

*Вдовин Е. А., канд. техн. наук, доц.,
Бирюлева Д. К., канд. техн. наук, ст. препод.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет*

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ СЕЛЬСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТА

dila899@mail.ru

В статье приведены основные экономические расчеты показателей эффективности вложений в строительство сельских автодорог по разработанным конструкциям дорожных одежд на основе местных материалов.

Одним из основных показателей при проектировании конструкций дорожных одежд являются технические характеристики полотна и экономия материалов. Для определения эффективности разработанных решений были установлены удельные показатели материалоемкости строительства автомобильных дорог.

Разработанные варианты конструкций дорожных покрытий с использованием местных инертных материалов в зависимости от технологий укладки позволят эффективно осваивать капитальные вложения в строительство сельских дорог и увеличить их протяженность по сравнению традиционными покрытиями.

Ключевые слова: конструкции дорожных одежд, технология с использованием профилировщика, технология с использованием фрезы, традиционные покрытия, материалоемкость, сметная стоимость строительства сельских автодорог, структура сметной стоимости автодорог, экономические расчеты, экономическая эффективность.

Состояние дорожной сети, отражает развитие социально-экономической сферы страны. В частности, в Республике Татарстан в рамках федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010 – 2015 годы)» выполняется подпрограмма «Соединение сельских населенных пунктов дорогами с твердым покрытием». Исполнение принятых программ для сельских автомобильных дорог [1], связано с разработкой конструкций дорожных одежд, в состав которых входят местные минеральные материалы, что позволит наряду с техническими задачами, решить и приоритетные направления по повышению транспортной доступности, социально-экономическому развитию сельских населенных пунктов, улучшению экологической ситуации и расширению номенклатуры сырьевой базы Республики Татарстан.

Разработанные варианты конструкций дорожных одежд с использованием местных грунтов, укрепленных цементом и модифицированных новым гидрофобизатором, представлены в таблице 1.

На основе разработанных вариантов конструкций дорожных одежд с использованием местных инертных материалов и технологии укладки были выполнены экономические расчеты. Стоимостные показатели устройства разработанных конструкций дорожных одежд для сельских автодорог с требуемым модулем упругости 150 МПа и 100 МПа представлены в таблице 2.

Сметная стоимость строительства является основным показателем при определении эффективности вложений и размера экономии.

Наименьшую сметную стоимость имеют варианты конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа (1-1-1, 1-1-2, 1-2-1, 1-2-2), представляющие собой однослойную конструкцию из укрепленных песка и супеси.

При требуемом модуле упругости 100 МПа наименьшую сметную стоимость имеют варианты дорожных одежд 5-1-1, 5-1-2, 5-2-1, 5-2-2, представляющие собой двухслойную конструкцию, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрытии слой из укрепленной супеси, песка.

Относительные показатели изменения сметной стоимости наиболее ярко отражают экономию сметной стоимости разработанных вариантов дорожных одежд.

Экономия сметной стоимости строительных работ по вариантам дорожных одежд определялась по показателю экономии сметной стоимости разработанных вариантов, приходящихся на 1 рубль сметной стоимости устройства традиционных дорожных одежд по следующей формуле:

$$Э_{смп} = \frac{С_{смп\text{трад}} - С_{смп\text{вар}}}{С_{смп\text{трад}}}, \text{ где}$$

$Э_{смп}$ – экономия сметной стоимости СМР, %;

Сс_{мр}_{вар} – сметная стоимость разработанных вариантов дорожных одежд, руб.;

Сс_{мр}_{трад} – сметная стоимость устройства традиционных дорожных одежд, руб.

