



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**А. И. Грицук, С. А. Туманова, Т. З. Чаргазия, Д. И. Бородай, А. А. Стукалов**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: gritsuk.and.ig@gmail.com*

*Получена 14 апреля 2017; принята 05 мая 2017.*

**Аннотация.** Обоснована необходимость снижения затрат на строительство автомобильных дорог. Осуществлено сравнение технических и экономических параметров трех вариантов строительства дорожной одежды с использованием: а) отвалных золошлаковых смесей, б) песка и в) гравийно-песчаной смеси. Расчетом установлено, что с технической точки зрения возможна реализация всех рассмотренных вариантов строительства дорожного полотна независимо от технологии и стоимости строительства. Определено, что наибольшая экономия достигается при использовании отвалных золошлаковых смесей по сравнению с другими материалами. Строительство с применением отвалных золошлаковых смесей осуществляется без потерь прочности и устойчивости конструкции на всех этапах строительства, тем самым достигается поставленная цель исследования. Условие прочности прослеживалось путем расчета конструкции дорожной одежды на упругий прогиб.

**Ключевые слова:** отвальная золошлаковая смесь, экономия средств при строительстве, строительство автомобильных дорог.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛОШЛАКІВ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

**А. І. Грицук, С. О. Туманова, Т. З. Чаргазія, Д. І. Бородай, О. А. Стукалов**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: gritsuk.and.ig@gmail.com*

*Отримана 14 квітня 2017; прийнята 05 травня 2017.*

**Анотація.** Обґрунтовано необхідність зниження витрат на будівництво автомобільних доріг. Здійснено порівняння технічних та економічних параметрів трьох варіантів будівництва дорожнього одягу з використанням: а) відвальних золошлакових сумішей, б) піску і в) гравійно-піщаної суміші. Розрахунком встановлено, що з технічної точки зору можлива реалізація всіх розглянутих варіантів будівництва дорожнього полотна незалежно від технології та вартості будівництва. Визначено, що найбільша економія досягається при використанні відвальних золошлакових сумішей в порівнянні з іншими матеріалами. Будівництво із застосуванням відвальних золошлакових сумішей здійснюється без втрат міцності і стійкості конструкції на всіх етапах будівництва, тим самим досягається поставлена мета дослідження. Умова міцності простежувалася шляхом розрахунку конструкції дорожнього одягу на пружний прогин.

**Ключові слова:** відвальна золошлакова суміш, економія коштів при будівництві, будівництво автомобільних доріг.

## EFFICIENCY OF USE OF SLAG WASTE IN ROAD CONSTRUCTION

Andrey Gritsuk, Svetlana Tumanova, Tamara Chargazia, Denis Boroday, Aleksandr Stukalov

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeevka, DPR, 86123.*

*E-mail: gritsuk.and.ig@gmail.com*

*Received 14 April 2017; accepted 05 May 2017.*

**Abstract.** The necessity of lowering the costs for the construction of highways has been proved. The technical and economic parameters of the three variants of pavement construction are compared, using: a) ash-and-slag waste mixtures, b) sand and c) gravel-sand mixture. The calculation found that from a technical point of view, it is possible to implement all the considered options for the construction of the roadway, regardless of technology and construction costs. It is determined that the greatest savings are achieved when using ash-and-slag waste mixtures, in comparison with other materials. Construction, with the use of dump ash and slag mixtures, is carried out without loss of strength and structural stability at all stages of construction, thereby achieving the stated goal of the study. The condition of strength was traced by calculating the design of pavement for elastic deflection.

**Keywords:** dump ash and slag mixture, savings in construction, construction of highways.

### Актуальность

Как известно, автомобильные дороги – неотъемлемая часть инфраструктуры любого государства. Крылатая фраза «дороги – это кровеносные артерии государства» достаточно ярко подчеркивает их значимость для социально-экономического развития территории.

Автомобильные дороги – сложные, трудо- и капиталоемкие сооружения, но в то же время они могут быть рентабельными, о чём свидетельствует зарубежный опыт. Очевидно, что снижая затраты на строительство автомобильных дорог, инвестор получит большой эффект (экономический, ресурсный, социальный, экологический).

