

УДК 621.338.26

**М. К. АРИСТАРХОВА, А. В. БУДИЛОВА, Р. М. КИРЕЕВ****ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННОГО РИСКА**

Рассматривается возможность применения коэффициента инновационного риска при оценке экономической эффективности инновационного проекта. Добавление коэффициента инновационного риска в классические и широко распространенные методики определения экономического эффекта от инвестирования средств в новые проекты позволит успешно использовать их для сферы новых критических технологий, учитывая при этом технологические особенности инновации, ее потенциал и область применения. *Инновационный риск; критические технологии; экономическая эффективность*

Значение инноваций как определяющего фактора развития наукоемкой промышленности объясняется объективными тенденциями, проявившимися в высокоразвитых промышленных странах. Технологические инновации реализуют научно-технические достижения в производстве и потреблении путем смены моделей и поколений производимой продукции, используемой технологии и технологических способов производства [1].

Критические технологии — область знаний, определяющих состояние мировой науки, совокупность новых возможностей использования информации, знаний, опыта, материальных средств при разработке, создании и производстве наукоемкой продукции и процессов [2]. В настоящее время экономический эффект от использования достижений российских ученых и инженеров очень мал по сравнению с потенциальными возможностями. Отдельно рассматриваемые эффекты повышения эксплуатационных свойств не могут служить достаточными критериями для внедрения в производство.

Необходимыми критериями при разработке и внедрении технологических процессов могут являться только совокупность эксплуатационных свойств совместно с технико-экономическими показателями процесса, которые зависят от всей совокупности свойств источников, процессов и производственных условий. Поэтому естественно возникает вопрос о реальной инвестиционной привлекательности инновационного бизнеса, основанного на критических технологиях.

**1. СУЩНОСТЬ И СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
КОЭФФИЦИЕНТА ИННОВАЦИОННОГО РИСКА**

Для оценки результативности инновационной деятельности широко используется затратный метод — изменение уровня затрат (сравнительный эффект) [5]. Основным критерием сравнительной экономической эффективности варианта технологического процесса является достижение минимальных затрат на производство изделия:

$$C_T = C_{\min}. \quad (1)$$

Технологическая себестоимость ( $C_T$ ) изделия является основным показателем сравнительной экономичности вариантов. Главными элементами ее являются затраты: по основной оплате труда производственных рабочих, на содержание и эксплуатацию оборудования, на электроэнергию и затраты на расходные материалы [3]. Технологическая себестоимость изделия по тому или иному процессу представляет собой сумму технологических себестоимостей  $i$ -х операций этого процесса:

$$C_T = \sum C_{Ti}. \quad (2)$$

В случае инновационного проекта, связанного с критическими технологиями, все указанные показатели основываются на приближенном подсчете, поскольку на стадии прикладных исследований и разработок нет расчетных данных по технологическому освоению инновационного продукта.

В большинстве методик для учета подобной неопределенности применяется ставка

дисконтирования — величина, соответствующая средней доходности по банковским вкладам и учитывающая влияние неопределенности [4, 6]. В рассматриваемом случае такой составляющей недостаточно, чтобы оценить возможный экономический эффект, ведь особенность критических технологий заключается в высокой степени зависимости от самой технологии. Следовательно, для уточнения расчетов необходимо ввести величину, характеризующую степень риска инвестирования инноваций в выбранном сегменте рынка критических технологий.

Инновационный риск включает в себя множество факторов, которые должны быть учтены и оценены:

- факторы спроса;
- новизна отрасли;
- внешняя неопределенность проекта и т. д.

Для систематизации указанных факторов в целях подсчета коэффициента инновационного риска следует разделить их на несколько групп:

1) Оценка проработанности технологии и идеи — технологический риск ( $T$ ). Показатель риска зависит от таких факторов, как привлекательность идеи с рыночной точки зрения, выполнимость идеи, защита идеи.

2) Оценка внутренних характеристик технологии, ее готовности к передаче — потенциал трансферта ( $S^{пт}$ ). Показатель потенциала трансферта зависит от внутренних характеристик инновации — в какой степени технология подготовлена к передаче, сроки промышленной проработки, наличие технической базы.

3) Оценка технологии с рыночной точки зрения — потенциал коммерциализуемости ( $S^{пк}$ ). Показатель потенциала коммерциализуемости предполагает коммерческие характеристики объекта — себестоимость коммерческой разработки, сроки коммерческой проработки, наличие рынка сбыта.

