



МЕТОДИ ЗА ИКОНОМИЧЕСКО СРАВНЕНИЕ НА АЛТЕРНАТИВНИ ВАРИАНТИ НА КОНСТРУКЦИИ НА ПЪТНИ НАСТИЛКИ

Христо Г. Стаменов
stamenovhg@abv.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков”
София, ул. “Гео Милев” №158,
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: пътни настилки, алтернативни варианти, икономическо сравнение

Резюме: В доклада са представени и разгледани основни методи за икономическо сравнение на алтернативни варианти на конструкции на пътни настилки. Те позволяват сравнение както на новопроектирани пътни настилки, така и при реконструкция на съществуващи. Разгледани са най-често използваните икономически и някои помощни инструменти, на които се базират основните методи или служат за подпомагане при вземането на решение при избора на вида на пътната конструкция.

ВЪВЕДЕНИЕ

Прилагането на анализите ползи-разходи при пътни проекти се извършва на две нива – на ниво пътна мрежа и на ниво проект. Целта на анализа на ниво проект е да се избере икономически най-изгодната проектна алтернатива. Основен инструмент за сравнение, възприет от множество пътни администрации е анализа на разходите през жизнения цикъл.

ИКОНОМИЧЕСКИ ИНСТРУМЕНТИ ЗА СРАВНЕНИЕ

Резултатите от анализа на разходите през жизнения цикъл могат да бъдат представени по няколко начина. Най-често използваните икономически инструменти са моделите: „настояща стойност“, „еквивалентни постоянни годишни разходи“ и „нетна настояща стойност“.

Общата характеристика на тези модели е възможността да се разгледат бъдещите потоци на разходите или на ползите.

Настоящата стойност е икономически модел чрез който бъдещи разходи иили ползи, настъпили в различни периоди от време се трансформират в настояща стойност. Настоящата стойност е сумата от всички разходи и ползи през живота на проекта, изразена в настоящи стойности. Тя съчетава настоящите разходи с дисконтираните бъдещи разходи за поддръжка, рехабилитация и остатъчна стойност. Бъдещите разходи се дисконтират за да се отчете стойността на парите във времето с помощта на фактор за осъвременяване на разходите и дисконтов процент. Анализът чрез настояща

стойност се ограничава до сравняване на алтернативи с равни периоди на анализ. Алтернативата с най-малка настояща стойност се счита от икономическа гледна точка за най-привлекателна.

Настоящата стойност, изразена по отношение само на разходите се изчислява по следното уравнение:

$$(1) TPWC_{x1,n} = (ICC)_{x1} + \sum_{(t=0/n)} pwf_{i,t} \cdot [(CC)_{x1,t} + (MO)_{x1,t} + (UC)_{x1,t}] - (SV)_{x1,n} \cdot pwf_{i,n},$$

където:

$TPWC_{x1,n}$ – обща настояща стойност на разходите за алтернатива x_1 , за период на анализ n години;

$(ICC)_{x1}$ – първоначални капиталови разходи за строителство на алтернатива x_1 ;

$(CC)_{x1,t}$ – капиталови разходи за строителство за алтернатива x_1 , в година t , където $t < n$;

$pwf_{i,t} = 1(1 + i)^t$ – фактор за осъвременяване на разходите за дисконтов процент i за t години;

i – дисконтов процент (коефициент за осъвременяване на разходите);

$(MO)_{x1,t}$ – сума от разходите за поддържане и експлоатация за алтернатива x_1 , в година t ;

$(UC)_{x1,t}$ – разходи на потребителите за алтернатива x_1 , в година t ;

$(SV)_{x1,n}$ – остатъчна стойност за алтернатива x_1 в края на проектния период от n години.

Основното приемане при анализа по настояща стойност е, че алтернативите са еднакви във всички отношения с изключение на разходите, но повечето алтернативни проекти на настилки имат различен живот. За да се преодолее това затруднение се приема, че алтернативата може да се разглежда като поредица от повтарящи се идентични работни дейности.

