

УДК 574:502.13

# ПРАКТИЧЕСКИЙ ИМПАКТ СТРУКТУРЫ АВТОДОРОЖНОЙ СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯНОЕ ПОКРЫТИЕ – АСФАЛЬТОБЕТОН» НА ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ, ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Жакипбаев Б.Е.**

*PhD, ассоциированный профессор, главный научный сотрудник  
Инженерно-технологического хаба, профессор кафедры «Нефтяное и  
строительное производство» Учреждение «Университет дружбы народов имени  
академика А. Куатбекова»  
bibol.ye.zhakipbayev@mail.ru*

**Досалиев Қ.С.**

*PhD, Заведующий кафедрой «Промышленное, гражданское и дорожное  
строительство» НАО «Южно-Казахстанский университете имени М. Ауэзова»*

## АННОТАЦИЯ

Одним из приоритетных направлений, является совершенствование методов уплотнения земляного полотна и покрытия дорожной одежды, с применением техногенных отходов различных производств. Это позволяет производить проектирование и усиление эксплуатируемого инженерного сооружения за счет стабилизации водно-теплого режима конструкции, без ограничения движения и ликвидации балластных углублений дорожного полотна, рационально использовать природные ресурсы, с сохранением ландшафта местности. Практическое применение решаемых вопросов требует комплексного и рационального использования вторичных материально-сырьевых ресурсов и отходов различных производств. К настоящему времени доля их использования составляет около 3-5%, вместо расчетных значений в

общем показателе 25-30% в объеме сырья. Поэтому, в период индустриально-инновационного развития, вопросы рационального и комплексного использования отходов различных отраслей, с улучшением качества подстилающего слоя и полотна автомобильных дорог, имеют важное практическое значение. В статье представлены графики и экспериментальные данные исследования опытного отрезка дорожной одежды коробчатого типа на участке автомобильной дороги А-1 с ПК 37-50 по ПК 37-65. По результатам исследований коэффициента теплопроводности подстилающего слоя из смеси суглинка, супеси, ВВП угледобычи и фосфогипса можно сделать следующий вывод: по теплофизическим свойствам подстилающий слой для сооружения земляного полотна автомобильной дороги имеет высокую пригодность.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*дорожная одежда коробчатого типа, автодорожная система «земляное покрытие – асфальтобетон», подстилающий слой из отходов промышленных предприятий: терриконы, фосфогипс, гранулированный и литой электротермофосфорный шлак.*

## ABSTRACT

One of the priority areas is the improvement of methods for compacting the subgrade and pavement coating, using man-made waste from various industries. This allows for the design and strengthening of an operating engineering structure by stabilizing the water-thermal regime of the structure, without restricting movement and eliminating ballast depressions in the roadway, rationally using natural resources, while preserving the landscape of the area. The practical application of the issues being resolved requires the comprehensive and rational use of secondary material and raw materials and waste from various industries. To date, the share of their use is about 3-5%, instead of the calculated values in the general indicator of 25-30% in the volume of raw

materials. Therefore, during the period of industrial-innovative development, issues of rational and integrated use of waste from various industries, with improving the quality of the underlying layer and road surface, are of great practical importance. The article presents graphs and experimental data from a study of an experimental section of box-type road pavement on the section of the A-1 highway from PC 37-50 to PC 37-65. Based on the results of studies of the thermal conductivity coefficient of the underlying layer from a mixture of loam, sandy loam, coal mining and phosphogypsum, the following conclusion can be drawn: in terms of thermophysical properties, the underlying layer for the construction of a highway subgrade is highly suitable.

## KEY WORDS:

*box-type road pavement, road system «earthen surface – asphalt concrete», underlying layer from industrial waste: waste heaps, phosphogypsum, granulated and cast electrothermophosphorus slag.*

## АҢДАТПА

Әр түрлі өндірістердің техногендік қалдықтарын қолдана отырып, жер төсемін тығыздау және жол киімін жабу әдістерін жетілдіру басым бағыттардың бірі болып табылады. Бұл құрылымның су-жылу режимін тұрақтандыру есебінен, қозғалысты шектемей және жол төсемінің балласт ойықтарын жоюсыз пайдаланылатын инженерлік құрылысты жобалауға және нығайтуға, жергілікті жердің ландшафтын сақтай отырып, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға мүмкіндік береді. Шешілетін мәселелерді практикалық қолдану әртүрлі өндірістердің қайталама материалдық-шикізат ресурстары мен қалдықтарын кешенді және ұтымды пайдалануды талап етеді. Қазіргі уақытта оларды пайдалану үлесі шикізат көлеміндегі 25-30% жалпы көрсеткіштегі есептік мәндердің орнына шамамен 3-5% құрайды.

