексов, до того момента, как устойчиво налажен производственный процесс выпуска дополнительных видов продукции;

- выручка от реализации продукции, произведенной без применения РТК;
- выручка от реализации продукции, произведенной с применением РТК после того момента, как освоено производство дополнительных видов продукции.

В системе координат «Время - Деньги» (Время - ось абсцисс, Деньги - ось ординат) затраты при производстве продукции с применением РТК описываются прямой, проходящей через точку (T_0, P) и наклоненной к оси абсцисс под углом A . Уравнение этой прямой:

$$Y = P + A(x - T_0). \quad (8)$$

В той же системе координат, выручка от производства продукции с применением РТК описывается прямой, проходящей через точку $(T_B, 0)$, где T_B - момент начала реализации продукции и наклоненной к оси абсцисс под углом BN , где N - объем продукции, продаваемых в месяц. Уравнение этой прямой:

$$Y = BN(\chi - T_B). \quad (9)$$

Приравняв уравнения (8) и (9), получим момент времени, когда происходит окупаемость проекта:

$$x = (BNT_B + P + AT_0)/(BN - A). \quad (10)$$

Для определения прибыли по проекту, необходимо из уравнения (8) вычесть уравнение (9), подставив в качестве x тот месяц, по положению на который определяется прибыль.

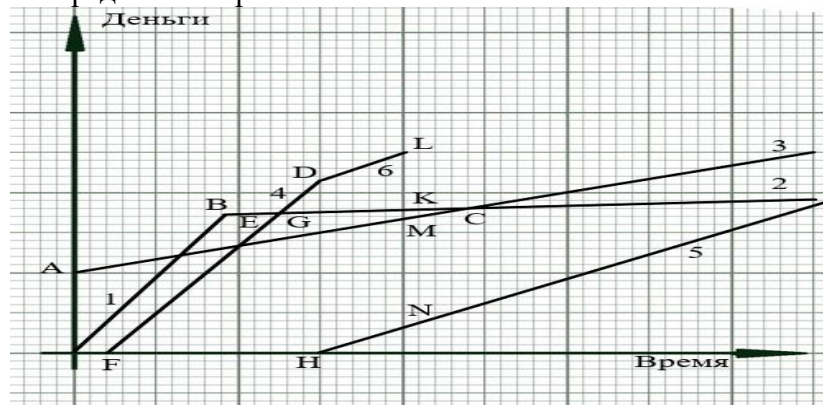


Рис. 1. Схема для определения выручки и затрат по проекту
(Источник: разработано автором).

Из рассмотрения диаграммы на рис. 2 видно, что освоение производства продукции с применением ручного труда и старых видов техники в момент времени T_S , а с использованием РТК- в момент времени T_L .

Сокращение сроков освоения производства продукции с использованием РТК соответствует отрезку T_D . Сокращение сроков окупаемости и дополнительная прибыль, возникающие при внедрении РТК в производство на предприятии представлены на рис. 3.

Срок окупаемости затрат сокращается на величину T_B . Срок времени T_B исчисляется от того момента, когда наступает окупаемость проекта по внедрению РТК в производства (пересечение прямых 3 и 4) до того момента, когда наступает окупаемость продукции, произведенных с помощью ручного труда и старого оборудования (пересечение прямых 5 и 6).

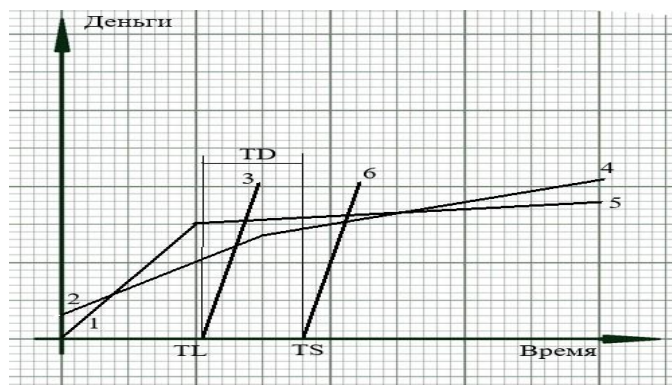


Рис. 2. Сокращение сроков освоения изделия за счет применения для изготовления детали технологии лазерного вырезания:

