

УДК 625.71.8.003:658.152

Г. В. АХРАМЕНКО, П. Г. АХРАМЕНКО

## АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Исследуются общие положения методик оценки технико-экономической эффективности инвестиционных проектов, которые включают понятие и группировку инвестиций, необходимых для их реализации. Предложена также система показателей, которая используется в экономическом обосновании проектных решений, методы оценки экономической эффективности и сферы их применения в различных расчетах. Произведен регрессионный анализ экономических показателей. Все это формирует единый механизм экономического обоснования инвестиционных проектов.*



**АХРАМЕНКО**  
Галина Владимировна,

кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Изыскания и проектирование дорог» Белорусского  
государственного университета транспорта



**АХРАМЕНКО**  
Петр Геннадьевич,

кандидат экономических наук,  
председатель профкома  
ОАО «Гомсельмаш»

G. V. AKHRAMENKO, P. G. AKHRAMENKO

## THE ANALYSIS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF CAPITAL INVESTMENTS IN CONSTRUCTION OF THE HIGHWAY

*We study the methodology for assessing the overall situation of technical and economic efficiency of investment projects, which include the concept of grouping and the investments necessary for their implementation. Also, a system of indicators is used in the economic justification of design decisions, methods for evaluating the cost-effectiveness and the scope of their application in various calculations. Regressive analysis of economic indicators is made. All these factors form a single mechanism of economic feasibility of investment projects.*

Международная практика обоснования инвестиционных проектов использует несколько показателей, позволяющих подготовить решение о целесообразности (нецелесообразности) вложения средств [1, с. 74]. Классификация основных показателей эффективности инвестиционных проектов приведена в табл. 1.

Стоимостная оценка затрат и результатов должна осуществляться в пределах установленного расчетного периода (горизонта расчета) для каждого года. Результаты и затраты должны соизмеряться с учетом их приведения (дисконтирования) в сопоставимый вид [2, с. 6]. Все ре-

Таблица 1 – Основные показатели эффективности инвестиционных проектов

Абсолютные		Относительные		Временные
Методы				
приведенной стоимости	аннуитета	рентабельности	ликвидности	
Способы, основанные на применении концепции дисконтирования				
Интегральный экономический эффект (чистая текущая стоимость, NPV)	Дисконтированный годовой экономический эффект (AN PV)	Внутренняя норма доходности (JRR). Индекс доходности инвестиций	Срок окупаемости инвестиций с учетом дисконтирования	
Упрощенные (рутинные) способы				
Приблизительный интегральный экономический эффект	Приблизительный аннуитет	Показатели простой рентабельности. Индекс доходности инвестиций	Приблизительный (простой) срок окупаемости инвестиций	

зультаты и затраты приводят к начальному (базисному) моменту с помощью коэффициента дисконтирования  $\alpha_t$ :

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где  $E$  – норма дисконта (приведения);  
 $t$  – год расчета.

Современная автомобильная дорога – это сложный комплекс сооружений и конструкций, создающий необходимые условия для перевозки грузов и пассажиров автомобильным транспортом. Экономическая эффективность строительства автомобильной дороги выявляется путем сопоставления капитальных вложений и эффектов, полученных в результате эксплуатации автотранспортной автомобильной дороги. Расчет эффективности сводится к определению таких показателей, как чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности (ВНД), индекс доходности (ИД), срок окупаемости ( $T_0$ ). Инвестиционный проект считается экономически эффективным, если срок окупаемости (после окончания строительства) не превышает заданной величины (6–7 лет), ЧДД  $\geq 0$ , ИД  $\geq 1$ , а ВНД превышает заданную норму прибыльности.

