

УДК 625.861:666.973

К. Т. Жантасов¹, О. Б. Дормешкин², В. Н. Босак², К. С. Досалиев¹¹Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова²Белорусский государственный технологический университет**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ КОРОБЧАТОГО ТИПА**

Активное развитие промышленности в Республике Казахстан обусловило накопление техногенных отходов, утилизация которых должна быть основана не только на соблюдении экологических критериев, но и быть экономически целесообразной. Одним из перспективных направлений использования техногенных отходов является их применение при строительстве автомобильных дорог.

В результате исследований различных видов техногенных отходов (электротермофосфорный шлак, отвалный фосфогипс, внутренние вскрышные породы угледобычи) установлено, что они могут быть использованы в качестве компонентов для дорожной одежды коробчатого типа. Разработанная дорожная одежда коробчатого типа содержит днище и боковые стенки коробки, выполненные из тонкослойного тощего бетона, в состав которого вводится 10–20 мас. % размолотого фосфорного шлака. На днище укладываются два грунтовых слоя из суглинка или супеси в смеси с вскрышными породами, отвальным фосфогипсом и песком. В рекомендуемый состав тощего бетона на 100 кг смеси входят: 11 кг цемента, 15 кг измельченного электротермофосфорного шлака, 66 кг щебня, 8 кг воды.

Ключевые слова: техногенные отходы, термофосфорный шлак, отвалный фосфогипс, внутренние вскрышные породы угледобычи, дорожная одежда коробчатого типа.

K. T. Zhantasov¹, O. B. Dormeshkin², V. N. Bosak², K. S. Dosaliev¹¹South Kazakhstan State University named after M. Ayezov²Belarusian State Technological University**USE OF TECHNOGENIC WASTES FOR BOX-TYPE ROAD SURFACING**

The active development of industry in the Republic of Kazakhstan caused the accumulation of technogenic wastes, the utilization of which should both comply with environmental criteria and be economically viable. The construction of highways is one of the promising areas for the use of technogenic wastes.

As a result of research using various kinds of technogenic wastes (electrothermophosphor slag, phosphogypsum, internal overburden rocks of coal mining), it has been established that they can be used as components for box-type road surfacing. The developed box-type road surfacing has the bottom and side walls made of thin-grained lean concrete, which contains 10–20% of ground phosphorus slag. Two soil layers made of loam or sandy loam mixed with internal overburden rocks, phosphogypsum and sand are laid on the bottom. The recommended composition of lean concrete per 100 kg of the mixture includes: 11 kg of cement, 15 kg of crushed electrothermophosphor slag, 66 kg of aggregate of crushed stone, 8 kg of water.

Key words: technogenic wastes, thermophosphoric slag, phosphogypsum, internal overburden rocks of coal mining, box-type road surfacing.

Введение. Одним из основных условий надежной эксплуатации земляного полотна и дорожной одежды автомобильной дороги является устойчивость грунта, которая в основном зависит от его плотности [1].

Снижение устойчивости грунта происходит из-за насыщения земляного полотна влагой. Земляное полотно и дорожная одежда увлажняются поверхностными водами, образующимися за счет выпадения осадков на поверхность земляного полотна, притока поверхностных вод с прилегающей к дороге местности и грунтовых вод по капиллярам, а также пленочного и

парообразного перемещения влаги. Сток воды с земляного полотна, испарение и просачивание воды из него в глубинные слои несколько снижают суммарное воздействие указанных источников увлажнения.

Сложные грунтовые, гидрогеологические и климатические условия Республики Казахстан требуют при строительстве современной автомагистрали создания земляного полотна, которое длительное время сможет сохранять несущую способность и безопасность эксплуатации [2, 3].

Широкое применение различных способов глубинного уплотнения и армирования грунтов

в дорожном строительстве имеют те или иные недостатки и ограничения, когда встает вопрос о ликвидации балластных углублений земляного полотна, характеризующегося началом оползневых сдвигов и движений основания дорожного покрытия, при снятии тепловых нагрузок температурных колебаний отрицательного и положительного значений [4–11].