В связи с высокой капиталоемкостью автодорог инженеры-дорожники ищут возможные пути снижения стоимости строительства. Необходимость повышения эффективности проектирования автомобильных дорог требует снижения материалоемкости и стоимости строительства при одновременном достижении высоких транспортно-эксплуатационных характеристик. Автомобильная дорога, запроектированная в соответствии с нормами и стандартами, должна обеспечить безопасное передвижение автотранспорта с учетом расчетных скоростей не только одиночных автомобилей, но и большого объема автотранспортных потоков на всех участках без ущерба земляному полотну, дорожной одежде и искусственным сооружениям.

По статистике, стоимость строительства автомобильных дорог может варьироваться от 1,5 до 50,0 миллионов долларов США. Но современного человека интересует не только экономическая выгода от реализации проекта, но также социальная и экологическая её стороны. Новыми экономическими трендами являются: ресурсосбережение, энергоэффективность, безотходное производство, которые не могут обойти и дорожное хозяйство. Именно поэтому во время подбора варианта наиболее эффективного проектного решения предпочтение отдают не только наиболее экономически целесообразному варианту, но и тому, который может обеспечить высокий уровень удобства и безопасности движения автомобильного транспорта, экологической безопасности. В данных условиях актуальным является исследование эффективности применения золошлаковых материалов в дорожном строительстве.

### Анализ последних исследований

Вопросу экономической целесообразности строительства автомобильных дорог и их рентабельности было посвящено множество работ таких ученых, как Г. А. Федотов, П. И. Поспелов, М. Н. Шафоростова, А. Л. Хохлова, Л. И. Дворкин, А. С. Тимонин, А. С. Носков, С. А. Галич. Кроме того, в данном направлении исследования проводились крупными корпорациями, международными

агентствами и организациями: «D.ТЕК», «СО-ОБЩЕСТВО СОБ (социально ответственный бизнес)», PPV Knowledge Networks.

**Целью** данной статьи является обоснование преимуществ и экономической целесообразности использования золошлаковых материалов в дорожном строительстве.

### Основная часть

В первую очередь необходимо рассмотреть основные понятия, связанные с дорожным строительством. Так, автомобильная дорога – это комплекс высокоточных инженерных сооружений (путь сообщения), предназначенных для обеспечения круглогодичного, постоянного безопасного движения автомобильного потока с расчетной скоростью и нагрузкой независимо от погодных условий.

В свою очередь, дорожная одежда – это многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от автотранспортного средства и передающая её на грунт.

Золошлаки, образующиеся от сжигания угля на ТЭС, являются крупнотоннажными отходами. Золошлаковые материалы – ценное минеральное сырье, которое подразделяется на несколько основных типов:

- зола-уноса сухая;
- зола-уноса увлажненная;
- смесь золошлаковая;
- шлак топливный.

Для их транспортировки применяются системы гидрозолоудаления. В основном золошлаки транспортируются в виде пульпы низкой концентрации для размещения в гидрозолоотвалах, которые являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды при производстве энергии. Значительное количество шлаков и золы образуется при сжигании твердых топлив. В таблице 1 указано количество золы, образующейся при сжигании различных видов топлива.

Использование отходов теплоэлектростанций (ТЭС) имеет большое экономическое и экологическое значение, поскольку образуется существенный их объем, а создание и содержание отвалов требует значительных средств. За сутки работы ТЭС мощностью 1 млн кВт сжигает

10 000 т угля и выделяет 1 000 т шлака и золы. Ежегодно для захоронения такого количества шлаков при высоте захоронения 8 м требуется более 1 га площадей.

Несмотря на очевидные выгоды и перспективы широкого применения золошлаковых отходов, объем их использования в нашей стране не превышает 10 %.

По статистическим данным Главного управления статистики в Донецкой области, на начало 2009 года в регионе накопилось 794 млн тонн отходов, из которых свыше 70 % приходится на отходы угледобычи и углеобогащения, девятая часть – на известковые и известково-магниевого отходы, десятая часть – на золу и золошлаковые отходы [2]. Это служит постоянным источником загрязнения земли, воды и воздушного пространства. Годовые затраты на хранение и уничтожение отходов производства составили 157 млн грн.

Наилучшим вариантом экономии бюджетных средств, предотвращения загрязнения окружающей среды и отвращения ценных земельных ресурсов – это использовать золошлаковые материалы для производства строительных материалов, тем самым удешевлять производство и в строительстве, в частности строительстве автомобильных дорог.