Тогда, исходя из вышеизложенного, коэффициент инновационного риска в математическом выражении предлагается определить как

$$K_{и} = \frac{\sum T_{ij}}{T_{\max}} \cdot \frac{S_i^{пт}}{S_{\max}^{пт}} \cdot \frac{S_i^{пк}}{S_{\max}^{пк}}, \quad (3)$$

где  $T$  — технологический риск;  $S^{пт}$  — потенциал трансферта технологии;  $S^{пк}$  — потенциал коммерциализуемости технологии;  $i$  — вариант технологии;  $j$  — фактор риска.

Следовательно, в случае, когда

$$T_{ij} = T_{\max}, \quad S_i^{пт} = S_{\max}^{пт}, \quad S_i^{пк} = S_{\max}^{пк}, \quad (4)$$

тогда  $K_{и} = 1$  — риск инвестирования инноваций отсутствует.

Составные показатели коэффициента инновационного риска определяются методом экспертных оценок. Для каждого варианта технологии можно предложить систему баллов от +2 (положительный показатель) до -2 (отрицательный показатель). Такая градация баллов выбрана для снижения вариантов значения показателя от «очень хорошо» до «очень плохо» для упрощения работы экспертов.

Добавление коэффициента инновационного риска в обычную оценку экономической эффективности инновационного проекта позволит существенно увеличить точность полученных результатов при расчете проектов в области критических технологий. Применение коэффициента инновационного риска даст эффект прогноза в расчет себестоимости и скорректирует полученный результат с учетом степени неопределенности, и технологическая инновационная себестоимость будет определяться как

$$C_{Тн} = \left( \sum C_{Ti} \right) / K_{и}. \quad (5)$$

Таким образом, добавление коэффициента инновационного риска в классические и широко распространенные методики определения экономического эффекта от инвестирования средств в новые проекты позволит успешно применять их для сферы новых критических технологий, учитывая при этом технологические особенности инновации, ее потенциал и область применения.

## 2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Наглядным примером расчета сравнительной экономической эффективности варианта технологического процесса является приведенный ниже пример проектирования вакуумной ионно-плазменной технологии (ВИПТ) обработки лопатки ГТД. Процесс проектирования технологии для обработки лопаток компрессора ГТД базируется на учете комплекса заданных эксплуатационных свойств. Согласно анализу условий работы, лопатка компрессора ГТД должна обла-

дать следующими эксплуатационными свойствами: коррозионной стойкостью; эрозионной стойкостью; сопротивлением усталостному разрушению.

Количественные и качественные оценки данных свойств задаются в качестве элементов ТЗ на проектирование ВИПТ. Согласно заданным значениям, происходит определение пригодных методов обработки. Таким образом, достижение комплекса заданных свойств возможно только на основе совокупности методов обработки. Определенные методы обработки представлены двумя вариантами проектных решений:

Вариант 1:

- ионное азотирование;
- нанесение защитного покрытия TiN.

Вариант 2:

- ионная имплантация  $N^+$ ;
- постимплантационный отжиг;
- нанесение защитного покрытия TiN.

Оба проектных решения обеспечивают достижение заданных эксплуатационных свойств. Каждый из вариантов может быть реализован несколькими методами ВИПТ. Для обоснованного выбора необходимо проведение технико-экономического анализа всех возможных решений.

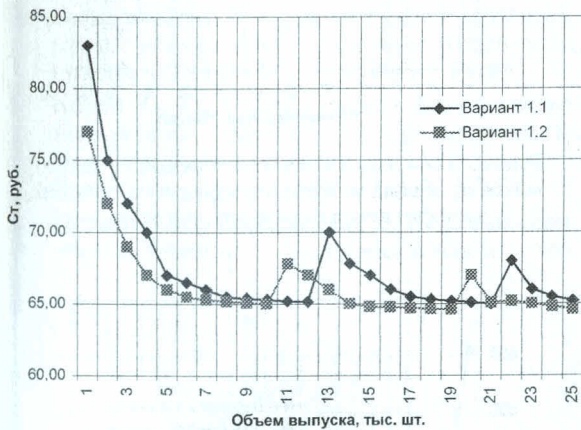


Рис. 1. Зависимость технологической себестоимости от объема выпуска по варианту 1

Вариант 1 (ионное азотирование, нанесение защитного покрытия). Рассматриваются две схемы реализации:

- вариант 1.1 — традиционная технология (каждый метод обработки выполняется на установке, для него предназначенной);
- вариант 1.2 — предлагаемая технология (обработка осуществляется на одной установке).