Сондықтан, индустриялық-инновациялық даму кезеңінде автомобиль жолдарының астыңғы қабаты мен төсемінің сапасын жақсарты отырып, әртүрлі салалардың қалдықтарын ұтымды және кешенді пайдалану мәселелері маңызды практикалық маңызға ие. Мақалада 37-50 ПК-дан 37-65 ПК-ға дейінгі А-1 автокөлік жолының учаскесінде қорап түріндегі жол киімдерінің тәжірибелік сегментін зерттеудің кестелері мен тәжірибелік деректері келтірілген. Саздақ, құмды саз, көмір өндіру және фосфогипс қоспасынан жасалған астыңғы қабаттың жылу өткізгіштік коэффициентін зерттеу нәтижелері бойынша мынадай қорытынды жасауға болады: жылу-физикалық қасиеттеріне сәйкес автокөлік жолының жер төсемін салу үшін астыңғы қабаттың жарамдылығы жоғары.

## ТҮЙІН СӨЗДЕР:

*қорап түріндегі жол киімі, «жер жамылғысы – асфальтбетон» автожол жүйесі, өнеркәсіптік кәсіпорындардың қалдықтарынан жасалған астыңғы қабат: террикондар, фосфогипс, түйіршіктелген және құйылған электротермофосфор қожы.*

## ВВЕДЕНИЕ

Значительными сдерживающими факторами устойчивости земляного полотна и дорожного покрытия для надежной эксплуатации автомобильных дорог является также наличие дефектного земляного полотна, создающего чрезвычайные ситуации. Их протяженность иногда достигает 5-6%, от общей протяженности автомобильной трассы, где нижнее строение дорожной одежды работает на пределе своей несущей способности.

Ежегодно для строительства и реконструкции автомобильных дорог по данным расходуется около 4,4 млн.м<sup>3</sup> супеси; 2,5 млн.м<sup>3</sup> суглинка; 2 млн.м<sup>3</sup> гравийно-щебеночного материала и 800 тыс.т. цемента.

За последние 3 года в Республике Казахстан отремонтировано более 5 тыс. км автомобильных дорог междугородного значения, не считая пригородные сообщения. Только лишь на прокладку автомагистрали Шымкент-Сарыагаш израсходовано более 1,2 млн.м<sup>3</sup> материалов для прокладки земляного подстилающего слоя, что повлекло за собой нарушение ландшафта и экологического равновесия, включая фауну и флору.

Кроме того, защита окружающей среды, исключение нарушения ландшафта местности, как указано выше, не снимаются с повестки дня и возникает необходимость применения альтернативных подручных сырьевых материалов из отходов промышленных предприятий для снижения чрезвычайных и аварийных ситуаций.

В то же время, на предприятиях фосфорной подотрасли и угледобывающей промышленности накопились миллионы тонн отходов производств в виде электротермофосфорных шлаков, фосфогипса и внутренних вскрышных пород, образующиеся при переработке фосфоритов бассейна Каратау и добыче углей, позволяющие решить рациональное использование материальных ресурсов и экологическую проблему промышленных регионов со снижением чрезвычайных и аварийных ситуаций на автомобильных дорогах местного назначения.

Цель исследования – разработка подстилающего слоя и сборной дорожной одежды, для обеспечения безопасности при эксплуатации автомобильных дорог, позволяющих снизить чрезвычайные и аварийные ситуации и защиты окружающей среды, за счет использования отходов производства минеральных удобрений и желтого фосфора, а также угледобывающей промышленности.