Таблица 1

Разработанные конструкции дорожных одежд

При Е_{треб.} = 150 МПа		При Е_{треб.} = 100 МПа	
Вариант	Конструкция	Вариант	Конструкция
1-1-1/ 1-1-2	- Супесь укрепленная, E=500 МПа, h= 32 см	4-1-1/ 4-1-2	- Супесь укрепленная, E=500 МПа, h= 28 см
1-2-1/ 1-2-2	- Песок укрепленный, E=500 МПа, h= 32 см	4-2-1/ 4-2-2	- Песок укрепленный, E=500 МПа, h= 28 см
2-1-1/ 2-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси, E=500 МПа, h= 18 см -Основание из укрепленной супеси, E=250 МПа, h= 21 см	5-1-1/ 5-1-2	Покрытие из укрепленной супеси, E=500 МПа, h= 10 см -Основание из укрепленной супеси, E=250 МПа, h= 19 см
2-2-1/ 2-2-2	-Покрытие из укрепленного песка, E=500 МПа, h= 18 см -Основание из укрепленной супеси, E=250 МПа, h= 21 см	5-2-1/ 5-2-2	-Покрытие из укрепленного песка, E=500 МПа, h= 10 см -Основание из укрепленной супеси, E=250 МПа, h= 19 см
3-1-1/ 3-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси , E=500 МПа, h= 18 см -Основание из ПГС, E=180 МПа, h= 30см	6-1-1/ 6-1-2	-Покрытие из укрепленной супеси , E=500 МПа, h= 10 см -Основание из ПГС, E=180 МПа, h= 21см
3-2-1/ 3-2-2	-Покрытие из укрепленного песка , E=500 МПа, h= 18 см -Основание из ПГС, E=180 МПа, h= 30см	6-2-1/ 6-2-2	-Покрытие из укрепленного песка , E=500 МПа, h= 10 см -Основание из ПГС, E=180 МПа, h= 21см
7-1 (традиционная конструкция)	- Верхний слой покрытия из мелкозернистого плотного асфальтобетона тип Б. E= 3200 Мпа, h=4см - Нижний слой покрытия крупнозернистого высокопористого асфальтобетона. E= 2000 Мпа, h=6см. - Основание из щебня М800, с заклинкой. E=350 Мпа, h=20см. - Подстилающий слой из ПГС. E=180 МПа, h= 20см.	8-1 (традиционная конструкция)	- Покрытие из мелкозернистого плотного асфальтобетона тип Б. E= 3200 Мпа, h=4см - Основание из щебня М800, с заклинкой. E=350 Мпа, h=16см. - Подстилающий слой из ПГС. E=180 МПа, h= 20см.

Таблица 2

Показатели сметной стоимости строительства 1 км дорожной одежды в зависимости от конструкций и технологии производства работ

№ п/п	Варианты конструкций дорожной одежды	Сметная стоимость 1км дорожной одежды, с одиночной (*.-*1)/двойной (*.-*2) поверхностной обработкой, тыс. руб.	
		по технологии с использованием профилировщика	по технологии с использованием фрезы
Вариант конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа			
1	1-1-1/1-1-2	2860,087/3202,264	2328,654/2670,831
2	1-2-1/1-2-2	3318,493/3660,670	2787,166/3129,343
3	2-1-1/2-1-2	3100,824/3443,001	2450,907/2793,084
4	2-2-1/2-2-2	3358,739/3700,916	2708,820/3050,997
5	3-1-1/3-1-2	4155,022/4497,199	3855,115/4197,291
6	3-2-1/3-2-2	4412,921/4755,098	4113,028/4455,205
7	7-1 (традиционная конструкция)	7677,113	
Вариант конструкций дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа			
8	4-1-1/4-1-2	2541,971/2884,148	2078,626/2420,803
9	4-2-1/4-2-2	2943,069/3285,246	2479,824/2822,001
10	5-1-1/5-1-2	2333,303/2675,480	1855,864/2198,041
11	5-2-1/5-2-2	2476,573/2818,750	1999,150/2341,326
12	6-1-1/6-1-2	2655,319/2997,496	2491,629/2833,806
13	6-2-1/6-2-2	2798,590/3140,767	2634,914/2977,091
14	8-1 (традиционная конструкция)	5278,448	

Ряд разработанных вариантов конструкций дорожных одежд устраиваемых по технологии с использованием профилировщика и фрезы позволяют достичь экономии сметной стоимости строительства дорожных одежд более 50% .

Рациональное использование капитальных вложений в строительство сельских дорог в республике можно осуществить за счет разработанных эффективных составов материалов и конструкций дорожных одежд на их основе.

Предварительные расчеты показывают, что за счет полученной экономии от рационально запроектированной конструкции дорожной одежды можно увеличить потяженность строительства дорог при стоимостных показателях традиционных дорожных одежд:

- для конструкций с требуемым модулем упругости 150 МПа устраиваемых по технологии смешения в установке (с использованием профилировщика) в 1,6 - 2,6 раз в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 150 МПа устраиваемых по технологии смешения на дороге (с использова-

нием фрезы) в 1,7 - 3 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 100 МПа устраиваемых по технологии смешения в установке (с использованием профилировщика) в 1,6 - 2,2 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой;

- для конструкций с требуемым модулем упругости 100 МПа устраиваемых по технологии смешения на дороге (с использованием фрезы) в 1,7 – 2,8 раза в сравнении с традиционной дорожной одеждой.