Экономическое обоснование целесообразности реализации вариантов вакуумных ионно-плазменных технологий, полученное экспертной системой, представлено на рис. 1.

Вариант 2 (ионная имплантация, нанесение защитного покрытия). Данная последовательность обработки может быть осуществлена по двум вариантам:

- вариант 2.1 — традиционная технология (каждый метод обработки выполняется на установке, для него предназначенной);
- вариант 2.2 — предлагаемая технология (обработка осуществляется на одной установке).

Технико-экономический анализ вариантов позволяет сделать заключение о предпочтительности второго варианта технического решения. Обоснование целесообразности реализации новых технологий подтверждается расчетами сравнительной экономической эффективности при различных значениях программы выпуска и представлено на рис. 2.

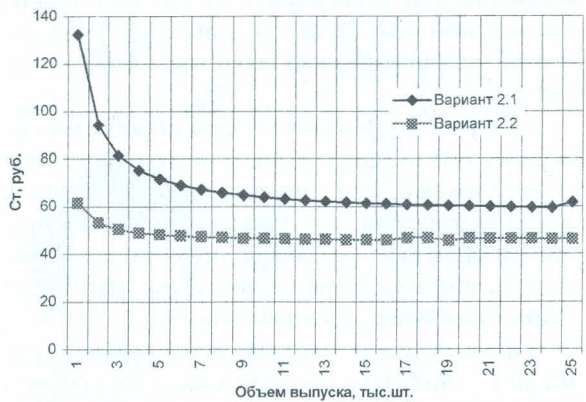


Рис. 2. Зависимость технологической себестоимости от объема выпуска по варианту 2

Технико-экономический анализ показывает, что обработка лопатки компрессора ГТД в заданных условиях более эффективна на основе разработанной технологии, чем на основе традиционной ВИПТ. Получение экономии обуславливается как более компактной структурой самого технологического процесса, обеспечивающей сокращение временных затрат, так и сокращением состава используемого оборудования.

Скачкообразность зависимостей затрат от объема выпускаемой продукции связана с увеличением парка потребного оборудования, т. е. достижение определенного критического объема выпуска приводит к необходимости использования дополнительных единиц оборудования.

Расчет коэффициента инновационного риска

Наименование показателя	Вариант 1	Вариант 2
Максимальный показатель потенциала трансферта .....	25	25
Потенциал трансферта для технологии .....	21	17
Максимальный показатель потенциала коммерциализуемости	25	25
Потенциал коммерциализуемости для технологии .....	18	16
Максимальный показатель технологического риска .....	28	28
Технологический риск для технологии .....	19	14
Коэффициент инновационного риска (формула 3) .....	0,41	0,217

Технико-экономический анализ реализации новой технологии показывает, что она не всегда экономически целесообразна. При объемах выпуска деталей 10 000–12 000 и 19 000–21 000 шт. происходит увеличение технологической себестоимости обработки (вариант 1.2 для лопатки компрессора). Это связано с тем, что в этих интервалах объема выпуска происходит увеличение количества потребных установок, что и приводит к увеличению технологической себестоимости. Далее по мере увеличения коэффициента загрузки оборудования технологическая себестоимость уменьшается.

Оба рассмотренных метода обработки поверхностей деталей являются критическими технологиями для современного периода в машиностроении, следовательно, инновационный риск высок. Пример подсчета коэффициента инновационного риска по указанным вариантам приведен в таблице.

Расчет и анализ составных частей коэффициента — показателей потенциала трансферта и коммерциализуемости технологии, а также технологического риска — проводится методом экспертных оценок и является отдельным предметом исследования, поэтому в таблице указанные показатели приведены уже определенными для данной отрасли.

Влияние коэффициента инновационного риска на технологическую себестоимость приведено на рис. 3 и 4. Из рис. 3 видно, что условная технологическая себестоимость по варианту 1, скорректированная с учетом инновационного риска, в среднем в 2,4 раза выше, чем технологическая себестоимость. График на рис. 4 показывает, что условная технологическая себестоимость по варианту 2, скорректированная с учетом инновационного риска, в среднем в 4,6 раза выше, чем технологическая себестоимость.

Таким образом, вариант 1.2 (ионное азотирование и нанесение защитного покрытия

TiN на базе интегрированной технологии) является оптимальным методом обработки для указанных условий с точки зрения минимизации условной технологической себестоимости с учетом инновационного риска.