Този метод е пряко сравним с метода на еквивалентните постоянни годишни разходи, за сравними условия. Той разглежда само разходи, само ползи или и двете заедно. Възприет е в [1].

Методът на еквивалентните постоянни годишни разходи съчетава всички първоначални капиталови разходи и всички повтарящи се бъдещи разходи на равни годишни вноски за периода на анализа.

Изразява се с уравнението:

$$(2) AC_{x1n1} = crf_{x1} \cdot (ICC)_{x1} + (AAMO)_{x1} + (AAUC)_{x1} + crf_{i,n} \cdot (SV)_{x1,n},$$

където:

AC_{x1n1} – еквивалентни постоянни годишни разходи за алтернативата x_1 за срока на експлоатация или период на анализ от n години;

$crf_{i,n}$ – фактор на възвръщаемост на капитала за лихвен працент i и n години;

$(AAMO)_{x1}$ – средните годишни разходи за поддържане плюс експлоатационните разходи за алтернативата x_1 ;

$(AAUC)_{x1}$ – средните годишни разходи на потребителите за алтернативата x_1 .

Предимството на метода на еквивалентните годишни разходи е възможността за сравняване на алтернативи с различни експлоатационни животи.

Настоящата стойност на разходите се използва в метода на еквивалентните постоянни годишни разходи, когато преди края на анализирания период се появят допълнителни капиталови разходи, т.е. когато срока на експлоатация е по-малък от периода на анализ и е необходима бъдеща рехабилитация. Уравнението, отразяващо подобна ситуация има вида:

$$(3) AC_{x_1, n} = crf_{i, n} \cdot [(ICC)_{x_1} + R_1 \cdot pwf_{i, a_1} + R_2 \cdot pwf_{i, a_2} + R_j \cdot pwf_{i, a_j} + (AAMO)_{x_1} + (AAUC)_{x_1} + crf_{i, n} \cdot (SV)_{x_1, n}],$$

където:

$AC_{x_1, n}$ - еквивалентни постоянни годишни разходи за алтернативата x_1 , за период на анализ от n години;

R_1, R_2, \dots, R_j – разходи за първата, втората и т.н. рехабилитации;

a_1, a_2, \dots, a_j – времена, в които се извършват съответните рехабилитации.

Методът на настояща нетна стойност следва от гореизложените методи. Това е разликата между настоящата стойност на ползите и настоящата стойност на разходите. Нетната настояща стойност за настилки се изразява с уравнението:

$$(4) NPV_{x_1} = TPWB_{x_0, n} - TPWC_{x_1, n},$$

където:

NPV_{x_1} – нетна настояща стойност на алтернативата x_1 ;

$TPWB_{x_0, n}$ – пълната настояща стойност на ползите за алтернативата x_0 за период на анализ от n години;

$TPWC_{x_1, n}$ – обща настояща стойност на разходите за алтернативата x_0 за период на анализ от n години.

Методът на нетна настояща стойност може да се прилага само при сравнение на проекти на взаимноизключващи се алтернатива. Този метод е предпочитан за оценка на алтернативни проекти на настилки, когато са включени публични средства.

Методът на нетна настояща стойност има следните предимства, които го правят най-предпочитан за пътища:

- ползите и разходите на проекта са свързани и изразени като единична стойност;

- проекти с различен експлоатационен живот, както и в различен етап на развитие са пряко и лесно сравними;

- всички парични разходи и ползи се изразяват в съвременни условия;

- непаричните ползи или разходи могат да бъдат оценени субективно;

- резултатите се представят като обща печалба от проекта;

- методът е изчислително лесен и ясен.

Методът на нетна настояща стойност има следните недостатъци:

- не може да се приложи за единични алтернативи, при които ползите от тях не могат да бъдат оценени, а трябва всяка алтернатива да се сравнява с други алтернативи;

- резултатите, представени като единична сума понякога са трудно разбираеми, което може да доведе до възпиране на инвестиции в някои случаи.