Одним из показателей для оценки качества применяемых решений при разработке конструкций дорожных одежд является удельная материалоемкость. Для этого было проанализировано изменение структуры сметной стоимости вариантов традиционных и разработанных дорожных одежд. Использование местных материалов в разработанных составах должно значительно снизить материалоемкость и обеспечить эффективность применения конструкций дорожных одежд для строительства сельских дорог. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Изменение сметной стоимости материалов для разработанных конструкций по сравнению с традиционной дорожной одеждой при требуемом модуле упругости 150 и 100 МПа

Вариант	Сметная стоимость материалов для устройства дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа по технологии, тыс.руб		Вариант	Сметная стоимость материалов для устройства дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа по технологии, тыс.руб.	
	"профилировщик"	"фреза"		"профилировщик"	"фреза"
1-1-1	1 655, 15	1 417, 96	4-1-1	1 475, 45	1 268, 07
1-1-2	1 907, 3	1 670, 11	4-1-2	1 727,6	1 520, 22
1-2-1	2 043, 63	1 806, 53	4-2-1	1 815, 36	1 608, 07
1-2-2	2 295, 78	2 058, 69	4-2-2	2 067, 51	1 860, 22
2-1-1	1 702, 69	1 413, 08	5-1-1	1 278, 63	1 063, 79
2-1-2	1 954, 84	1 665, 23	5-1-2	1 530, 79	1 315, 94
2-2-1	1 921, 26	1 631, 65	5-2-1	1 400, 05	1 185, 22
2-2-2	2 17,3 41	1 883, 8	5-2-2	1 652, 20	1 437, 37
3-1-1	2 559, 82	2 426, 2	6-1-1	1 649, 27	1 575, 3
3-1-2	2 811, 97	2 678, 35	6-1-2	1 901, 42	1 827, 45
3-2-1	2 778, 38	2 644, 77	6-2-1	1 770, 69	1 696, 73
3-2-2	3 030, 53	2 896, 92	6-2-2	2 022, 84	1 948, 88
7-1	5 660, 12		8-1	3 813, 45	

Наиболее значимая статья затрат- это материалы, при чем доля материальной составляющей для дорожных одежд с модулем

упругости 150 МПа (100 МПа) традиционных дорожных одежд составляет 88% (87%).

Материалоемкость дорожных одежд ориентирует разработчиков новых конструкций снижать затраты за счет применения местных строительных материалов и введения эффективных добавок, позволяющих оптимизировать стоимость материалов при сохранении прочностных свойств конструкций.

Снижение материальных затрат, не зависимо от технологии строительства, имеют следующие варианты разработанных конструкций дорожных одежд (при требуемом модуле упругости 150 МПа): 1-1-1, 1-1-2, 2-2-1, 2-2-2. Данные конструкции представляют собой однослойную дорожную одежду из укрепленной супеси и двухслойную конструкцию, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрытии слой из укрепленного песка и супеси.

При требуемом модуле упругости 100 МПа наиболее экономичными, не зависимо от технологии строительства являются следующие варианты разработанных конструкций дорожных одежд: 5-1-1, 5-1-2, 5-2-1, 5-2-2. Данные конструкции представляют двухслойную дорожную

одежду, в основании которой лежит слой укрепленной супеси меньшей марки по прочности, в покрытии слой из укрепленной супеси, песка.

Для данных вариантов экономия затрат составила 71%-75% при требуемом модуле упругости 150 МПа, при 100МПа 61% - 72% .

Снижение сметной стоимости вариантов разработанных дорожных одежд связано с использованием как эффективных добавок, так и местных строительных материалов, о чем свидетельствуют повышение доли сметной стоимости местных материалов для устройства дорожных одежд (рис.1-2).

Наиболее экономичные варианты определены по относительному показателю эффективности вложений на 1 рубль затрат. Рост показателя указывает на увеличение эффективности вложений за счет снижения затрат, и соответственно уменьшение показателя - говорит о менее эффективном варианте конструкций из-за увеличения затратности варианта конструкций.