Существуют несколько методов укрепления грунтов земляного полотна:

- замена грунта при проведении дорожно-строительных работ, не обладающего достаточной несущей способностью; для замены применяют грунт со стабильными свойствами: щебень, гравийно-песчаную смесь или грунт, обработанный вяжущими материалами;

- армирование геосеткой с прокладкой геотекстиля и несущего слоя из щебня. В этом случае за счет применения армированной геосетки создается эффект распределения нагрузки через «гибкую плиту», что позволяет снизить напряжения на нижележащее основание дорожного покрытия;

- стабилизация грунта вяжущими материалами, позволяющая обеспечить необходимые свойства грунтов и снижение его водонасыщения; в качестве вяжущих материалов применяют цемент, известь или различные смеси;

- пригрузка, служащая для предотвращения последующей осадки насыпи. Пригрузка проводится отсыпкой насыпи дополнительным слоем с выдерживанием грунта до завершения консолидации подстилающих слабых грунтов в течение нескольких месяцев;

- вертикальное дренирование, которое производится путем вдавливания вертикальных дренажных элементов в переувлажненный грунт. При вертикальном дренировании происходит снятие избыточного давления поровой воды, ее удаление из основания грунта, снижение продолжительности уплотнения связных грунтов и ускорение стадии осадки. Дренажными элементами служат геотекстильные ленты, геодрены или песчаные дрены;

- набивные сваи, применяемые для снятия нагрузки с насыпей при помощи щебневых колонок с одновременным вытеснением и уплотнением слабого грунта;

- набивные колонны из монолитного бетона, которые предназначены для снятия высоких нагрузок с насыпей при помощи буронабивных свай, одновременно вытесняющих и уплотняющих слабые грунты [2–11].

В ходе проектирования земляного полотна автомобильных дорог и для усиления существующего земляного полотна необходимо учитывать как прочностные характеристики местных грунтов, так и глубину их промерзания.

Так, при высоте насыпи из глинистых грунтов более 6 м целесообразно проведение проверочных расчетов прочности и устойчивости земляного полотна [4].

В настоящее время при прокладке автомобильных дорог в Республике Казахстан используются значительные количества суглинков и глинистых материалов галечного происхождения. Это зачастую приводит к сооружению земляного полотна из грунтов с повышенной влажностью или из отдаленных карьеров, вызывая нарушение ландшафта местности и повышение стоимости земляного полотна.

В то же время в различных отраслях экономики страны накопилось значительное количество отходов фосфорной и угледобывающей промышленности, нарушающее экологическую обстановку и занимающее значительные площади под их хранение. Эти технологические отходы являются хорошим сырьем для создания дорожной одежды, позволяя улучшить водно-тепловой режим при эксплуатации автомобильной дороги.

К этим материалам для дорожного строительства можно отнести фосфогипс и фосфорный шлак, образующиеся при производстве экстракционной фосфорной кислоты и желтого фосфора, а также внутренние вскрышные породы угледобычи, содержащие в своем составе алюмосиликаты и кальцийсодержащие соединения [2, 3, 12–16]. В частности, в Республике Беларусь имеется опыт успешной эксплуатации автомобильных дорог с использованием в составе земляного полотна отвального фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» (дорога Гомель – Добруш).

Целью исследований являлось изучение возможности применения отвального фосфогипса, фосфорного шлака и отходов угледобычи для создания сборной дорожной одежды коробчатого типа.

Основная часть. Исследования по уплотнению грунтов земляного полотна и дорожного покрытия автомобильной дороги, ослабленного балластовыми углублениями, являются достаточно актуальными, требующими комплексного подхода не только в строительстве автомобильных дорог, но и в рациональном использовании строительных и материальных средств с одновременным решением экологических проблем промышленных регионов [12–16].

Одним из приоритетных направлений является совершенствование методов уплотнения земляного полотна и покрытия дорожной одежды с применением техногенных отходов различных производств, которые позволят производить проектирование и усиление эксплуатируемого инженерного сооружения за счет

стабилизации водно-теплого режима конструкции без ограничения движения, а также рационального использования природных ресурсов с сохранением ландшафта местности.

Использование техногенных отходов в дорожной одежде позволит улучшить:

1) шихтовые смеси для дорожного полотна и покрытия автомобильной трассы из техногенных отходов различных производств;

2) водно-тепловой режим и баланс за счет промерзания и пучения дорожного полотна и покрытия автомобильной трассы;

3) физико-химические свойства полотна основания дорожной одежды и прочностные характеристики дорожной одежды коробчатого типа;

4) технологию переработки техногенных отходов различных производств для создания дорожного покрытия, снижающих или исключаящих их деформацию и разрушение дорожного полотна за счет повышения прочности и морозоустойчивости дорожной одежды автомобильной трассы;

5) принципы создания структуры геотехногенных массивов и стабилизации земляного полотна нижнего слоя дорожной одежды автомобильной трассы в сложных инженерно-технических условиях [2, 3].

