

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ И МЕХАНИЗМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ  
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

**ECONOMIC IMPERATIVES AND MECHANISMS FOR COMMERCIALIZATION  
OF DUAL-USE RADAR TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT  
OF IMPORT SUBSTITUTION**

*Кандидат военных наук Сирожитдинов Эркин Салимович  
доцент кафедры Института информационно-коммуникационных  
технологий и военной связи Республики Узбекистан*

*Candidate of military sciences Sirojitdinov Erkin Salimovich  
Associate Professor of the Department of the Institute of Information  
and Communication Technologies and Military Communications  
of the Republic of Uzbekistan*

***Аннотация.** В статье исследуются экономические механизмы трансформации научно-технических заделов оборонно-промышленного комплекса (ОПК) для нужд гражданского сектора экономики. Особое внимание уделяется радиолокационным системам (РЛС) как технологической платформе двойного назначения, обладающей высоким потенциалом коммерциализации в таких сферах, как интеллектуальные транспортные системы, беспилотная авиация, экологический мониторинг и промышленная безопасность. Предложена методика оценки экономической эффективности внедрения радиолокационных технологий в гражданский сектор, основанная на системе частных показателей и интегральном показателе эффективности, учитывающем коэффициент синергии накопленного интеллектуального капитала. Обоснована необходимость адаптационного проектирования и институциональных механизмов поддержки коммерциализации технологий двойного назначения.*

***Ключевые слова:** радиолокация, технологии двойного назначения, импортозамещение, диверсификация ОПК, экономическая эффективность, инновации, технологический суверенитет.*

***Abstract.** This article examines the economic mechanisms for transforming the scientific and technical capabilities of the defense-industrial complex (DIC) to meet the needs of the civilian sector. Particular attention is paid to radar systems (RADs) as a dual-use technological platform with high commercialization potential in areas such as intelligent transport systems, unmanned aircraft, environmental monitoring, and industrial safety. A methodology for assessing the economic efficiency of implementing radar technologies in the civilian sector is*

*proposed, based on a system of partial indicators and an integrated performance indicator that takes into account the synergy coefficient of accumulated intellectual capital. The need for adaptive design and institutional mechanisms to support the commercialization of dual-use technologies is substantiated.*

**Keywords:** *radar, dual-use technologies, import substitution, defense industry diversification, economic efficiency, innovation, technological sovereignty.*

В современных условиях глобальной технологической конкуренции обеспечение технологического суверенитета становится одним из ключевых факторов устойчивого экономического развития. Для государств с развитым оборонно-промышленным комплексом важным направлением является диверсификация оборонных производств и интеграция военных технологий в гражданскую экономику.

Одним из наиболее перспективных направлений такого технологического трансфера выступают радиолокационные системы. Исторически радиолокация развивалась преимущественно в рамках военных программ, однако накопленный научно-технический потенциал позволяет эффективно использовать данные технологии и в гражданских секторах экономики, например, в интеллектуальных транспортных системах, системах мониторинга окружающей среды, промышленной автоматизации и беспилотной авиации [1].

Радиолокационные сенсорные системы способны решать широкий спектр задач: мониторинг транспортных потоков, управление беспилотными летательными аппаратами, контроль промышленной инфраструктуры, наблюдение за экологическими рисками, а также обеспечение безопасности критически важной инфраструктуры.

Несмотря на значительный потенциал применения, коммерциализация радиолокационных технологий сталкивается с рядом барьеров, среди которых высокая стоимость адаптации военных решений, институциональные ограничения, а также недостаточная разработанность экономических моделей оценки эффективности таких проектов. Это определяет актуальность разработки методологического подхода к оценке экономической эффективности внедрения радиолокационных технологий двойного назначения [2].

Рассмотрим методику оценки экономической эффективности. Для научно обоснованной оценки инвестиционной привлекательности проектов внедрения радиолокационных систем в гражданский сектор предлагается

использовать двухуровневую систему показателей, включающую частные и интегральные показатели эффективности.

Рассматриваемая система частных показателей отражает различные аспекты экономической эффективности внедрения радиолокационных технологий и должна интерпретироваться не изолированно, а как взаимосвязанная совокупность факторов, формирующих конечный результат.

К числу частных показателей относятся: показатель снижения эксплуатационных издержек; коэффициент предотвращенного ущерба; показатель повышения операционной безопасности; показатель технологической синергии [3].