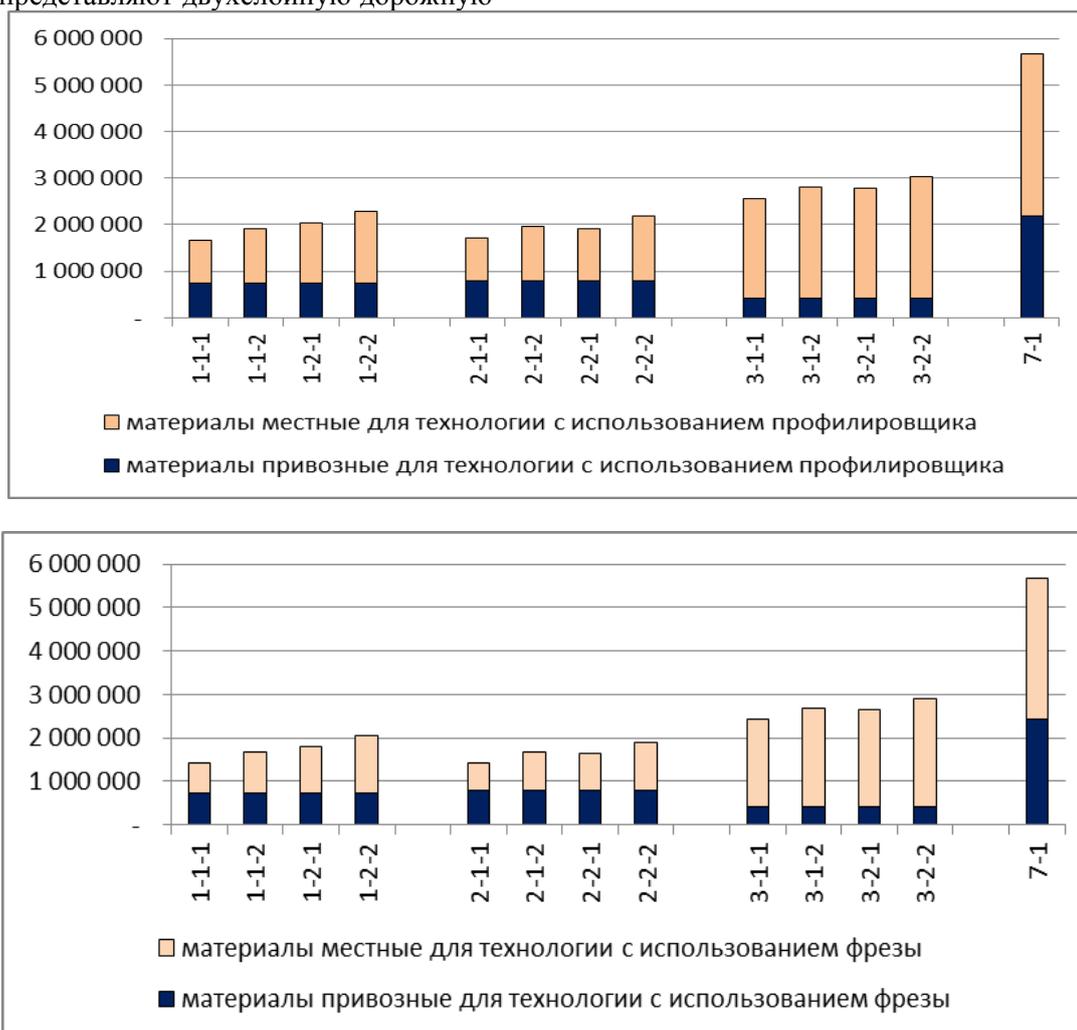


Рис. 1. Диаграмма изменения доли сметной стоимости местных и привозных материалов для устройства дорожных одежд с модулем упругости 150 МПа по технологии с использованием профилировщика и фрезы