Ценность золошлаковых материалов заключается в том, что их можно применять в производстве строительных материалов, таких как:

- цемент;
- бетоны (тяжелые, пористые);
- железобетонные изделия и конструкции;
- кирпич и легкие заполнители для бетона;
- асфальтобетонные смеси;
- теплоизоляции, абразивы и кровельные материалы.

**Таблица 1.** Выход золы при сжигании топлива

Наименование топлива	Образование золы, %
Бурый уголь	10–15
Каменный уголь	2–40
Антрацит	2–30
Торф	2–30
Дрова	0,50–1,50
Мазут	0,15–0,20
Сланцы	50–80

Если говорить о преимуществах использования золошлаков, то в первую очередь – это качественный заменитель природных материалов, морозостойкий, обладает вяжущими свойствами, соответствует нормам ДСТУ В.2.7-205:2009, ДСТУ Б В.2.7-211:2009. О значимости данного материала свидетельствует разработка специальных нормативных документов, позволяющих их широкое применение, в том числе и в дорожном строительстве. В мировой практике данный материал применяется для производства предметов бытового назначения (двери, кровати и т. д.).

Если же говорить о прямой экономии, то применение золошлаков позволяет не менее чем на 15–20 % снизить себестоимость производства и в среднем на 30 % снизить себестоимость работ по строительству автомобильных дорог.

**Реальный опыт применения золошлаков в дорожном строительстве свидетельствует о возможности экономии до 30 % средств.** Отвалыные золошлаковые смеси, шлаковый щебень и золунос наиболее эффективно можно использовать в дорожном строительстве, в частности для земляных работ.

- **Золы-выноса** можно использовать для сооружения земляного полотна, отсыпки насыпей и стабилизации грунтов, как медленно твердеющими, самостоятельное вяжущее или активную гидравлическую добавку.
- **Шлаковый щебень** может применяться для щебеночных оснований и в качестве запол-

нителя в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог.

- **Смесь золошлаковая:** для возведения насыпей земельного полотна – заменитель почвы 20–60 тыс. м<sup>3</sup> золошлаковых смесей на 1 км дороги; нижние слои основ в качестве дренирующих и морозозащитных слоев – заменитель щебне-песчаных смесей – 5–20 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км дороги.

Известно, что на строительство 1 км дороги в зависимости от ее категории и местных условий необходимо:

- от 6 до 60 тыс. м<sup>3</sup> почвы для сооружения земляного полотна;
- 1,5–6,0 тыс. м<sup>3</sup> песка для дренирующего и морозозащитного слоя;
- 0,8–5,4 тыс. м<sup>3</sup> щебня или грунта, укрепленного вяжущими материалами.

На рис. 1 приведена наглядная схема послойного строения дорожного полотна

Российский опыт применения золошлаков показывает, что золы сухого отбора можно использовать как:

- медленно твердеющее самостоятельное вяжущее для устройства оснований дорожных одежд из укрепленных грунтов и каменных материалов;
- активная гидравлическая добавка в сочетании с неорганическими вяжущими (цементом или известью) для устройства оснований;

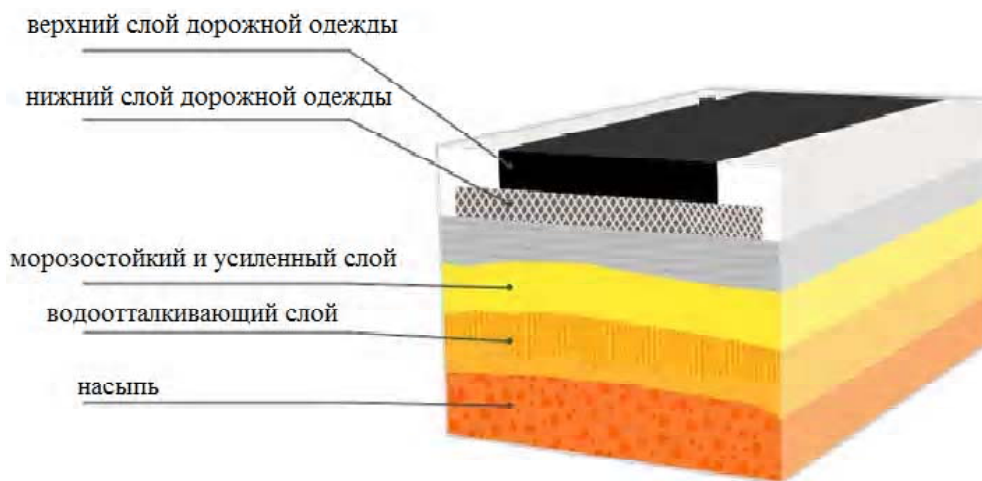


Рисунок 1. Схема строения дорожного полотна.