МЕТОДИ ЗА ИКОНОМИЧЕСКО СРАВНЕНИЕ НА ВАРИАНТИ НА КОНСТРУКЦИИ НА ПЪТНИ НАСТИЛКИ

Анализа на разходите през жизнения цикъл е най-широко използвания метод за икономическо сравнение на алтернативни проекти на конструкции на пътни настилки. При него се вземат предвид голям брой значими разходи и ползи, които получават стойностно изражение.

Анализът на разходите през жизнения цикъл може да бъде разделен на първичен и вторичен. Първичният определя какъв набор от дейности трябва да бъде предприет – дали даден път трябва или не трябва да бъде построен или дали трябва да се правят някакви подобрения като цяло, при съществуващ инфраструктурен обект. Вторичният анализ служи за сравнение на алтернативи, които отговарят на условията на първичния анализ. Целта на това сравнение е да се избере алтернативата с най-добра стойност.

Анализът на разходите през жизнения цикъл за избор на вид конструкция на пътна настилка е вторичен анализ.

Анализът на разходите през жизнения цикъл позволява сравнения на инвестиционни алтернативи, които имат различни потоци на разходите. Той е формален систематичен подход за разглеждане на много фактори, които влияят върху вземането на инвестиционно решение при избора на настилка. Извършването му представлява математическо изчисление на потоците на очакваните разходи във времето.

Методиката за извършване на анализа на разходите през жизнения цикъл включва следните основни стъпки:

- проектиране на участъци с еквивалентни настипки – създаване на алтернативни проектни стратегии на настипки за периода на анализ;
- определяне на стратегии за поддръжка и рехабилитация (дейности и време), които трябва да бъдат приложени върху настипката през анализирания период;
- оценка на разходите на агенцията;
- оценка на разходите на потребителите (ползващите пътя);
- разработване на диаграми за потоците на разходите;
- изчисляване на разходите през жизнения цикъл (чрез използване на някои от гореизложените икономически модели);
- анализ на резултатите;
- преоценка на стратегиите.

Основните фактори, които влияят върху резултатите от анализа на разходите през жизнения цикъл за избор на тип настилка са:

- разходи на агенцията;
- разходи на потребителите (ползващите пътя);
- дисконтов процент;
- избор на рехабилитационни дейности;
- използване на сравними участъци;
- дължина на анализирания период.

В [3], [4], [5], [6] са предоставени подробни обяснения и описания на стъпките на методиката за извършване на анализа на разходите през жизнения цикъл, дефинирани са основните фактори, елементите на разходите на агенцията и разходите на потребителите, дадени са указания за избор на дисконтов процент и дължина на анализирания период.

Като цяло концепциите и принципите на анализа на разходите през жизнения цикъл са еднообразни, но практическото приложение на метода се различава значително. Различията в политиките и предпочитанията на пътните агенции водят до включване или изключване на различни фактори, различни периоди на анализ и методики за определяне на входните данни. Използват се различни компютърни програми за определяне на разходите през жизнения цикъл и се тълкуват по различен начин резултатите от анализа.

По отношение на риска и несигурността на точността при провеждане на анализа на разходите през жизнения цикъл може да се отбележи, че процедурата е детерминантна. При нея входните параметри, оценките и прогнозите имат точни стойности и се изчислява точна нетна настояща стойност. Това означава, че за всеки входен параметър се избират стойности с най-голяма вероятност да се проявят, базирани на данни от изминали периоди или професионален опит.

Променливостта на стойностите на даден входен параметър може да се отчете чрез детерминантен анализ на чувствителността, но при него не се отчита ефекта от

едновременната промяна на всички входни параметри. Освен това не се отчита вероятността дали дадена входна стойност ще се прояви.

Поради това е разработена нова концепция – вероятностен анализ на разходите през жизнения цикъл. При него чрез използване на възможностите на съвременните компютри за обработка и симулации се отчита едновременната промяна на входните параметри.

Като минимум се препоръчва да се извършва детерминантен анализ на разходите през жизнения цикъл с анализ на чувствителността на ключови променливи [6].

В [2] е препоръчана друга методика за сравнение и определяне на най-оптималния вариант на различни конструкции на пътни настилки.