Важность рационального и комплексного применения сырьевых материалов со снижением чрезвычайных и аварийных ситуаций можно рассматривать в следующих направлениях:

- утилизация отходов различных производств и промышленности для освобождения выделенных под отвалов и различных шламоохранилищ посевные земельные угодья;

- решать вопросы защиты окружающей среды;

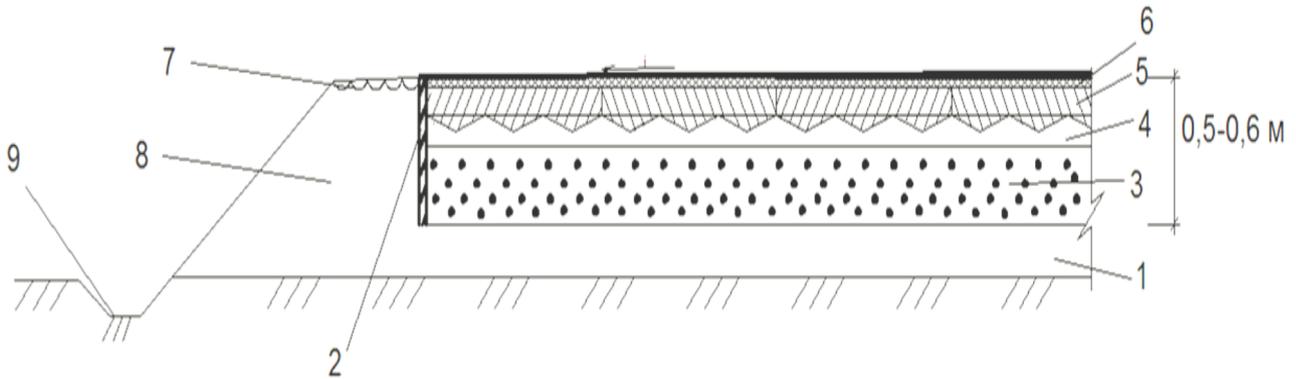
- исключить вредное воздействие выбросов различных газообразующих элементов в окружающую среду.

Все указанное является актуальной задачей для безопасности и жизнедеятельности людей, снижения чрезвычайных и аварийных ситуаций на автомобильных дорогах местного и пригородного назначения. К тому же промышленные отходы хорошо показали в получении строительных материалов и изделий, так остро необходимых при строительстве автомобильных дорог.

## МЕТОДОЛОГИЯ РАБОТЫ

Для проверки теоретических расчетов и экспериментальных данных исследования дорожной одежды коробчатого типа, на участке автомобильной дороги А-1 с ПК 37-50 по ПК 37-65 в ТОО «Отау строй» осенью 2016г построен опытный отрезок. Это сделано для выявления особенностей водно-теплового режима земляного полотна дорожной одежды коробчатого типа, определения расчетных параметров применяемых конструкций

дорожной одежды, а также для обоснования эффективности использования отходов фосфорной и угледобывающей промышленности в качестве компонентов шихты для коробки и подстилающего слоя дорожной одежды, снижающих пучение и появление ям и выбоин, приводящих к чрезвычайным и аварийным ситуациям с человеческими травмами и жертвами. Поперечный профиль дорожной одежды коробчатого типа опытного участка приведен в соответствии с рисунком 1.



- 1 - слой основания;
- 2 - боковая стенка коробки из тощего бетона;
- 3 - подстилающий слой;
- 4 - песок;
- 5 - бетонные плиты, нижняя поверхность которых выполнена в виде остроконечных конусообразных элементов;
- 6 - верхняя поверхность амортизирующего слоя из асфальтобетона;
- 7 - обочина автомобильной дороги;
- 8 - откосы автомобильной дороги;
- 9 - поверхностный водоотвод

Рисунок 1 - Поперечный профиль дорожной одежды коробчатого типа

Построенная конструкция автомобильной дороги представляет собой покрытие на ровной поверхности земли, шириной 4,0 м и длиной 15,0 м. Поверхностный уклон проезжей части автомобильной дороги двухскатный, с уклоном наклона 20%.