- активная гидравлическая добавка в сочетании с битумными или полимерно-битумными вяжущими;
- составная часть минерального порошка или для его замены при приготовлении асфальтобетонной смеси;
- добавка взамен части цемента и заполнителя при приготовлении тяжелого бетона и раствора.

Отвальные золошлаковые смеси гидроудаления можно использовать как:

- техногенный грунт для сооружения дорожных насыпей;
- материал, укрепленный цементом или другими вяжущими, для устройства оснований и дополнительных слоев дорожных одежд;
- малоактивная гидравлическая добавка к извести при приготовлении золоизвестковых вяжущих для укрепления грунтов и каменных материалов;
- взамен минерального порошка и частично песка при приготовлении асфальтобетона;
- заполнитель при приготовлении тяжелого песчаного бетона.

На примере данного расчета можно проследить признаки прямой экономии финансовых ресурсов разрабатываемого проекта с применением золошлаковых материалов по сравнению с традиционными строительными материалами.

Основная часть исследования состоит из сравнения трех типов возведения дорожного полотна.

На рис. 2 представлен вариант дорожной одежды с применением отвальной золошлаковой смеси.

Тип 1 предполагает следующий вариант конструкции дорожного полотна: верхний слой дорожной одежды (5 см) – асфальтобетон плотный; нижний слой дорожной одежды (8 см) – асфальтобетон пористый; морозостойкий и усиленный слой (8 см) – щебень черный; водоотталкивающий слой (16 см) – отвальная золошлаковая смесь.

Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды типа 1 приведен в таблице 2.

Исходя из приведенных в таблице 2 данных был рассчитан коэффициент прочности для данного типа дорожной одежды.

$$K_{\text{пр}} = E_{\text{общ}} / E_{\text{тр}} = 450 / 270 = 1,66 > 1,43.$$

По результатам расчета установлено, что условие прочности выполняется.

Важной составляющей сравнения типов дорожной одежды является определение их стоимости. Сводка затрат стоимости дорожной одежды типа 1 приведена в таблице 3.

В состав затрат стоимости дорожной одежды с применением золошлаков были включены материальные затраты, стоимость аренды строительной техники и затраты на оплату труда. Также были учтены общепроизводственные (130 % от заработной платы) и непроизводственные расходы (30 % от заработной платы). В результате расчетов установлено, что стоимость дорожной одежды с применением отвальной золошлаковой смеси составит 39,4 млн руб.

На рисунке 3 представлен вариант с применением песка средней крупности. Верхний слой дорожной одежды (5 см) – асфальтобетон плотный; нижний слой дорожной одежды (8 см) – асфальтобетон пористый; морозостойкий и усиленный

Тип 1. Вариант дорожной одежды с применением отвальных золошлаков

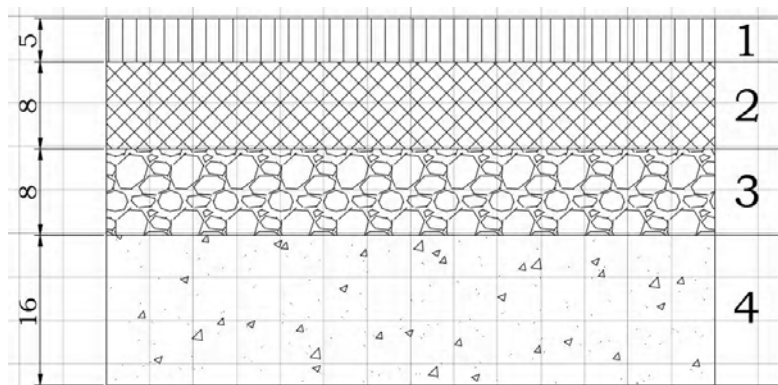


Рисунок 2. Вариант дорожной одежды тип 1.