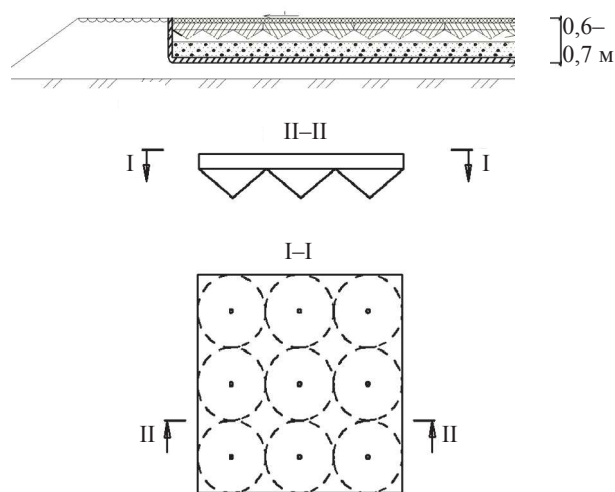
В ходе исследований проведен отбор и оценка проб внутренних вскрышных пород, образовавшихся при добыче бурых углей Ленгерского месторождения, отвального отмытого фосфогипса ТФ ТОО «Казфосфат» (Завод минеральных удобрений) и электротермофосфорного шлака (Ново-Джамбульский фосфорный завод).

Анализ химического состава техногенных отходов производства показал, что они могут быть использованы в качестве компонентов для производства дорожной одежды коробчатого типа (таблица).

Основной химический состав техногенных отходов производства

Материал	Среднее содержание, мас. %		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Щебень	56,5	15,8	9,8
Шлак	40,6	3,9	0,4
Фосфогипс	–	0,1	–
Вскрышные породы	21,7	13,5	9,3
Материал	Среднее содержание, мас. %		
	CaO	MgO	SO ₃
Щебень	14,0	4,8	–
Шлак	41,6	2,9	–
Фосфогипс	54,5	31,8	54,5
Вскрышные породы	1,8	1,8	–

Дорожная одежда автомобильных дорог коробчатого типа состоит из покрытия с применением железобетонных плит и подстилающих слоев, содержит днище и боковые стенки коробки, выполненные из тонкослойного тощего бетона, в состав которого вводится 10–20 мас. % размолотого фосфорного шлака (рисунок). На днище выстилаются два грунтовых слоя из суглинка или супеси в смеси с внутренними вскрышными породами, фосфогипсом и песком. На них укладываются бетонные плиты, нижняя поверхность которых выполнена в виде остrokонечных конусообразных элементов. Верхняя поверхность плит при необходимости покрывается амортизирующим слоем из асфальтобетона.



Дорожная одежда коробчатого типа

В рекомендуемый состав тощего бетона на 100 кг смеси вводят 11 кг цемента, измельченный электротермофосфорный шлак (шлак фосфорного производства) в количестве 15 кг, 66 кг заполнителя щебня и 8 кг воды.

Полученная смесь тщательно перемешивается и закладывается в опалубки боковых стенок дорожной одежды [17].

Заключение. Использование техногенных отходов производства в различных отраслях экономики следует обосновывать по экономическим и экологическим показателям.

Одним из перспективных направлений применения техногенных отходов производства является их использование при строительстве автомобильных дорог.

В результате исследований установлено, что электротермофосфорный шлак гранулированный, отвальный фосфогипс из шламохранилища и вскрышные породы угледобычи, которые являются техногенными отходами, могут быть использованы в качестве компонентов для дорожной одежды коробчатого типа.

Разработанная дорожная одежда коробчатого типа содержит днище и боковые стенки коробки, выполненные из тонкослойного тощего бетона, в состав которого добавляется 10–20 мас. % размолотого фосфорного шлака. На днище укладываются два грунтовых слоя из суглинка

или супеси в смеси с внутренними вскрышными породами, фосфогипсом и песком. В рекомендуемый состав тощего бетона на 100 кг смеси вводят 11 кг цемента, 15 кг измельченного электротермофосфорного шлака (шлак фосфорного производства), 66 кг щебня, 8 кг воды.