ЧДД рассчитывается по следующей формуле [2, с. 6]:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=1}^T (\mathcal{E}_i - K_i \pm D\mathcal{E}_i - Y_i) \alpha_i, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_i$  – социально-экономический эффект в  $t$ -м году в результате строительства (реконструкции) автомобильной дороги;

$K_i$  – капитальные вложения в строительство (реконструкцию) автомобильной дороги в  $t$ -м году;

$D\mathcal{E}_i$  – изменение затрат в  $t$ -м году на содержание, текущий и капитальный ремонт автомобильной дороги;

$Y_i$  – эколого-экономический ущерб в  $t$ -м году;

$\alpha_i$  – коэффициент дисконтирования для  $t$ -го года.

Год, когда ЧДД становится положительной величиной, определяет срок окупаемости ( $T_0$ ) инвестиционного проекта.

Индекс доходности для каждого года определяется отношением нарастающей суммы эффектов к капитальным вложениям с учетом дисконтирования эффектов и затрат:

$$\text{ИД} = \sum_{i=1}^T \frac{\mathcal{E}_i \pm D\mathcal{E}_i}{K_i} \alpha_i. \quad (3)$$

Социально-экономический эффект рассчитывается как сумма уменьшения потерь, непосредственно или косвенно связанных с работой автомобильного транспорта [2, с. 21–27]:

$$\mathcal{E}_i = \Delta C_i^{nep} + \Delta C_i^{nac} + \Delta C_i^{dmn} + \Delta C_i^{cx} + \Delta C_i^{coq}, \quad (4)$$

где  $\Delta C_i^{nep}$  – экономия транспортных затрат в  $t$ -м году;

$\Delta C_i^{nac}$  – уменьшение потерь, связанных со временем пребывания в пути пассажиров в  $t$ -м году;

$\Delta C_i^{dmn}$  – уменьшение потерь от ДТП в  $t$ -м году;

$\Delta C_i^{cx}$  – снижение потерь в сельском хозяйстве в  $t$ -м году;

$\Delta C_i^{coq}$  – снижение потерь в социальной сфере в  $t$ -м году.

Расчет экономии транспортных расходов ведется по формуле:

$$\Delta C_i^{nep} = 365 N_t \left( \frac{L_{сущ}}{v_{сущ}} - \frac{L_{пр}}{v_{пр}} \right) \Pi_{тр}, \quad (5)$$

где  $N_t$  – интенсивность движения для  $t$ -го года, рассчитывается по формуле:

$$N_t = N_0 (1+p)^{t-1}, \quad (6)$$

$p$  – ежегодный прирост интенсивности движения;

$L_{сущ}, L_{пр}$  – длина пробега автомобиля до и после строительства (реконструкции) дороги;

$v_{сущ}, v_{пр}$  – скорости движения автомобиля в существующих и проектируемых условиях;

$\Pi_{тр}$  – стоимостная оценка автомобиле-часа.

Расчет выполняется для каждого вида автотранспортных средств – грузовых и легковых автомобилей, автобусов.

Эффект от сокращения времени пребывания в пути пассажиров (выполняется только для легковых автомобилей и автобусов) определяется по формуле:

$$\Delta C_i^{nac} = 365 N_t \left( \frac{L_{сущ}}{v_{сущ}} - \frac{L_{пр}}{v_{пр}} \right) R \gamma \Pi_{тр}, \quad (7)$$

где  $R$  – пассажироместимость автобуса или легкового автомобиля;

$\gamma$  – коэффициент использования пассажироместимости ( $\gamma = 0,8$ );

$\Pi_{nac}$  – цена пассажиро-часа.

Величина потерь от бездорожья в сельском хозяйстве (для дорог с усовершенствованным капитальным покрытием потери от бездорожья не учитываются) рассчитывается по формуле:

$$\Delta C_i^{cx} = (\Pi_{сущ} S_{тяг}^{сущ} - \Pi_{пр} S_{тяг}^{пр}), \quad (8)$$

где  $\Pi_{сущ}, \Pi_{пр}$  – удельные потери в сельском хозяйстве до и после строительства автомобильной дороги;

$S_{тяг}^{сущ}, S_{тяг}^{пр}$  – площадь района тяготения до и после строительства автомобильной дороги.

$$S_{тяг} = 2L B_{тяг}, \quad (9)$$

где  $B_{тяг}$  – ширина района тяготения (от 15 до 25 км в зависимости от категории дороги).