Таблица 2. Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды типа 1

№ слоя	Материал слоя	$h_i$ , см	$h_i/D$	$E_i$ , Мпа	$E_{общ}/E_1$	$E_2/E_1$	$E_{общ}$ , Мпа
1	Асфальтобетон плотный на битуме БНД 60/90	5	0,15	3 200	0,08	0,06	258
2	Асфальтобетон пористый на битуме БНД 60/90	8	0,25	2 000	0,10	0,06	192
3	Щебень черный по способу заклинки ВСН 123-71	8	0,25	600	0,20	0,13	120
4	Отвальная золошлаковая смесь ТЭС	16	0,50	200	0,39	0,23	78
5	Суглинок тяжелый			46			

Таблица 3. Сводка затрат стоимости устройства дорожной одежды с применением золошлаковой смеси

№ п/п	Статьи затрат	Ед. изм.	Затраты на всю протяженность дороги, руб.		
			Кол. прод.	Стоимость, руб.	
				единицы	всего
1	<b>Основные материалы, в том числе:</b>				
1.1	Золошлак	м <sup>3</sup>	2 975,4	90,0	267 786,0
1.2	Щебень (методом заклинки)	м <sup>3</sup>	2 361,7	3 300,0	7 793 610,0
1.3	А/Б плотный	м <sup>3</sup>	2 655,5	3 370,0	8 948 933,9
1.4	А/Б пористый	м <sup>3</sup>	4 248,8	3 090,0	13 128 637,5
2	<b>Затраты на производство работ</b>				
2.1	Аренда машин	руб.			1 661 968,0
2.2	Основная зарплата производственных рабочих	руб.			2 538 795,6
2.3	Дополнительная зарплата	руб.			253 879,6
2.4	Отчисления на социальные мероприятия	руб.			781 949,0
2.5	Общепроизводственные расходы	руб.			3 300 434,3
2.6	Внепроизводственные расходы	руб.			761 638,7
3	<b>Итого затрат</b>	руб.			<b>39 437 632,6</b>

Тип 2. Вариант дорожной одежды с применением песка средней крупности

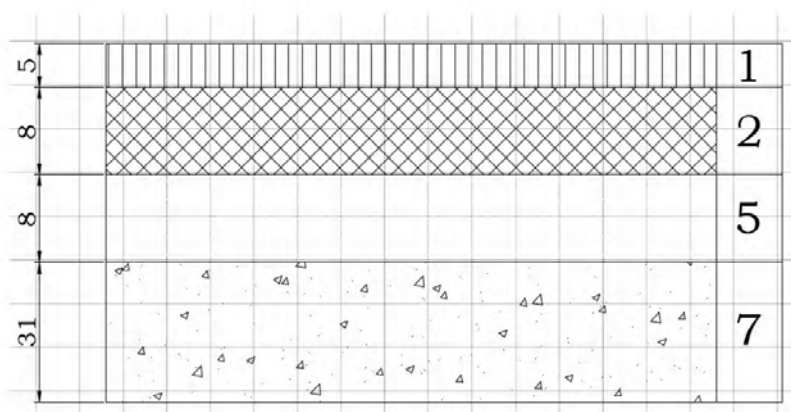


Рисунок 3. Вариант дорожной одежды тип 2.

слой (8 см) – щебень черный; водоотталкивающий слой (31 см) – песок средней крупности.

Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды типа 2 приведен в таблице 4.

Коэффициент прочности для данного типа дорожной одежды был рассчитан на основе приведенных в таблице 4 данных.

$$K_{\text{пр}} = E_{\text{общ}} / E_{\text{тр}} = 400 / 270 = 1,48 > 1,43.$$

Результаты расчета подтвердили выполнение условия прочности.

Сводка затрат стоимости дорожной одежды типа 2 приведена в таблице 5.

Алгоритм выполнения расчетов стоимости дорожной одежды аналогичен типу 2, отличается от предыдущего (тип 1) составом материалов дорожного полотна. В данном случае состав материалов изменился путем замены отвальной золошлаковой смеси на слой из песка средней крупности. Стоимость составила 41,2 млн руб.

На рис. 4 представлен вариант дорожной одежды с применением гравийно-песчаной смеси.

Верхний слой дорожной одежды (5 см) – асфальтобетон плотный; нижний слой дорожной одежды (8 см) – асфальтобетон пористый; морозостойкий и усиленный слой (8 см) – щебень черный; водоотталкивающий слой (15 см) – гравийно-песчаная смесь.

Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды типа 3 приведен в таблице 6.

Основой для расчета коэффициента прочности стали данные таблицы 6.