1 – постоянные затраты на производство продукции; 2 – затраты на внедрение в производство РТК; 3, 6 – доля выручки от реализации продукции; 4, 5 – переменные затраты старого способа производства и способа с применением РТК (Источник: разработано автором)

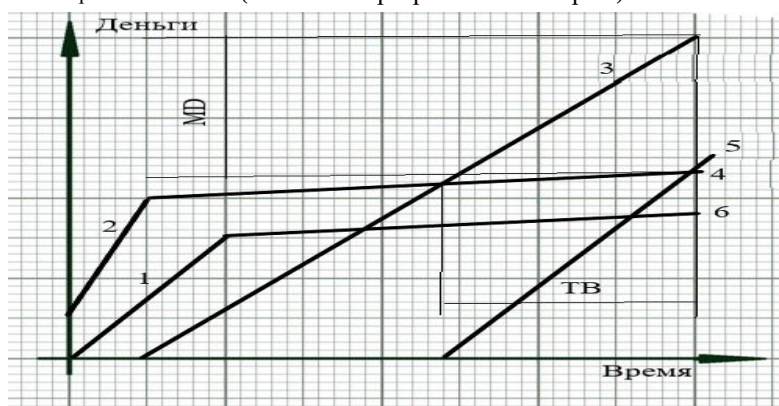


Рис. 3. Сокращение сроков окупаемости и дополнительная прибыль при внедрении РТК:

1 – постоянные затраты на производство продукции; 2 – затраты на внедрение и эксплуатацию РТК в производстве; 3, 5 – доля выручки от реализации продукции; 4, 6 – переменные затраты старого способа производства и способа с применением РТК (Источник: разработано автором)

Кроме того, диаграмма, приведенная на рис. 3, позволяет оценить дополнительную прибыль, обеспечиваемую внедрением РТК в производство на предприятии. Дополнительная прибыль – это прибыль, полученная за промежуток времени T_B . На рис. 3 дополнительная прибыль показана отрезком M_P . После наступления момента окупаемости производства продукции дальнейшая дополнительная прибыль равна разности переменных затрат на производство с использованием РТК и старого способа производства.

Заключение

Эффективность применения робототехнических комплексов на предприятиях промышленности отраслей определяется рядом факторов. Они обеспечивают более высокую производительность, точность и скорость операций, а также характеризуются меньшими эксплуатационными и сервисными затратами. Более того, интеграция в производство высоких

технологий позволяет сократить вред окружающей среде, перераспределить расходы на природоохранные мероприятия, а также повысить долю квалифицированной рабочей силы в силу замены ручного/полуавтоматического труда.

Предложенная методика расчета экономических характеристик реализации высокотехнологичного проекта по разработке и внедрению наукоемких технологий способна учитывать и капитальные, сервисные и эксплуатационные затраты, а также выручку. Эта методика также позволяет оценить экономическую эффективность, возникающую вследствие динамичного освоения производства в условиях неустановившегося рынка. Метод дополнительно позволяет оценить экономический эффект, возникающий вследствие снижения затрат на традиционные, неэффективные с точки зрения динамичного освоения технологии, возникающий вследствие сокращения срока окупаемости издержек, а также дополнительную прибыль при внедрении наукоемких технологий.

Данные преимущества мультимодального метода позволяют комплексно подойти к моделированию экономического эффекта при управлении устойчивым развитием предприятий.