Для закладки коробки на опытном участке данной автомобильной дороги из тощего бетона было использовано 8,2 м<sup>3</sup> литого электротермофосфорного шлака с хранилища Таразского металлургического завода, 1,9 м<sup>3</sup> гранулированного электротермофосфорного шлака Ново-Джамбулского фосфорного завода, 1,4 м<sup>3</sup> цемента и 1,3 м<sup>3</sup> воды. Возведение насыпи произведено из местного суглинка и супеси, перемешанных с фосфогипсом - отходом завода минеральных удобрений ТОО «Казфосфат» и внутренних вскрышных пород, образовавшихся при добыче бурых углей Ленгерского месторождения Тoleбийского района Южно-Казахстанской области. Верхняя часть опытного участка автомобильной дороги построена из конусообразной монолитной плиты.

После подготовки участка производилась закладка боковых стенок коробки из тощего бетона, высота которой составляет 0,6 м, а толщина 0,15 м, по всему периметру траншеи. Боковые стенки из тощего бетона подвергались твердению и сушке при естественных климатических условиях. После твердения и сушки боковых стенок из тощего бетона, производилась послойная отсыпка земляного полотна слоем 20-25 см, с использованием суглинка, супеси, отходов фосфорно-

го и угледобывающего производства и разравнивание автогрейдерами. При необходимости можно увеличить насыпь земляного полотна и его толщину. Уплотнение подстилающего слоя до значения  $K_{уп}=0,95$  выполнялось при помощи уплотняющего катка. Поверх подстилающего слоя укладывался слой песка, служащий дренирующим слоем дорожной одежды. После устройства подстилающего слоя автомобильной дороги из смеси шихтовых материалов и песка, поверх них была установлена железобетонная плита из остроконечных конусообразных элементов. Поверх плиты покрытия было установлено асфальтобетонное покрытие из горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси на вязком битуме БНД 60/90.

В коробке дорожной одежды в верхней стороне оставлена ниша размерами 15×15 см для изъятия проб земляного полотна. Изъятая проба применяется для определения плотности и влажностных характеристик в момент эксплуатации дороги.

Таким образом, был построен опытно-промышленный участок дорожной одежды коробчатого типа на автомобильной дороге с применением отходов фосфорного производства и ВВП угледобычи. Опытный участок насыпи автомобильной дороги подвергся осенне-весеннему дождеванию и зимнему сезонному промерзанию.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Земляное полотно из отходов фосфорной промышленности подвергалось осенне-весеннему влагонакоплению и промерзанию. Основная цель мониторинга – влагонакопление и промерзание земляного полотна. Экспериментальные исследования проводились в три этапа: осеннее- влагонакопление, зимнее- промерзание и весеннее-пучинообразование после промерзания.

Первый этап. Изъятие и исследование проб земляного полотна автомобильной дороги коробчатого типа проводилось в осенний период 2016г. Были определены плотность и весовая влажность грунта.

Второй этап. Изъятие и исследование проб земляного полотна автомобильной дороги коробчатого типа проводилось в зимний период начала 2017г. Были определены плотность и весовая влажность грунта.

Третий этап. Изъятие и исследование проб земляного полотна автомобильной дороги коробчатого типа проводилось в весенний период 2017г. Были определены плотность и весовая влажность грунта.

Таким образом, осуществлялось моделирование дорожной одежды коробчатого типа. На опытном участке установлены многозонные цифровые датчики температуры МЦДТ 0922 (термокосы), которые регистрируют изменение температуры грунта как по высоте, так и по ширине насыпи автомобильной дороги. Кроме того, осуществлялось наблюдение водно-теплового баланса за опытным участком автомобильной дороги по температурным режимам земляного полотна из супеси, суглинка, ВВП угледобычи и фосфогипса при его промерзании. В соответствии с рисунком 2 показана схема установки датчиков температуры (термокосы).

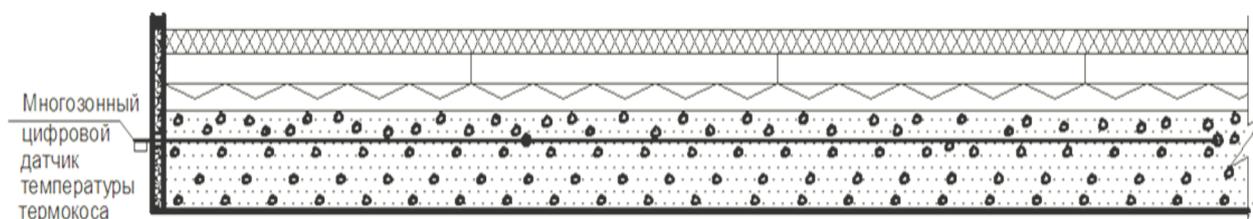


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков (термокосы) в теле земляного полотна автомобильной дороги