Коэффициент прочности для данного типа дорожной одежды был рассчитан на основе приведенных в таблице 6 данных.

$$K_{\text{пр}} = E_{\text{общ}} / E_{\text{тр}} = 400 / 270 = 1,48 > 1,43.$$

Результаты расчета подтвердили выполнение условия прочности.

Сводка затрат стоимости дорожной одежды типа 3 приведена в таблице 7. Отличие от предыдущих сводок затрат заключается в составе материалов, представленных гравийно-песчаной смесью.

Итоговая стоимость строительства дорожной одежды с применением гравийно-песчаной смеси составила 40,4 млн руб.

Таким образом, было установлено, что при прочих равных условиях стоимость дорожного полотна на основе отвальной золошлаковой смеси дешевле варианта с использованием песка на 0,7 млн руб. и гравийно-песчаной смеси на 1,0 млн руб.

### Заключение

В данных расчетах были рассмотрены три варианта дорожной одежды. Каждый из них был рассчитан согласно условию прочности и удовлетворяют его. Так как экономически целесообразно принимать наименее затратный проект – целесообразно принять вариант № 1 (с применением отвальной золошлаковой смеси ТЕС).

Зола как составляющая может применяться в различных направлениях строительства, начиная от производства строительных материалов и заканчивая возведением дополнительных слоев основания дорожной одежды (дренирующие и морозостойкие слои). Это доказывает факт того, что золошлак – универсальный материал, способный удешевлять строительство, не жертвуя прочностью или долговечностью конструкции.

**Таблица 4.** Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды тип 2

№ слоя	Материал слоя	$h_i$ , см	$h_i/D$	$E_i$ , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	$E_2/E_1$	$E_{\text{общ}}$ , Мпа
1	Асфальтобетон плотный на битуме БНД 60/90	5	0,15	3 200	0,08	0,06	258
2	Асфальтобетон пористый на битуме БНД 60/90	8	0,25	2 000	0,10	0,06	192
3	Щебень по способу пропитки вязким битумом	8	0,25	400	0,30	0,23	120
4	Песок средней крупности	31	0,95	150	0,61	0,31	92
5	Суглинок тяжелый			46			

Тип 3. Вариант дорожной одежды с применением гравийно-песчаной смеси

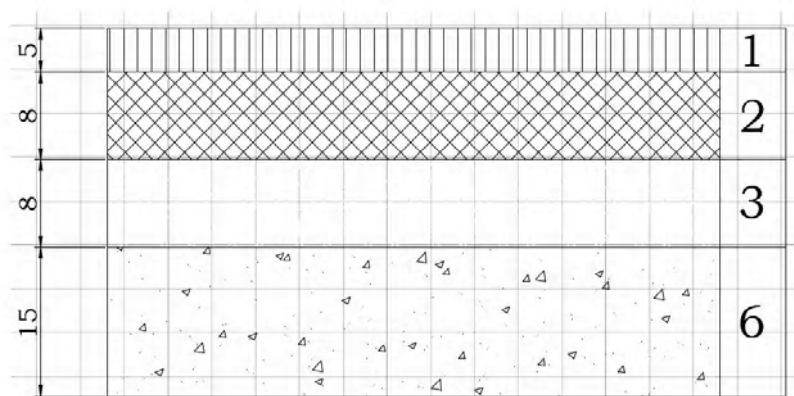


Рисунок 4. Вариант дорожной одежды тип 3.

Таблица 5. Сводка затрат стоимости устройства дорожной одежды с применением песка средней крупности

№ п/п	Статьи затрат	Ед. изм.	Затраты на всю протяженность дороги, руб.		
			Кол. прод.	Стоимость, руб.	
				единицы	всего
<b>1</b>	<b>Материалы дорожного полотна</b>				
1.1	Песок средней крупности	м <sup>3</sup>	8 791,3	230,0	2 021 999,0
1.2	Щебень/пропитки	м <sup>3</sup>	2 361,7	3 300,0	7 793 610,0
1.3	А/Б плотный	м <sup>3</sup>	2 655,5	3 370,0	8 948 933,9
1.4	А/Б пористый	м <sup>3</sup>	4 248,8	3 090,0	13 128 637,5
<b>2</b>	<b>Затраты на производство работ</b>				
2.1	Аренда машин	руб.			1 661 968,0
2.2	Основная зарплата производственных рабочих	руб.			2 538 795,6
2.3	Дополнительная зарплата	руб.			253 879,6
2.4	Отчисления на социальные мероприятия	руб.			781 949,0
2.5	Общепроизводственные расходы	руб.			3 300 434,3
2.6	Внепроизводственные расходы	руб.			761 638,7
<b>3</b>	<b>Итого затрат</b>	руб.			<b>41 191 845,6</b>