Метод на относителните разходи за бетонни пътни настилки – разработен е след проучване проведено от АСРА на САЩ между изпълнители на бетонни настилки през 1995г. През 2010г. проучването е повторено с цел актуализация на резултатите. Разработен е референтен профил (виж фиг.1), отразяващ основните характеристики на текущите проекти. Оценяват се 9 проектни характеристики: дебелина на настилката, разстояние между фугите, дренажна система, вида на основата и подосновата, земното платно, използването на дюбели, вида на уплътнителите, банкетите и вида на текстурата на повърхността.



Фиг.1. Референтен профил от 2010г.

Работоспособността на бетонните настилки зависи от проекта, строителните технологии, материалите, спецификациите, контрола на качеството и дейностите по поддръжката. Възложителят избира основните проектни характеристики на база баланс на разходите и работоспособността с цел да се установи най-добрата стойност или да се оптимизира проекта. Най-добрата стойност може да бъде различна от най-ниската първоначална строителна цена и да се различава в зависимост от класа и функциите на пътя.

Собствениците на пътища трябва да балансират инфраструктурните нужди с настоящите и бъдещи бюджети. Проектите трябва да отразяват бъдещите нива на движението, а търговете за строителство се провеждат чрез конкурсна система за най-ниска оферта. Тези аспекти значително затрудняват избора на най-добра стойност. Метода на относителните разходи е разработен с цел да се подпомогнат собствениците при определяне на най-добрата стойност за стандартни проектни характеристики на пътната конструкция.

Особеност на метода е, че резултатите представляват само първоначалните разходи за строителство. Стойността на дадена проектна характеристика трябва да се оценява освен по първоначалните разходи за строителство и по въздействието върху работоспособността на настилката и нейната стойност през жизнения цикъл за периода на оценка. Също така метода не позволява взаимодействие между проектните

характеристики (например не се отчита възможността за намаляване на дебелината на покритието при използване на дюбели). Освен това относителните разходи са общи разходи за общи условия и са предназначени само за относителни сравнения. Те не са представителни действителни строителни разходи за конкретни местни условия.

Мултикриериалния анализ е инструмент, който се използва за подпомагане при вземане на решение за избор на пътна конструкция. Той служи като допълнение на анализа ползи-разходи или анализа на разходите през жизнения цикъл. Той представлява частичен анализ, отразяващ въздействия, които не могат или е трудно да бъдат остойностени. При анализа ползи-разходи се изисква всички въздействия да имат парично изражение, но това в повечето случаи е практически невъзможно. Понякога неостойностените въздействия могат да бъдат игнорирани, но ако не са, тогава при вземането на решение се използва мултикриериалния анализ, като чрез него се търси баланс между остойностени и неостойностени въздействия [8], [9].

При използване на метода се разработват критерии за оценка, които може да са за всеки конкретен проект. Всеки един от тези критерии притежава „тежест“, която се базира на неговата важност и влияние върху крайния резултат. Метода включва следните стъпки: определяне на тежест за всеки критерий така, че общата сума на тегловните коефициенти да бъде равна на 1-ца (или 100%); за всеки вариант се дава оценка (рейтинг), за всеки от критериите; за всеки вариант тежестта се умножава по рейтинга; определя се общата сума за всеки вариант.

Съществуват различни варианти на мултикриериалния метод. Опростен илюстративен пример е даден в табл.1.

Табл.1. Опростен илюстративен пример за мултикриериален анализ с използване на рейтинги

Критерии	Тежест	Варианти					
		1		2		3	
		Рейтинг	Резултат	Рейтинг	Резултат	Рейтинг	Резултат
Икономически най-изгоден	0,6(60%)	2	(0,6x2)=1,2	3	1,8	1	0,6
Минимална дебелина пътната конструкция	0,2(20%)	2	0,4	1	0,2	3	0,6
Минимизиран е на шума от движението	0,1(10%)	1	0,1	3	0,3	2	0,2
Минимизиран е на въздействието върху хората по време на строителството	0,1(10%)	1	0,1	2	0,2	2	0,2
Общо	1,0(100%)	-	1,8	-	2,5	-	1,6
Общ рейтинг	-	2	-	1	-	3	-

В този пример 3 е най-високия рейтинг. Въз основа на мултикриериалния анализ в примера ще бъде избран Вариант 2. [8]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съществуват много методи за икономическо сравнение на алтернативни варианти на конструкции на пътни настилки. Общото между тях е възможността да се разгледат бъдещите потоци на разходите или на разходите и ползите така, че алтернативните инвестиции да могат да бъдат сравнени.