Рассмотрим, показатель снижения эксплуатационных издержек

$$E_{cost} = (C_{base} - C_{radar}) / C_{base} \quad (1)$$

где:

$C_{base}$  – затраты до внедрения радара;

$C_{radar}$  – затраты после внедрения радара.

Содержательно ( $E_{cost}$ ) отражает операционную эффективность внедрения радиолокационной системы. Однако его значение не ограничивается прямой экономией затрат.

Во-первых, снижение эксплуатационных издержек часто сопровождается структурными изменениями в бизнес-процессах, включая сокращение доли ручного труда и переход к автоматизированным системам управления. Это, в свою очередь, ведет к уменьшению вероятности ошибок оператора и повышению устойчивости системы в долгосрочной перспективе.

Во-вторых, важно учитывать, что экономия затрат может носить нелинейный характер. На начальном этапе внедрения возможен рост расходов, связанный с адаптацией технологии, обучением персонала и интеграцией с существующей инфраструктурой. Следовательно, показатель ( $E_{cost}$ ) должен анализироваться в динамике по периодам реализации проекта.

В-третьих, чрезмерная ориентация исключительно на снижение затрат может привести к недооценке качественных эффектов, таких как повышение точности мониторинга или расширение функциональности системы. Поэтому данный показатель целесообразно рассматривать как базовый, но не доминирующий.

Коэффициент предотвращенного ущерба определяется следующим образом:

$$E_{prev} = P \cdot L \quad (2)$$

где:

$P$  – вероятность возникновения негативного события (например, аварии, столкновения или отказа системы);

$L$  – стоимостная оценка потенциального ущерба.

Данный показатель является ключевым в условиях высокой неопределенности и отражает экономику управления рисками. То есть, данный показатель позволяет количественно оценить экономический эффект от предотвращения аварийных ситуаций благодаря применению радиолокационных систем мониторинга.

С теоретической точки зрения,  $E_{prev}$  представляет собой математическое ожидание потерь, которых удалось избежать благодаря внедрению технологии. Это означает, что даже при редких событиях (низкое  $P$ ) показатель может быть значительным, если потенциальный ущерб ( $L$ ) высок.

В системах промышленного и транспортного мониторинга данный показатель может играть доминирующую роль в структуре экономического эффекта, поскольку предотвращенный ущерб зачастую существенно превышает прямую экономию эксплуатационных затрат [3].

Особое значение этот показатель приобретает в следующих случаях:

эксплуатация критически важной инфраструктуры;

высокая стоимость единичного инцидента;

высокая социальная или экологическая цена ошибки.

Следует подчеркнуть, что в отличие от показателя затрат,  $E_{prev}$  носит вероятностный и прогностический характер, что требует использования методов риск-анализа и сценарного моделирования.

Кроме того, предотвращенный ущерб обладает свойством асимметричного влияния: один предотвращенный инцидент может компенсировать значительный объем инвестиций. Это делает данный показатель одним из наиболее значимых при обосновании проектов в сфере безопасности и мониторинга.

Следующий показатель – показатель повышения операционной безопасности:

$$E_{safe} = (N_{base} - N_{radar}) / N_{base} \quad (3)$$

где:

$N_{base}$  – число инцидентов до внедрения радара;

$N_{radar}$  – число инцидентов после внедрения радара.

Этот показатель отражает системную устойчивость объекта и имеет двойственную природу – как экономическую, так и организационную.

С одной стороны, снижение числа инцидентов приводит к прямой экономии ресурсов. С другой стороны, оно формирует долгосрочные институциональные эффекты, такие как:

- повышение доверия со стороны пользователей и регуляторов;
- снижение страховых издержек;
- улучшение репутации предприятия.

Важно отметить, что показатель  $E_{safe}$  тесно связан с  $E_{prev}$  однако не тождественен ему. Если  $E_{prev}$  отражает стоимостной эффект риска, то  $E_{safe}$  характеризует частотную динамику событий.

В методическом плане это означает, что:

- $E_{safe}$  лучше отражает тренд устойчивости системы;
- $E_{prev}$  – масштаб потенциальных последствий.

Совместное использование этих показателей позволяет получить более полное представление о рисковом профиле проекта.

Еще один частный показатель – показатель технологической синергии  $\alpha$ . Коэффициент синергии интеллектуального капитала представляет собой один из ключевых элементов предлагаемой методики, поскольку он отражает накопленный технологический потенциал предприятия.