Литература

1. Крицкий М. Я., Шестаков В. Н. Земляное полотно автомобильных дорог: дефекты, повреждения и разрушения, их причины, методы профилактики и восстановления. Омск: СибАДИ, 2008. 56 с.
2. Мероприятия по улучшению состава дорожной насыпи для безопасности жизнедеятельности в эксплуатации / К. Т. Жантасов [и др.] // Вестник Евразийского национального университета. 2016. № 2. С. 187–190.
3. Причины, снижающие устойчивость земляного полотна автомобильной дороги / К. Т. Жантасов [и др.] // Вестник Евразийского национального университета. 2016. № 2. С. 191–194.
4. Алинова М. Ш., Прокопенко Н. В. Опыт учета физических требований к конструкциям земляного полотна // Вестник Павлодарского государственного университета. 2010. № 4. С. 93–115.
5. Богомоллов А. Н. Оценка напряженно-деформированного состояния, величины коэффициента устойчивости и сил оползневой давлению в однородном изотропном откосе с целью управления оползневыми процессами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 10. С. 74–80.
6. Возведение земляного полотна автомобильной дороги / И. Н. Вербило [и др.]. Минск: БНТУ, 2014. 48 с.
7. Кравченко С. Е., Сериков Д. Л. Низкотемпературные напряжения как критерий влияния компонентов асфальтобетонной смеси на трещиностойкость асфальтобетонных покрытий // Автомобильные дороги и мосты. 2010. № 2. С. 70–77.
8. Кручинин И. Н., Дедюхин А. Ю. Улучшение деформационных характеристик асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Пермь: ПНИПУ, 2016. С. 280–282.
9. Сериков Д. Л., Кравченко С. Е., Макаревич А. А. Определение влияния основных параметров конструктивных слоев дорожных слоев на отраженное трещинообразование асфальтобетонных покрытий // Автомобильные дороги и мосты. 2013. № 1. С. 37–41.
10. Тимофеев С. А., Кравченко С. Е. Новые требования к качеству пористых асфальтобетонов // Автомобильные дороги и мосты. 2014. № 1. С. 28–31.
11. Юшков В. С. Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог // Молодой ученый. 2011. № 12. С. 67–69.
12. Иванов Е. В. Обзор нормативно-методических документов, касающихся использования золошлаковых отходов ТЭС в дорожном строительстве // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования. Омск: СибАДИ, 2009. С. 176–180.
13. Сиротюк В. В. Стандартизация и перспективы использования золошлаков энергетики для дорожного строительства в России // Золошлаки ТЭС: удаление, транспортировка, переработка и складирование. М.: МЭИ, 2010. С. 58–59.
14. Столбушкин А. Ю., Стороженко Г. И., Никитин А. И. Рациональное использование отходов углеобогащения Кузбасса // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. Кемерово: Экспо-Сибирь, 2011. С. 397–399.
15. Чудинов С. А., Кукарских Д. Н. Современные добавки для производства дорожных цементобетонных смесей // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Екатеринбург: УГЛУ, 2016. С. 114–117.
16. Шаров А. Ю., Чигорин С. М. Зарубежный опыт строительства асфальтобетонных покрытий // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Екатеринбург: УГЛУ, 2016. С. 153–155.
17. Дорожная одежда коробчатого типа: заявка на полезную модель / К. Т. Жантасов [и др.]. Астана: Национальный институт интеллектуальной собственности, 2016. 4 с.

References

1. Kritskiy M. Ya., Shestakov V. N. *Zemlyanoye polотно avtomobil'nykh dorog: defekty, povrezhdeniya i razrusheniya, ikh prichiny, metody profilaktiki i vosstanovleniya* [Roadbed of highways: defects, damages and destructions, their causes, methods of prevention and recovery]. Omsk, SibADI Publ., 2008. 56 p.