Потери в социальной сфере  $\Delta C_i^{coq}$  могут быть определены моделированием влияющих факторов или учтены с помощью региональных коэффициентов к величине экономии потерь на транспорте  $\Delta C_i^{nep}$ :

$$\Delta C_i^{coq} = 0,2 \dots 0,3 \Delta C_i^{nep}. \quad (10)$$

Расчет изменения затрат на ремонт и содержание дороги выполняется в том случае, если предполагается существенное изменение длины и категории дороги [2, с. 33]:

$$D\mathcal{E}_i = (L_{пр} C_{д}^{пр} - L_{сущ} C_{д}^{сущ}), \quad (11)$$

где  $C_{д}^{пр}, C_{д}^{сущ}$  – затраты на ремонт и содержание 1 км дороги до и после строительства (реконструкции) автомобильной дороги в  $t$ -м году.

- Экологические потери определяются с учетом ущерба:
- от выброса загрязняющих веществ в атмосферу;
  - выброса загрязняющих веществ в водную среду;
  - загрязнения и изъятия земли;
  - создания зон акустического (шумового) дискомфорта на селитебных территориях;
  - гибели животных и растений.

ЧДД, ИД и Т0, оценивающие эффективность инвестиций в строительство (реконструкцию) дороги, рассчитывают в табличной форме. Ниже приведен пример расчета эффективности капитальных вложений в строительство автомобильной дороги.

Исходные данные: автомобильная дорога III категории длиной 10 км проектируется для строительства в Припятском Полесье взамен грунтовой дороги V категории длиной 15 км. Район строительства – II дорожно-климатическая зона. Капитальные вложения в строительство автомобильной дороги составляют 9159,02 млн руб. в ценах 2000 г. Продолжительность строительства – один год. Начальная интенсивность движения составляет 1000 авт/сут, в том числе грузовых автомобилей – 550, легковых – 400 и автобусов – 50. Темпы роста интенсивности движения для грузовых автомобилей предусмотрены в размере 5 %, легкового транспорта – 6 % и автобусов – 3 %.

Расчет потерь от дорожно-транспортных происшествий в данном случае не производился, так как их величина существенно не повлияет на экономическую эффективность проекта.

Все расчеты произведены по формулам 1–11 с использованием укрупненных показателей стоимости

строительства автомобильной дороги и текущих затрат, приведенных в технико-экономическом обосновании [3, с. 38]. Результаты представлены в табл. 2. В таблицу не введены такие показатели, как изменение затрат в  $t$ -м году на содержание, текущий и капитальный ремонт автомобильной дороги ( $\Delta E_t$ ) и потери от бездорожья в сельском хозяйстве ( $\Delta C_t^{cx}$ ), так как их величина постоянна ( $\Delta E_t = 1,71$  млн руб.;  $\Delta C_t^{cx} = 27,7$  млн руб.).

В результате расчетов выявлено, что строительство автомобильной дороги III категории в Припятском Полесье экономически эффективно, так как за 20 лет ее эксплуатации ЧДД составит 13 187,1 млн руб., капитальные вложения окупятся через 6 лет (в табл. 2 на седьмом году ЧДД уже положительны), ИД равен 2,45 млн руб.

Для выявления степени влияния величин, приведенных в табл. 2, на получение конечного результата произведем регрессионный анализ. Для этого величины  $\Delta C_t^{nep}$ ,  $\Delta C_t^{nac}$ ,  $\Delta C_t^{соу}$ ,  $\Xi_t$  и  $\alpha_t$  представим в виде факторов-признаков  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$ , а результирующий показатель ЧДД как  $Y_1$ .

Функция  $f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ , описывающая зависимость среднего значения результирующего признака  $Y$  от заданных значений аргументов, является *функцией (уравнением) регрессии* [4, с. 195].