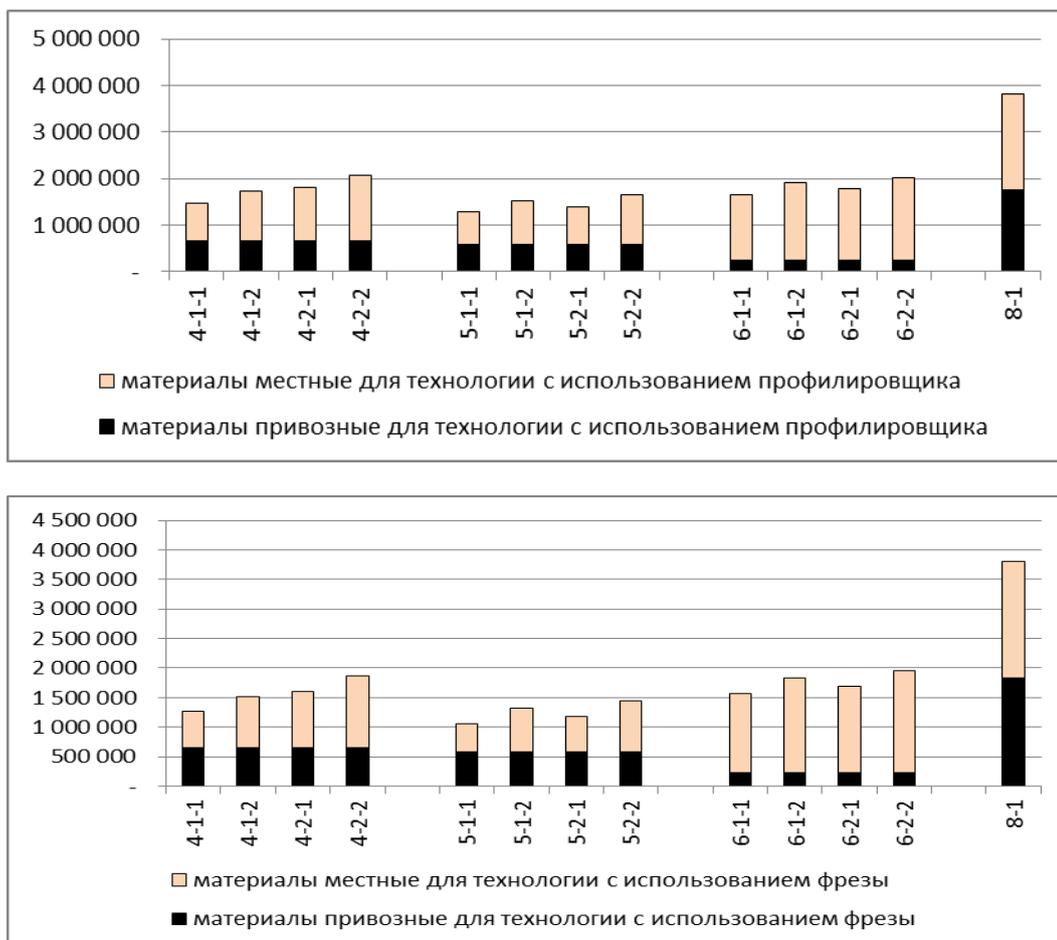


Рис. 2. Диаграмма изменения доли сметной стоимости местных и привозных материалов для устройства дорожных одежд с модулем упругости 100 МПа по технологии с использованием профилировщика и фрезы

Установлено, что для дорожных одежд с требуемым модулем упругости 150 МПа не зависимо от технологии работ, наибольшую экономическую эффективность имеет вариант конструкции 2-1-1, 2-1-2. Данная дорожная одежда представляет двухслойную конструкцию, которая состоит из основания – укрепленная супесь, E=250 МПа, h= 21 см и покрытия - укрепленная супесь, E=500 МПа, h= 18 см. При этом эффективность вложений возрастает с 1,06 до 1,22.

Для дорожных одежд с требуемым модулем упругости 100 МПа наибольшую экономическую эффективность имеет вариант конструкции 5-1-1, 5-1-2. Данная дорожная одежда представляет двухслойную конструкцию, которая состоит из основания – укрепленная супесь, E=250 МПа, h= 19 см и покрытия из укрепленная супесь, E=500 МПа, h= 10. При этом эффективность вложений возрастает с 1,07 до 1,22.

Проведенная экономическая оценка разработанных конструкций дорожных одежд с применением местных материалов показала, что

1. Экономия материальных затрат достигается за счет введения эффективных

добавок и применение местных строительных материалов. При этом наиболее экономичными, с точки зрения снижения материальных затрат, являются варианты (1-1-1, 2-1-1) конструкций дорожных одежд, выполненных по технологии с использованием профилировщика (фрезы) с модулем упругости 150 МПа. Для данных составов экономия материальных затрат составляет 71% (75%), 70% (75%). Для составов с модулем упругости 100 МПа - это варианты конструкций 4-1-1, 5-1-1, 5-2-1, где экономия затрат составляет соответственно 61% (67%), 66% (72%) и 63% (69%).

2. Одним из факторов снижения стоимости материалов является рост доли местных материалов для дорожных одежд. Для вариантов с модулем упругости 150 МПа доля местных материалов возрастает с 62% (для традиционной одежды) до 90% (для ряда разработанных составов), а для дорожных одежд с модулем упругости 100 МПа возрастает с 54% (для традиционной одежды) до 91% (для ряда разработанных составов).

3. Разработанные составы дорожных покрытий позволят увеличить потяженность

строительства дорог от 1,6 до 3 раз в сравнении с традиционными дорожными одеждами.

4. Разработанные конструкции дорожных покрытий для различных технологий позволят повысить эффективность вложений с 1,06 рублей на 1 рубль затрат до 1,22, а также определить наиболее экономичный вариант как по составу, так и по технологии производства работ для конкретного подрядчика и местных условий строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО 4800-001-57253637-2011 Проектирование сельских автомобильных дорог в Республике Татарстан
2. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации.
3. Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. Повышение качества укрепления грунтов введением гидрофобизирующих добавок // Известия КГАСУ 2012. №4(22). - С.373-379