Результаты исследований значений коэффициента теплопроводности подстилающего слоя дорожной одежды коробчатого типа, состоящей из суглинка, супеси, ВВП отходов угледобычи и фосфогипса приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности в подстилающем слое

| Влажность подстилающего слоя, W, д. ед.                          | Относительная влажность подстилающего слоя, W, д. ед. | Коэффициент теплопроводности подстилающего слоя λ, Вт/(м·К) |      |      |      |      |      |
|--|---|---|------|------|------|------|------|
|  |   | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| <i>при насыпной плотности в талом состоянии</i>                  |   |   |      |      |      |      |      |
| 0,03   | 0,055   | 0,15  | 0,13 | 0,18 | 0,16 | 0,18 | 0,17 |
| 0,18   | 0,30  | 0,27  | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,29 | 0,23 |
| 0,26   | 0,48  | 0,38  | 0,39 | 0,31 | 0,4  | 0,36 | 0,4  |
| 0,55   | 0,86  | 0,69  | 0,71 | 0,66 | 0,68 | 0,7  | 0,68 |
| <i>при максимальной плотности (купл=1,0) в талом состоянии</i>   |   |   |      |      |      |      |      |
| 0,03   | 0,055   | 0,21  | 0,2  | 0,23 | 0,2  | 0,32 | 0,31 |
| 0,18   | 0,30  | 0,55  | 0,49 | 0,53 | 0,5  | 0,53 | 0,56 |
| 0,26   | 0,48  | 0,71  | 0,69 | 0,78 | 0,7  | 0,81 | 0,76 |
| 0,55   | 0,86  | 1,41  | 1,33 | 1,41 | 1,36 | 1,29 | 1,33 |
| <i>при максимальной плотности (купл=1,0) в мерзлом состоянии</i> |   |   |      |      |      |      |      |
| 0,06   | 0,06  | 0,41  | 0,43 | 0,38 | 0,29 | 0,38 | 0,40 |
| 0,33   | 0,48  | 0,92  | 0,88 | 0,89 | 0,93 | 0,85 | 0,83 |
| 0,51   | 0,68  | 1,21  | 1,37 | 1,25 | 1,25 | 1,29 | 1,31 |
| 0,62   | 0,75  | 1,53  | 1,60 | 1,62 | 1,56 | 1,55 | 1,51 |

Хорошая теплопроводность приготовленной смеси способствует существенно снизить или даже предотвратить промерзание грунтовой массы дорожного полотна автомобильной дороги. Снижение и предотвращение промерзания земляного полотна автомобильной дороги приводит к уменьшению влагонакопления и морозного пучения в осенне-зимнее время. Низкий показатель влажности в весенний период способствует более высокой несущей способности земляного полотна автомобильной дороги.

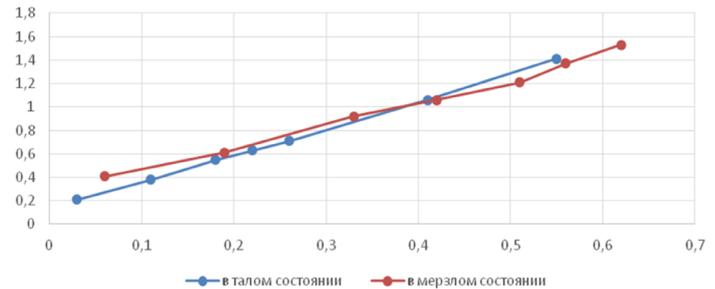


Рисунок 2 – Схема расположения датчиков (термокосы) в теле земляного полотна автомобильной дороги

По результатам исследований коэффициента теплопроводности подстилающего слоя из смеси суглинка, супеси, ВВП угледобычи и фосфогипса можно сделать следующий вывод: по теплофизическим свойствам подстилающий слой для сооружения земляного полотна автомобильной дороги имеет высокую пригодность.

Коэффициент фильтрации, водопроницаемость грунтов оцениваются коэффициентом влагопроводности  $K_w$ . Именно коэффициент влагопроводности грунта влияет на его пучинообразование в подстилающем слое.