Для зависимости  $Y_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$  исследуем линейную регрессионную зависимость вида

$$Y_1 = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5, \quad (12)$$

где  $a_0, \dots, a_5$  – коэффициенты полной линейной регрессии.

Коэффициенты исследуемой регрессионной зависимости определены с помощью надстройки MS Excel Анализ данных [5, с. 205] и приведены в табл. 3.

Таблица 2 – Расчет показателей экономической эффективности инвестиций (ЧДД, ИД)

В млн руб.

Год	$K_t$	$\Delta C_t^{nep}$	$\Delta C_t^{nac}$	$\Delta C_t^{соу}$	$\Xi_t$	$\alpha_t$	ЧДД	ИД
0	9159,0	-	-	-	-	1	-9159,0	-
1		860,1	598,8	149,7	1636,3	0,93	-7638,8	0,17
2		904,3	626,4	156,6	1714,9	0,86	-6165,4	0,33
3		946,7	646,2	161,6	1782,2	0,79	-4758,8	0,48
4		995,3	675,3	168,8	1867,1	0,74	-3378,4	0,63
5		1043,6	696,9	174,2	1942,4	0,68	-2058,7	0,77
6		1095,7	727,4	181,8	2032,6	0,63	-787,1	0,91
7		1150,7	758,7	189,7	2126,8	0,58	385,5	1,04
8		1206,3	782,7	195,7	2212,4	0,54	1549,3	1,17
9		1267,8	816,3	204,1	2315,9	0,50	2706,4	1,30
10		1330,7	850,5	212,6	2421,5	0,46	3819,5	1,42
11		1397,5	885,5	221,4	2532,1	0,43	4907,6	1,54
12		1467,8	921,9	230,5	2647,9	0,40	5933,2	1,65
13		1541,5	959,7	239,9	2768,8	0,37	6957,0	1,76
14		1618,2	998,5	249,6	2894,0	0,34	7940,4	1,88
15		1701,6	1046,9	261,7	3037,9	0,32	8912,0	1,99
16		1788,6	1088,8	272,2	3177,3	0,29	9832,9	2,09
17		1876,6	1131,6	282,9	3318,8	0,27	10728,5	2,19
18		1972,8	1184,7	296,2	3481,4	0,25	11594,5	2,28
19		2137,6	1231,4	321,9	3718,6	0,23	12449,4	2,37
20		2177,1	1287,6	321,9	3514,3	0,21	13187,1	2,45

Таблица 3 – Значения и характеристики коэффициентов полной линейной регрессии

Коэффициент	Значение	P-значение
$a_0$	2276,689	0,058262321
$a_1$	-1,40312	0,560917278
$a_2$	14,02877	0,000565271
$a_3$	-19,8897	0,045171604
$a_4$	1,757963	0,000605873
$a_5$	-18447,8	$1,0259 \times 10^{-16}$

Таким образом, получаем следующую регрессионную зависимость:

$$Y_1 = 2276,7 - 1,403X_1 + 14,029X_2 - 19,890X_3 + 1,758X_4 - 18447,8X_5. \quad (13)$$

Коэффициент детерминации для данной регрессии  $R = 0,999928$  показывает, что точность нашей модели отличная. Однако для доказательства достоверности модели необходимо проверить статистические характеристики вычисленных коэффициентов (так называемое P-значение), проверяющие гипотезу о равенстве параметров нулю. Если P-значение какого-то коэффициента меньше 0,05 (обычно принимается такой уровень значимости, соответствующий достоверности 95 %), то полученное значение считается достоверным. В нашем случае (см. табл. 3) явно выделяется коэффициент  $a_1$ , P-значение которого  $0,5609 > 0,05$ . Таким образом, наличие в модели фактора  $X_1$  требует дополнительной проверки.