Его экономическая природа заключается в эффекте:

- повторного использования результатов НИОКР;
- снижения затрат на разработку;
- ускорения вывода продукта на рынок.

С методической точки зрения, коэффициент  $\alpha$  выполняет роль мультипликатора эффективности, усиливая влияние всех остальных факторов.

Важно подчеркнуть, что значение  $\alpha$  зависит не только от технологической базы, но и от:

- организационной структуры предприятия;
- доступности интеллектуальной собственности;
- уровня кооперации внутри отрасли.

Таким образом, данный показатель отражает не только технологические, но и институциональные условия реализации проекта.

Теперь рассмотрим связь частных показателей, представленных выше, с интегральным показателем.

Интегральный показатель эффективности предлагается рассчитывать по модифицированной формуле чистого дисконтированного дохода:

$$E_{total} = \Sigma (CF_t \cdot (1 + \alpha) / (1 + r)^t) - I_0 \quad (4)$$

где:

$CF_t$  – денежный поток проекта в период  $t$ ;

$r$  – ставка дисконтирования;

$I_0$  – первоначальные инвестиционные затраты;

$\alpha$  – коэффициент синергии интеллектуального капитала.

Коэффициент синергии отражает экономический эффект, возникающий благодаря использованию ранее созданных технологических решений и результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Для предприятий радиоэлектронной промышленности данный коэффициент может принимать значения в диапазоне 0,1–0,3, что позволяет существенно снизить стоимость разработки новых гражданских продуктов на базе существующих военных технологий [4].

Интегральный показатель эффективности (4) фактически аккумулирует влияние частных показателей через денежные потоки  $CF_t$ .

При этом:

$E_{cost}$  увеличивает  $CF_t$  за счет экономии затрат;

$E_{prev}$  отражает эффект управления рисками;

$E_{safe}$  характеризует устойчивость и надежность системы;

$\alpha$  усиливает эффект за счет накопленного потенциала.

Принципиально важно, что данные показатели не являются независимыми. Например:

снижение инцидентов ( $E_{safe}$ ) приводит к росту предотвращённого ущерба ( $E_{prev}$ );

использование существующих технологий ( $\alpha$  снижает затраты  $E_{cost}$ );

повышение точности системы одновременно влияет на все показатели.

Следовательно, методика должна учитывать синергетический эффект взаимодействия факторов, а не только их индивидуальные значения.

Для примера рассмотрим внедрение радиолокационной системы на транспортном объекте.

Исходные данные условно представим так:

затраты до внедрения:  $C_{base} = 12$  млн. руб.

после внедрения:  $C_{radar} = 9$  млн. руб.

вероятность аварии:  $P = 0,08$

ущерб:  $L = 40$  млн. руб.

число инцидентов: было 25, стало 10

коэффициент синергии:  $\alpha = 0,2$

Произведем расчет:

1. Снижение затрат:  $E_{cost} = (12 - 9)/12 = 0,25$

2. Предотвращенный ущерб:  $E_{prev} = 0,08 \cdot 40 = 3,2$  млн. руб.

### 3. Повышение безопасности: $E_{safe} = (25 - 10)/25 = 0,6$

Таким образом, снижение затрат на 25% указывает на значительный операционный эффект, однако он не является определяющим фактором эффективности. Предотвращённый ущерб в размере 3,2 млн. руб. демонстрирует, что даже при относительно низкой вероятности аварий экономический эффект может быть существенным. Это подтверждает целесообразность инвестиций в технологии мониторинга. Снижение числа инцидентов на 60% свидетельствует о качественном изменении уровня безопасности, что особенно важно для объектов с повышенными требованиями к надежности. Коэффициент синергии 0,2 указывает на наличие развитой технологической базы, позволяющей сократить издержки разработки и ускорить внедрение.

Совокупность полученных результатов показывает, что основная ценность проекта заключается не столько в снижении текущих затрат, сколько в снижении рисков и повышении устойчивости функционирования системы.

Таким образом, углубленный анализ частных показателей показывает, что эффективность внедрения радиолокационных систем формируется за счет комплексного взаимодействия операционных, риск-ориентированных и технологических факторов. При этом ключевую роль играет предотвращённый ущерб и повышение уровня безопасности, тогда как снижение эксплуатационных затрат выступает в качестве сопутствующего эффекта. Учет коэффициента синергии интеллектуального капитала позволяет дополнительно интегрировать в модель фактор технологического наследия, что особенно важно для оценки проектов двойного назначения.