В процессе испытаний подстилающего слоя земляного полотна автомобильной дороги, получили значения коэффициента влагопроводности при начальной влажности и плотности подстилающего слоя за время достижения участком увлажнения верхней поверхности образца при его увлажнении снизу (глубинные воды) и с боку (атмосферные осадки). Испытания проводились на образцах подстилающего слоя из суглинка, супеси, ВВП угледобычи и фосфогипса отобранных в специальных формах при оптимальной влажности  $W_{opt}=0,30$  и коэффициенте уплотнения  $K_{упл}=1,0$ . Значение коэффициента влагопроводности определялось по формуле:

$$K_w = \frac{4}{3,14d^4\tau} \left[ \frac{m_B}{\rho_c(W_{ПВ} - W_H)} \right]^2 \quad (1)$$

$d$  - диаметр грунтового образца, см;  
 $\tau$  - время увлажнения, ч;  
 $m_B$  - масса впитавшейся воды, г;  
 $\rho_c$  - плотность частиц грунта, г/см<sup>3</sup>;  
 $W_H$  - влажность испытуемого образца, д.ед.

Результаты испытаний коэффициента влагопроводности  $K_w$  подстилающего слоя из суглинка, супеси, ВВП угледобычи и фосфогипса приведены в таблице 2.

Анализируя результаты испытаний подстилающего слоя, можно отметить следующее: данные значения коэффициентов влагопроводности  $K_w$  подстилающего слоя из суглинка, супеси, ВВП угледобычи и фосфогипса могут кардинально изменяться в зависимости от коэффициента уплотнения и начальной влажности смеси.

Исследование показало, что изменение влажности грунта в осенний, зимний и весенний периоды в теле грунта земляного полотна исследуемого участка незначительны.

Таблица 2 - Коэффициент влагопроводности подстилающего слоя

| № образца | Масса впитавшей воды $m_B$ , г | Время увлажнения $\tau$ , ч. | Коэффициент влагопроводности $K_w$ , см <sup>2</sup> /ч. | Коэффициент влагопроводности $K_w$ , см <sup>2</sup> /сут. | Среднее значение коэффициента влагопроводности $K_w$ см <sup>2</sup> /сут. |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|--|--|--|
| 1         | 38                             | 0,095                        | 101,5  | 2436   | 2586,4   |
| 2         | 41                             | 0,086                        | 112,8  | 2707,2   |  |
| 3         | 32                             | 0,097                        | 111,3  | 2671,2   |  |
| 4         | 36                             | 0,088                        | 106,5  | 2630,4   |  |
| 5         | 40                             | 0,097                        | 100,6  | 2625,6   |  |
| 6         | 43                             | 0,092                        | 102,0  | 2448   |  |

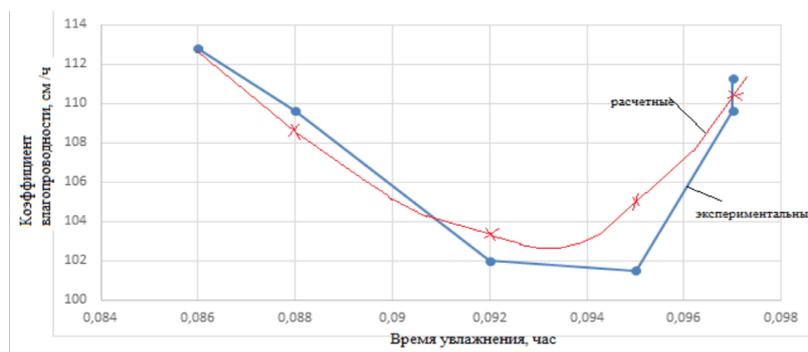


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента влагопроводности

Таблица 3 – Изменение отметок поверхности дорожного покрытия

| № точек (расстояние) | Превышение отметок дорожного полотна, м |        |         |
|----------------------|---|--------|---------|
|                      | декабрь                                 | январь | февраль |
| 1 (0-3м)             | 0,001                                   | 0,002  | 0,002   |
| 2 (3-6м)             | 0,000                                   | 0,001  | 0,001   |
| 3 (6-9м)             | 0,001                                   | 0,003  | 0,002   |
| 4 (9-12м)            | 0,002                                   | 0,003  | 0,002   |
| 5 (12-15м)           | 0,000                                   | 0,001  | 0,001   |