2. Zhantasov K. T., Moldabekov Sh. M., Naukenova A. S., Dosaliyev K. S., Bosak V. N. Measures to improve the road embankment composition for life safety in operation. *Vestnik Evraziyskogo natsional'nogo universiteta* [Herald of Eurasian National University], 2016, no. 2, pp. 187–190 (In Russian).
3. Zhantasov K. T., Moldabekov Sh. M., Naukenova A. S., Dosaliyev K. S., Bosak V. N. Reasons for reduction of the stability of roadbed. *Vestnik Evraziyskogo natsional'nogo universiteta* [Herald of Eurasian National University], 2016, no. 2, pp. 191–194 (In Russian).
4. Alinova M. Sh., Prokopenko N. V. Experience in incorporation of physical requirements for the construction of roadbed. *Vestnik Pavlodarskogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald of Pavlodar State University], 2010, no. 4, pp. 93–115 (In Russian).
5. Bogomolov A. N. Estimation of the stress-strain state, the value of the stability factor and landslide pressure forces in a homogeneous isotropic slope for the purpose of controlling landslide processes. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Herald of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering], 2008, no. 10, pp. 74–80 (In Russian).
6. Verbilo I. N., Kravchenko S. E., Kupriyanchik A. A., Derman I. V., Rakovets L. D. *Vozvedeniye zemlyanogo polotna avtomobil'noy dorogi* [Construction of the roadbed of the highway]. Minsk, BNTU Publ., 2014. 48 p.
7. Kravchenko S. E., Serikov D. L. Low-temperature stress as criterion of asphalt mix components impact on crack resistance of asphalt cover. *Avtomobil'nyye dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2010, no. 2, pp. 70–77 (In Russian).
8. Kruchinin I. N., Dedyukhin A. Yu. Improvement of deformation characteristics of asphalt-concrete road surface coatings. *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse* [Modernization and scientific researches in transport complex]. Perm, PNIPU Publ., 2016, pp. 280–282 (In Russian).
9. Serikov D. L., Kravchenko S. E., Mararevich A. A. Determination of impact of critical parameters of structural layers of roadway covering on reflective cracking of asphalt concrete pavement. *Avtomobil'nyye dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2013, no. 1, pp. 37–41 (In Russian).
10. Timofeev S. A., Kravchenko S. E. New requirements for the quality of porous asphalt concrete. *Avtomobil'nyye dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2014, no. 1, pp. 28–31 (In Russian).
11. Yushkov V. S. Diagnosis and assessment of highways conditions. *Molodoy uchenyy* [The young scientist], 2011, no. 12, pp. 67–69 (In Russian).
12. Ivanov E. V. Review of normative and methodological documents related to the use of ash and slag wastes of thermal power plants in road construction. *Razvitiye dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noy infrastruktury na osnove ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* [Development of a road transport complex and a construction infrastructure based on rational nature management]. Omsk, SibADI Publ., 2009, pp. 176–180 (In Russian).
13. Sirotyuk V. V. Standardization and perspectives of use of ash and slag energy for road construction in Russia. *Zoloshlaki TES: udaleniye, transportirovka, pererabotka i skladirovaniye* [Ash and slag of TPP: removal, transportation, processing and storage]. Moscow, MEI Publ., 2010, pp. 58–59 (In Russian).
14. Stolbushkin A. Yu., Storozhenko G. I., Nikitin A. I. Rational use of coal wastes of Kuzbass. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii. Novyye podkhody k razvitiyu ugol'noy promyshlennosti* [Power safety of Russia. New approaches to the coal industry development]. Kemerovo, Ekspo-Sibir' Publ., 2011, pp. 397–399 (In Russian).
15. Chudinov S. A., Kukarskikh D. N. Modern additives for the production of road cement-concrete mixtures. *Nauchnoye tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii* [Scientific creativity of youth for the forestry complex of Russia]. Ekaterinburg, UGLU Publ., 2016, pp. 114–117 (In Russian).
16. Sharov A. Yu., Chigorin S. M. Foreign experience in the construction of asphalt concrete coatings. *Nauchnoye tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii* [Scientific creativity of youth for the forestry complex of Russia]. Ekaterinburg, UGLU Publ., 2016, pp. 153–155 (In Russian).
17. Zhantasov K. T., Bosak V. N., Usenkulov Zh. A., Naukenova A. S., Dosaliyev K. S., Zhantasov M. K. *Dorozhnaya odezhda korobchatogo tipa: zayavka na poleznuyu model'* [Box-type road surfacing: application for utility model]. Astana, Natsional'nyy institut intellektual'noy sobstvennosti Publ., 2016. 4 p.

Информация об авторах

Жантасов Курманбек Тажмаханбетович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова (160012, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5, Республика Казахстан). E-mail: K_Zhantasov@mail.ru

Дормешкин Олег Борисович – доктор технических наук, доцент, проректор по научной работе. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Dormeshkin@yandex.ru

Босак Виктор Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bosak1@tut.by

Досалиев Канат Серикович – докторант кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова (160012, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5, Республика Казахстан). E-mail: dosaliev_k@mail.ru

Information about the authors

Zhantasov Kurmanbek Tazhmakhanbetovich – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Safety of Ability to Live and Environment Protection. South Kazakhstan State University named after M. Ayezov (5, Tauke Khan Ave., 160012, Shymkent, Republic of Kazakhstan). E-mail: K_Zhantasov@mail.ru

Dormeshkin Oleg Borisovich – DSc (Engineering), Associate Professor, Vice-Rector for Research. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Dormeshkin@yandex.ru

Bosak Viktor Nikolaevich – DSc (Agriculture), Professor, Head of the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bosak1@tut.by

Dosaliev Kanat Serikovich – post-doctoral student, the Department of Safety of Ability to Live and Environment Protection. South Kazakhstan State University named after M. Ayezov (5, Tauke Khan Ave., 160012, Shymkent, Republic of Kazakhstan). E-mail: dosaliev_k@mail.ru

Поступила 17.05.2017