После оценки экономической эффективности применения радиолокационных технологий двойного назначения, проведем сравнительный анализ сенсорных технологий. Для обоснования перспективности радиолокационных технологий в гражданском секторе проведено сравнение РЛС с альтернативными сенсорными решениями, такими как лидарные и оптические системы наблюдения [5].

Из сравнения, приведенного в таблице 1 видно, что радиолокационные сенсоры обладают существенными преимуществами при эксплуатации в неблагоприятных погодных условиях, а также при необходимости обеспечения высокой надежности мониторинговых систем.

Таблица 1. Сравнение РЛС с альтернативными сенсорными решениями

Критерий оценки	РЛС (Радары)	Лидарные системы	Оптические датчики
Работа в условиях	Высокая	Критическое	Полная

тумана/пыли	стабильность	падение точности	неработоспособность
Дальность детектирования	До 500 метров	Ограничена 150 метрами	Зависит от освещенности
Эксплуатационная надежность	Высокая (отсутствие оптики)	Средняя (чувствительность)	Низкая (загрязняемость)

В отличие от лидарных систем и видеонаблюдения, радиолокационные комплексы сохраняют стабильность детектирования объектов на дальностях до нескольких сотен метров и обладают высокой эксплуатационной надежностью благодаря отсутствию оптических элементов. Это делает радиолокационные технологии особенно перспективными для применения в транспортной инфраструктуре, промышленной автоматизации и системах безопасности.

Проведенное исследование показывает, что ключевым барьером коммерциализации технологий двойного назначения является структурный разрыв между военными стандартами разработки и требованиями гражданского рынка.

Военные системы традиционно проектируются с учетом экстремальных условий эксплуатации и повышенных требований к надежности, что приводит к значительному удорожанию конечного продукта. Попытка прямого переноса военных стандартов в гражданские решения может увеличивать стоимость продукции на 150-200 % [6].

Для преодоления данной проблемы необходима адаптация аппаратной части радиолокационных систем при сохранении уникальных алгоритмических решений обработки сигналов.

Существенную роль играют и макроэкономические факторы. Высокая стоимость заемного капитала увеличивает сроки окупаемости проектов в радиоэлектронной промышленности. В этой связи важным инструментом стимулирования коммерциализации технологий может стать государственное софинансирование на стадии адаптационного проектирования.

Отдельным ограничением являются институциональные барьеры, связанные с режимом секретности и ограничениями доступа к результатам интеллектуальной деятельности. Развитие гибких механизмов лицензирования внутри отраслевых холдингов может значительно ускорить процесс трансфера технологий.

Коммерциализация радиолокационных технологий двойного назначения представляет собой важный инструмент диверсификации оборонно-промышленного комплекса и формирования новых высокотехнологичных рынков.

В результате проведенного исследования предложена методика оценки экономической эффективности внедрения радиолокационных технологий, основанная на частном и интегральном показателях эффективности с учетом коэффициента синергии интеллектуального капитала.

Для повышения эффективности коммерциализации технологий двойного назначения рекомендуется:

внедрение экономических моделей оценки проектов на ранних стадиях разработки;

развитие механизмов государственно-частного партнерства в сфере радиоэлектроники;

создание экспериментальных регуляторных режимов для тестирования новых технологических решений;

стимулирование передачи результатов НИОКР из оборонного сектора в гражданскую экономику.

Реализация данных мер позволит повысить точность стратегического планирования и обеспечить устойчивый рост высокотехнологичного экспорта.

#### **Использованная литература:**

1. Борисов С. А. Экономические аспекты диверсификации ОПК // Инновационная экономика. 2022.
2. Григорьев Ю. П., Степанов А. В. Радиолокационные системы двойного назначения. М.: Техносфера, 2021.
3. Романцев В. В. Методы оценки эффективности инновационных проектов // Экономический анализ: теория и практика. 2021.
4. Минпромторг России. Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации до 2030 года.
5. Schmitt B. Dual-use technology transfers: Economic and security implications // Journal of High Technology Management Research. 2020.
6. Кузнецов А. В. Импортозамещение в радиоэлектронной промышленности // Вестник экономического университета. 2023.