Для проверки значимости фактора  $X_1$  исследуем линейную регрессионную зависимость без фактора  $X_1$ :

$$Y_1 = a_0 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5. \quad (14)$$

С помощью надстройки *MS Excel Анализ данных* [5, с. 211] определим коэффициенты исследуемой регрессионной зависимости (табл. 4).

 Таблица 4 – Значения и характеристики коэффициентов линейной регрессии без  $X_1$ 

Коэффициент	Значение	P-значение
$a_0$	2878,397505	$8,35961 \times 10^{-6}$
$a_1$	12,39985519	$8,95532 \times 10^{-7}$
$a_2$	-23,55853129	0,002437211
$a_3$	1,660663426	0,000311422
$a_4$	-18582,10891	$4,86969 \times 10^{-19}$

#### Список использованных источников

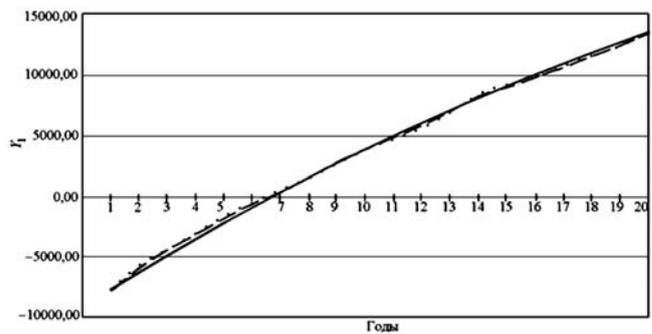
1. Непомнящий, Е. Г. Экономическая оценка инвестиций : учеб. пособие / Е. Г. Непомнящий. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2005. – 292 с.
2. Авсеенко, А. А. Экономическое обоснование решений при проектировании автомобильных дорог : метод. указания / А. А. Авсеенко, Н. П. Кикава. – М. : МАДИ (ГТУ), 2011. – 58 с.
3. Ахраменко, Г. В. Технично-экономическое обоснование проектов новых и реконструкции существующих автомобильных дорог : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г. В. Ахраменко, П. Г. Ахраменко; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2015. – 59 с.
4. Статистика : учебник / В. С. Мхитарян [и др.]; под ред. В. С. Мхитаряна. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2004. – 272 с.
5. Вуколов, Э. А. Основы статистического анализа : практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTIKA и EXCEL: учеб. пособие / Э. А. Вуколов. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 464 с.

21.01.2016

Таким образом, получаем следующую регрессионную зависимость:

$$Y_1 = 2878,40 + 12,400X_2 - 23,559X_3 + 1,661X_4 - 18582,1X_5. \quad (15)$$

Коэффициент детерминации для данной регрессии  $R = 0,999926$  показывает, что точность и этой модели отличная. Рисунок иллюстрирует полное совпадение исходных значений  $Y_1$  и рассмотренных регрессионных зависимостей.


 Рисунок – Приближение  $Y_1$  регрессионными зависимостями:

--- –  $Y_1$ ; --- – линейная полная; ..... – линейная без  $X_1$

Для исследуемой модели (см. табл. 4) P-значение всех вычисленных коэффициентов меньше 0,05. Таким образом, результат  $Y_1$  не зависит от фактора  $X_1$  и последняя регрессионная зависимость точно и достоверно моделирует зависимость результата  $Y_1$  от факторов  $X_2, X_3, X_4$  и  $X_5$ .

Расчеты, проведенные с использованием регрессионного анализа, показали, что экономическая эффективность строительства автомобильной дороги, определяемая по чистому дисконтированному доходу (ЧДД), в незначительной степени будет зависеть от экономии транспортных расходов ( $\Delta C_t^{nep}$ ), а значительная зависимость эффективности строительства новой автодороги будет определяться социально-экономическим эффектом ( $\Delta$ ), снижением потерь в социальной сфере ( $\Delta C_t^{cou}$ ), эффектом от сокращения времени пребывания в пути пассажиров ( $\Delta C_t^{nac}$ ).