Таблица 6. Расчет на упругий прогиб конструкции дорожной одежды тип 3

№ слоя	Материал слоя	h <sub>i</sub> , см	h <sub>i</sub> /D	E <sub>1</sub> , Мпа	E <sub>общ</sub> /E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub> /E <sub>1</sub>	E <sub>общ</sub> , Мпа
1	Асфальтобетон плотный на битуме БНД 60/90	5	0,15	3 200	0,08	0,06	258
2	Асфальтобетон пористый на битуме БНД 60/90	8	0,25	2 000	0,10	0,06	192
3	Черный щебень по способу заклинки	8	0,25	600	0,20	0,13	120
4	Гравийно-песчаная смесь	15	0,47	180	0,43	0,26	78
5	Суглинок тяжелый			46			



Таблица 7. Сводка затрат стоимости устройства дорожной одежды с применением гравийно-песчаной смеси

№ п/п	Статьи затрат	Ед. изм.	Затраты на всю протяженность дороги, руб.		
			Кол. прод.	Стоимость, руб.	
				единицы	всего
<b>1</b>	<b>Основные материалы, в том числе:</b>				
1.1	Гравийно-песчаная смесь	м <sup>3</sup>	4 253,8	280,0	1 191 064,0
1.2	Щебень/заклинка	м <sup>3</sup>	2 361,7	3 300,0	7 793 610,0
1.3	А/Б плотный	м <sup>3</sup>	2 655,5	3 370,0	8 948 933,9
1.4	А/Б пористый	м <sup>3</sup>	4 248,8	3 090,0	13 128 637,5
<b>2</b>	<b>Затраты на производство</b>				
2.1	Аренда машин	руб.			1 661 968,0
2.2	Основная зарплата производственных рабочих	руб.			2 538 795,6
2.3	Дополнительная зарплата	руб.			253 879,6
2.4	Отчисления на социальные мероприятия	руб.			781 949,0
2.5	Общепроизводственные расходы	руб.			3 300 434,3
2.6	Внепроизводственные расходы	руб.			761 638,7
<b>3</b>	<b>Итого затрат</b>	руб.			<b>40 360 910,6</b>

## Литература

1. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.
2. Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник [Текст] / А. С. Тимонин. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с.
3. Носков, А. С. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба [Текст] / А. С. Носков, М. А. Савинкина, Л. Я. Анищенко. – Новосибирск : Изд-во ГПНТБ СО АН СССР, 1990. – 177 с.
4. Галич, С. А. Перспективы использования золошлаков ТЭС в качестве микроудобрения для почв [Текст] / С. А. Галич // Сотрудничество для решения проблемы отходов : Материалы 4-й Международной конференции. 31 января–1 февраля 2007 г., г. Харьков, Украина / Независимое агентство экологической информации. – Харьков : [б. и.], 2007. – С. 108–109.
5. Малинина, Л. А. Экологические и технологические аспекты развития строительства и производства строительных материалов в мире [Текст] / Л. А. Малинина, Ю. С. Волков, Я. А. Рекитар // БИНТИ. 2001. № 5. С. 24–29.
6. Попов, Н. А. Вяжущие вещества. Заполнители [Текст] / Н. А. Попов // Строительная индустрия : справ. рук. по гражданскому и пром. стр-ву : в 16 томах. Т. IV : Строительные материалы,