Список литературы

1. Айзенберг Л.А. Интегральные представления и вычеты в многомерном комплексном анализе / Айзенберг Л.А., А.П. Южаков. М.: [не указано], 2011. 116 с.
2. Лычкина, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. Пособие. М: ИНФРА-М, 2012. 254 с.
3. Рябченко И.Я. Современные формы и прогрессивные методы освоения производства новых конструкций машин. Львов: Изд-во Львовского университета, 1963. 96 с.
4. Силуянова М.В., Курицына В.В., Бойцов В.А. Модели и методы технологического аудита наукоемких производств. М.: Изд-во МАИ, 2017. 160 с. (Монография)
5. Стрекалова Н.Д. Концепция бизнес-модели: методология системного анализа // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. 2009. N 92. С. 96.
6. Точилин И.П. Методические аспекты проектирования экономической эффективности робототехнических комплексов для обслуживания ЖКХ // E-Scio, - 18 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://e-scio.ru/wp-content/uploads/2021/02/Точилин-И.-П.pdf>
7. Точилин И.П. Особенности оценки инновационных проектов при управлении устойчивым развитием промышленных комплексов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: экономика и управление 2024. №1 (65). - DOI: 10.26456/2219-1453/2024.1.228–240
8. Точилин И.П., Усов С.В., Евстигнеев А.Р. Прогнозирование ценообразования на инновационную лазерную медицинскую технику // А.Л. Чижевский. Вклад в науку и культуру Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной сохранению творческого наследия и развитию идей А.Л. Чижевского. 2019. С. 116-119.
9. Трапезников В.А. Управление и научно-технический прогресс. М.: Наука, 1983. 224 с.

10. Шеремет А.Д. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций: практическое пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 561 с.

Об авторе:

ТОЧИЛИН Илья Павлович – аспирант, направление «Региональная и отраслевая экономика» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (12599300, г. Москва, ГСП-3, Ленинградский пр-т, д. 49); e-mail: wayne1976@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6657-1485, SPIN-код: 4113-0839.

Сведения о научном руководителе:

ДАНИЛОВА Ольга Викторовна – доктор экономических наук, профессор Департамента корпоративных финансов и корпоративного управления, ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (12599300, г. Москва, ГСП-3, Ленинградский пр-т, д. 49.), e-mail: danilovaov@yandex.ru, Orcid: 0000-0003-3821-6408, SPIN-код: 8379-8969.

MODELLING OF HIGH-TECH PROJECTS IN MANAGING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL COMPLEXES

I.P. Tochilin

FGOBU VO “Financial University under the Government of the Russian Federation”, Moscow

With the intensification of external political and economic pressure and the imposition of sanctions by unfriendly countries, the transition of Russian industry to a technologically sustainable model has become the only possible vector of development. In recent years, in line with the processes of reindustrialization and development of the knowledge economy, Russia has been forming national/regional innovation systems and technological platforms. The key aspects of the restoration of priority industries (metallurgy, coal mining, electric power, machine building, etc.) in the newly annexed regions of Russia are the achievement of key indicators of production efficiency and ensuring sustainable development of industrial complexes on the basis of advanced scientific and technological solutions, robotisation/automation of production processes. The aim of the study was to analyse the existing methods of assessing the economic efficiency of investment projects for the introduction of robotic complexes at industrial enterprises. The multifactor (multimodal) approach to assessing the economic efficiency of implemented projects was used as a methodological basis. The main factors generating economic effect from the implementation of scientific and technological solutions on the example of the use of robotics at industrial complexes were considered. Special interest is given to the study of the influence of the technical efficiency of the robotized vehicle on the economic effect generated in the future from its operation. The obtained results have

shown that the effect from the application of robotic complexes at enterprises can be economic (profit, cost reduction, growth of labor productivity), social (reduction of unemployment, improvement of workers' qualification) and political (strengthening of the country's defense capability, ensuring the country's economic independence). The prospects of the research lie in the field of expanding the composition of factors affecting the sustainable development of industrial complexes and the development of methods for assessing the effectiveness of the introduction of robotic complexes in the process of production of high-tech products.

Keywords: *innovation projects, industrial complexes, robotisation, sustainable development management.*

About the authors:

TOCHILIN Il'ja Pavlovich – postgraduate student, direction “Regional and branch economy”, FGOBU VO “Financial University under the Government of the Russian Federation” (12599300, Moscow, GSP-3, Leningradsky Prospekt, 49), e-mail: wayne1976@mail.ru, ORCID: 0000- 0002-6657-1485, SPIN-code: 4113-0839.

About the research supervisor:

DANILOVA Ol'ga Viktorovna – doctor of Economics, Professor Department of corporate governance, FSOBU HE “Financial University under the Government of the Russian Federation” (2599300, Moscow, Leningradsky prospect, 49), e-mail: danilovaov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.01.2025 г.

Статья подписана в печать 17.03.2025 г.