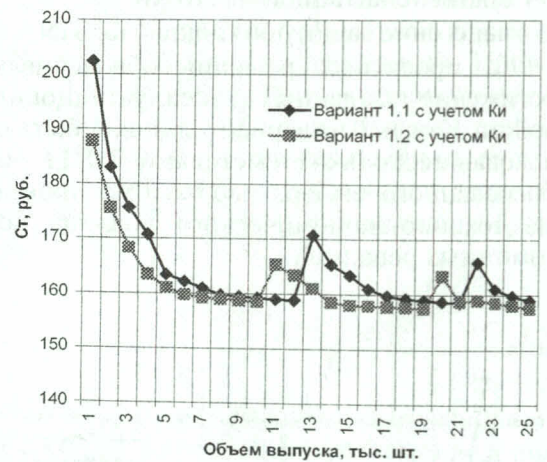


Рис. 3. Зависимость технологической себестоимости от объема выпуска по варианту 1 с учетом коэффициента инновационного риска

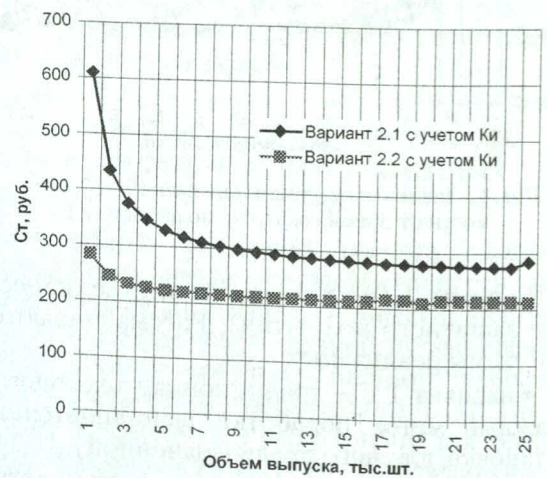


Рис. 4. Зависимость технологической себестоимости от объема выпуска по варианту 2 с учетом коэффициента инновационного риска

## ВЫВОДЫ

Многогранность инновационного проекта, особенно в случае области критических технологий, ставит задачу всестороннего анализа и учета разнообразных факторов в принятии решений и делает некорректным применение обычных методов оценки привлекательности проекта.

Учет особенностей критических технологий при помощи инновационного риска в оценке эффективности проекта снизит неопределенность в выборе объектов инновации. Добавление коэффициента инновационного риска в классические и широко распространенные методики определения экономического эффекта от инвестирования средств в новые проекты позволит успешно применять их для сферы новых высоких технологий, учитывая при этом технологические особенности инновации, ее потенциал и область применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автономов В. П.** Национальные и инновационные системы: Научный семинар «Россия — 21 век» / Мицнауки России — РАН. М.: Наука и предпринимательство, 2001. 214 с.
2. **Бабаскин С. Я., Волков И. М., Грачева М. В.** Риск-анализ инвестиционного проекта: М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 122 с.
3. **Гольдштейн Г. Я.** Стратегический инновационный менеджмент: тенденции, технологии, практика. Таганрог: ТРТУ, 2002. 179 с.
4. **Кинев Ю. Ю.** Оценка рисков финансово-хозяйственной деятельности предприятий на этапе принятия решения // Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 5. С. 27–32.
5. **Нечаев В. К., Коробцов Е. В.** Информационное обеспечение // Молодежь и наука — тре-

ть тысячелетие: Сб. тез. конгресса. М.: МГТУ, 2002. Ч. 2. С. 139–140.

6. **Четыркин Е. М.** Методы финансовых и коммерческих расчетов. М.: Дело ЛТД, 1995. 423 с.

## ОБ АВТОРАХ



**Аристархова Маргарита Константиновна**, проф., зав. каф. налогов и налогообложения. Дипл. инж.-экономист (УАИ, 1975). Д-р экон. наук (защ. в УрГЭУ, 1999). Заслуж. экономист РБ. Иссл. в обл. управления в социальн. и экономич. системах.



**Будилова Анна Владимировна**, аспирант той же каф. Дипл. экономист в обл. экономики и управления на предприятиях машиностроения (УГАТУ, 1999). Готовит дис. об экономической эффективности критических технологий.



**Киреев Радик Маратович**, доц. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж.-механик (УГАТУ, 1993). Канд. техн. наук по тепл. двигателям ЛА (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. вакуумного ионно-плазменного модифицирования поверхности.