## References

1. Dvorkin, L. I.; Dvorkin, O. L. Construction materials from industry waste: educational handbook. Rostov-on-Don: Phoenix, 2007. 368 p. (in Russian)
2. Timonin, A. S. Engineering-ecological reference book. Kaluga: Publishing house N. Bochkareva, 2003. 1024 p. (in Russian)
3. Noskov, A. S.; Savinkina, M. A.; Anishchenko, L. Ya. Impact of thermal power plant on the environment and ways of decrease in the caused damage. Novosibirsk: Publishing House of the National Public Library for Science and Technology of the USSR Academy of Sciences, 1990. 177 p. (in Russian)
4. Galich, S. A. Prospects for using the ashes and slags of thermoelectric power plants as microfertilizer for soil. In: *Independent agency of ecological information. Cooperation for a solution of the problem of waste: materials of the fourth international conference, on January, 1, February, 31, 2007, Kharkiv, Ukraine*. Kharkiv, 2007, pp. 108–109. (in Russian)
5. Malinina, L. A.; Volkov, Yu. S.; Rekitar, Ya. A. Ecological and technological aspects of development of construction and production of construction materials in the world. In: *BINTI*, 2001, No. 5, pp. 24–29. (in Russian)
6. Popov, N. A. Binding materials. Fillers. In: *Popov, N. A. (Ed.) Construction industry: reference book on civil and industrial engineering: in 16 volumes Volume IV: Construction materials, the first part*. Moscow; Leningrad: Gosstroyizdat, 1934, pp. 58–62. (in Russian)

- часть 1 / Под ред. Н. А. Попова. – М. ; Л. : Госстройиздат, 1934. – С. 58–62.
7. Иванов, Н. А. Легкие бетоны на основе зол электростанций [Текст] / Н. А. Иванов. – М. : Стройиздат, 1972. – 214 с.
  8. Книгина, Г. Н. Микрокалориметрическая классификация зол ТЭС [Текст] / Г. Н. Книгина, М. В. Балахнин // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. 1976. № 4. С. 231–239.
  9. Безрук, В. М. Основные принципы укрепления грунтов золами уноса, применяемыми как самостоятельное вяжущее или с добавками других веществ [Текст] / В. М. Безрук // Труды СоюзДорНИИ. М., 1975. Вып. 82 : Применение полимерных материалов в дорожном строительстве. С. 4–16.
  10. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов [Текст]. – Введен впервые ; введ. 1995–01–01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 8 с.
  7. Ivanov, N. A. Light concrete on the basis of the ash of power plant. Moscow: Stroyizdat, 1972. 214 p. (in Russian)
  8. Knigina, G. N.; Balakhnin, M. V. Microcalorimetric classification of thermal power plant. In: *News of higher education institutions. Construction and architecture*, 1976, No. 4, pp. 231–239. (in Russian)
  9. Bezruk, V. M. The basic principles of strengthening of soil by ablation courses applied as independent binding or by additives of other substances. In: *Works of the union DORRDI*, 1975, Issue 82: Usage of polymeric materials in road construction, pp. 4–16. (in Russian)
  10. GOST 30108-94. Building materials and elements. Determination of specific activity of natural radioactive nuclei. Moscow: Standartinform, 2007. 8 p. (in Russian)

**Грицук Андрей Игоревич** – бакалавр кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эффективное использование строительных материалов и вторичных продуктов промышленной переработки в дорожном строительстве, экономическая целесообразность.

**Туманова Светлана Александровна** – бакалавр кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности в дорожном строительстве.

**Чаргазия Тамара Зурабовна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, экспертизы и управления недвижимостью ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: инвестиционные процессы в экономике города и их регулирование.

**Бородай Денис Игоревич** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений.

**Стукалов Александр Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев жестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

**Грицук Андрій Ігорович** – бакалавр кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ефективне використання будівельних матеріалів і вторинних продуктів промислової переробки в дорожньому будівництві, економічна доцільність

**Туманова Світлана Олександрівна** – бакалавр кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості в дорожньому будівництві.

**Чаргазія Тамара Зурабівна** – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, експертизи та управління нерухомістю ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інвестиційні процеси в економіці міста та їх регулювання.

**Бородай Денис Ігорович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд.

**Стукалов Александр Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

**Grytsuk Andrey** – Bachelor, Highways and Aerodromes Department, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interest: effective use of building materials and secondary products of industrial processing in road construction, economic feasibility.

**Tumanova Svetlana** – Bachelor, Highways and Aerodromes Department, Donbas National Academy of Construction and Architecture. Scientific interests: use of industrial wastes in road construction.

**Chargazia Tamara** – Ph.D. (Economics), Associate Professor; Economics of Expertise and Property Management Department, Donbas National Academy of Science and Architecture and Architecture Scientific interests: Investment processes in the economy of the city and their regulation.

**Boroday Denis** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions.

**Stukalov Aleksandr** – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receiving of technological and lasting road concretes for building of constructive layers of nonrigid road covers on the basis of modification of organic astringents.