Результаты экспериментальных исследований по определению влажности грунта и морозного пучения земляного полотна подтверждают, что подстилающий слой дорожного полотна разработанный из шихтовой смеси фосфогипса и внутренних вскрышных пород угледобычи, а также бетонная коробка из отходов электротермофосфорного шлака снижают влагонакопление от притока воды в осенне-весенние периоды, что исключает пучинообразование в основном слое дорожного покрытия и появление выбоин и трещин, нарушающих целостность автомобильной трассы. Это приводит к улучшению безопасности жизнедеятельности за счет снижения аварий. Построенная бетонная коробка из отходов электротермофосфорного шлака по периметру земляного полотна и устроенная в траншеях, не приводит к влагонакоплению, то есть к свободному и постоянному притоку воды в осенне-весенний период в нижних слоях дорожного полотна. Таким образом, при отсутствии влагонакопления в земляном полотне, устроенном из смеси фосфогипса с ВВП угледобычи, увлажнение в осенне-весенний период и пучинообразование в зимний период земляного полотна невозможны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построена модель опытного участка автомобильной дороги, для определения процессов высушивания, осенне-весеннего увлажнения и промерзания внутри коробки дорожного полотна с сохранением водно-теплового баланса в массе подстилающего слоя. Смесь состоит из отходов ВВП угледобывающей промышленности и фосфогипса, образующего в производстве минеральных удобрений. Технология укладки дорожной одежды коробчатого типа автомобильных трасс следующая: производится закладка нижнего подстилающего слоя из супеси, суглинки, внутренних вскрышных пород и фосфогипса, далее коробка тощего бетона из готовых смесей, которая подвергается твердению и сушке при естественных климатических условиях. Затем туда укладывается литой и гранулированный электротермофосфорный шлак в заданных количествах. Измельчение электротермофосфорного шлака обусловлено тем, что он имеет оплавленную округлую форму, что снижает эффект сцепления вяжущего материал-цемент. Это позволяет повысить прочность и устойчивость стенок коробки дорожной одежды из тощего тонкослойного бетона, толщиной 15-20 мм, создает стабилизацию водно-теплового баланса и сохраняет целостность полотна автомобильной трассы в осенне-зимне-весенние периоды за счет снижения влагонакопления и пучинообразования, а также исключает появление выбоин.

Эколого-экономическое преимущество применения разрабатываемого мероприятия заключается в использовании при строительстве автомобильных дорог не природных материалов, в виде суглинки, песка и гравия, а отходов предприятий фосфорной

подотрасли химической промышленности в виде фосфогипса, электротермофосфорного шлака гранулированного и кускового, мелкораздробленного и отсортированного на определенные фракции, а также отходов угледобывающей отрасли в виде вскрышных пород.

Ожидаемый экономический эффект от применения материала ЖД-70, в сравнении с классическим материалом покрытия ЩМА-20 на 1 км автомобильной дороги III технической категории с общей стоимостью строительства 39273 млн. тенге, составит 9,223 млн. тенге. Снижение стоимости на 1 погонный км автомобильной дороги составляет 8,46%. Проведено сравнение объема количества применяемых отходов фосфорной и угледобывающей промышленности с природными материалами. Установлено, что использование техногенных отходов фосфорного производства и угледобывающей отрасли позволит снизить в 1,4 раза применение природных сырьевых материалов для дорожного строительства и улучшить экологическую обстановку промышленных регионов, с сохранением ландшафта местности.

Технико-экономическими расчетами выявлена не только экономическая, но и экологическая эффективность предлагаемой технологии от применения техногенных отходов различных производств. Выявлено, что при прокладке пригородных автомобильных дорог применения техногенных отходов различных производств, позволяет снижение себестоимости строительства автомобильной трассы пригородного назначения до 8,46%

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Досалиев Қ.С., Жакипбаев Б.Е. Строительство автомобильных дорог: дорожная одежда коробчатого типа. Монография. – Алматы: Издательство ТОО «ADAL KITAP», 2023. – 195 с. (ISBN 978-601-7681-58-6)