Изборът на най-подходящ метод за икономическа оценка е приоритет на съответната пътна агенция при спазване на някои съображения: колко важен е първоначалният разход на капитал в сравнение с очакваните бъдещи разходи; включват ли се ползи в анализа; конкретиката на сравняваните проекти; нивото на разглежданите проекти.

Ползите от някакво предварително установено ниво на състояние на настилка (с изключение на остатъчната стойност) обикновено се приемат за равни за всички проектни алтернативи. Тогава целта на анализа е да се определи проектна алтернатива, която да отговаря на минималните изисквания за ефективност при най-малки разходи през жизнения цикъл. По същество всеки метод, който не разглежда разликата в ползите между алтернативите е непълен. Много често обаче, пътните агенции допускат, че ползите са равни и приемат резултатите за задоволителни.

Най-често използваният метод за сравнение на конкурентни алтернативни проекти е анализа на разходите през жизнения цикъл. При него се разглеждат всички съществени разходи и ползи през икономическия живот на всяка алтернатива. За определяне на разходите и ползите се използват икономическите модели: „настояща стойност“, „еквивалентни постоянни годишни разходи“ и „нетна настояща стойност“.

При избора на вида на конструкцията на пътната настилка могат да вземат участие и други фактори, които е трудно да бъдат остойностени. За да се отчете влиянието им се използват методи, които се явяват като допълнение на анализа и чрез които се подпомага процеса на вземане на решения.

Прилагането на икономическите анализи освен, че е средство за оценка на инвестициите, подпомага и разпределението им. В България почти не се извършват икономически сравнения с изключение на някои големи инфраструктурни проекти, за които се провежда анализ ползи-разходи на ниво пътна мрежа.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ръководство за оразмеряване на асфалтови настилки, ЦЛПМ, 2003
- [2] ВСН 197-91 Инструкция по проектированию жестких дорожных одежд, Москва, 1992
- [3] ОДМ 218.2.028-2012 Методические рекомендации по технико-экономическому сравнению вариантов дорожных одежд, Росавтодор, Москва 2013
- [4] Life Cycle Cost Analysis: A Guide for Comparing Alternate Pavement Designs, ACPA, 2002
- [5] AASHTO, “Guide for Design of Pavement Structures”, 1993
- [6] Guide for Mechanistic – Empirical Design, APNDIX C - Life Cycle Cost Analysis Guidelines, Final Report, NCHRP, March 2004
- [7] Larry Scofield, Relative Cost of Concrete Highway Features, Final Report, ACPA, 20120
- [8] Pavement Rehabilitation Manual, Chapter 6 – Comparison of Alternative Rehabilitation Strategies, Queensland Department of Transport and Main Road, April 2012
- [9] Nigel Rockliffe, Sarah Patrick, Dimitris Tsolakis, Guide to Project Evaluation Methodology, Part 2: Project Evaluation Methodology, Austroads 2012, ISBN 978 – 1 – 921991 – 54 - 7

METHODS FOR ECONOMIC COMPARISON OF ALTERNATIVE PAVEMENT

Hristo G. Stamenov
stamenovhg@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA

Key words: *pavements, alternatives, economic comparison*

Abstract: *The paper presents and examines the basic methods for economic comparison of alternative pavement structures. They make possible to compare both newly-designed pavements and existing ones under reconstruction. The analysis is focused on the most common economic instruments and supporting tools, which the main methods are based on or serve for decision aiding with selecting the type of road structure.*