

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ КӨЛІК МИНИСТРАЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫ КОМИТЕТИ  
КОМИТЕТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ  
КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

# JOLSHY

## ВЕСТНИК КАЗДОРНИИ

№ 1 (2024)  
Юбилейный выпуск







**QAZJOLGZI**  
КАЗАХСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ



**ISSN 1814-7054**

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Амирбаев Ерик Дихамбаевич** - Вице-Президент АО «КаздорНИИ»

**Умарова Гулжамал Бахтияровна** - кандидат технических наук, директор центра развития компетенций АО «КаздорНИИ»

**Шалқаров Абдиашим Абжаппарович** - доктор технических наук, ведущий научный сотрудник АО «КаздорНИИ»

**Айдарбеков Есенбек Кадиралиевич** - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «КаздорНИИ»

**Айтбаев Кобланбек Айтбаевич** - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «КаздорНИИ»

**Мухамбеткалиев Кайрат Куаншкалиевич** - кандидат технических наук, руководитель управления новых технологий АО «КаздорНИИ»

**Ашимова Салтанат Жандарбековна** - PhD, руководитель отдела ДСМИНТ Филиала АО «КаздорНИИ» в городе Алматы

**Тілеу Құрманғазы Байғазыұлы** - PhD, руководитель управления цифровизации

**Назаренко Галина Викторовна** - старший научный сотрудник АО «КаздорНИИ»

**Өмірбекова Зауреш Мейрамбекқызы** - ответственный секретарь

**Жумамуратов Манарбек Бахтиярұлы** - технический секретарь

**Учредитель:** АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»

**Основан 2003 г. Выходит 4 раза в год**

**Адрес редакции:** г. Астана, ул. Жекебатыр 35

**Тел.:** +7 (7172)72-98-17

**E-mail:** jolshy-journal@qazjolgzi.kz





**QAZJOLGZI**

КАЗАХСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТЕУ ИНСТИТУТЫ



Уважаемые читатели! Позвольте начать с пожеланий вам и вашим семьям всего наилучшего в новом строительном сезоне. Для нас же этот год особенный – нашему Институту 65 лет! И так совпало, что юбилейный выпуск вестника КаздорНИИ, под названием «Jolshy» выходит в самое нежное время года, ознаменованное Пробуждением природы и началом строительного сезона.

Я не зря провела аналогию между весной и Институтом. Имея свою долгую и интересную историю с 1959 года, Институт успешно занимается решением специфических задач дорожного строительства с применением как имеющегося опыта, так и разработкой новых решений. Институт известен своими уникальными научными работами, сотрудничает с дорожниками многих стран, является членом и партнером престижных международных ассоциаций дорожного строительства. В стенах Института сосредоточен сильный потенциал ведущих ученых и кадров автомобильной отрасли, позволяющий решать на высоком уровне широкий спектр задач.

Как известно, все новое – это хорошо забытое старое. Обращаясь к опыту прошлых поколений, беря за основу лучшие решения и перерабатывая их под современные реалии, мы стараемся придать уникальность разработкам. Но в наш цифровой век нельзя отставать от мирового сообщества. И если понятие «бытовая цифровизация» давно стала понятной и привычной, то цифровизация в дорожной отрасли только набирает обороты. Институт активно внедряет цифровизацию инфраструктуры во все вертикали нашей отрасли – искусственные сооружения и мосты, новые технологии, диагностика и паспортизация, кадровый потенциал и многое другое.

«Прогресс невозможен без изменений, и те, кто не может изменить свое мнение, не могут изменить ничего вообще» - Джордж Шоу, нобелевский лауреат. Иногда самые лучшие намерения и крутая мотивация не позволяют совершить значимое, если имеются преграды. Время диктует свои правила и зачастую такими преградами становятся устаревшие стандарты. С прошлого года Институт проводит большую работу по реформированию и актуализации отраслевой нормативно-технической базы и разработке новых стандартов, которые отвечали бы современным требованиям.

Много чем хочется поделиться с вами, наши уважаемые читатели. У нас масса планов, новых идей! И мы будем рады видеть вас в качестве наших партнеров, авторов различных материалов или как рецензентов.

С уважением, президент АО «КаздорНИИ»  
**Алибаева Арман**



# СОДЕРЖАНИЕ

## 1 БЛОК СТАТЬИ

**Shakhzod Takhirov, Assel Nugmanova, Daniyar Koshimkhanov.**

Application of Multi-Sensor Road Feature Detection and Mapping in Kazakhstan and Development of Pole Detection and Analysis Procedure 7

**Назаренко Г.В., Сарыбаев Н.Н.**

Опыт применения отходов промышленности аммофоса и суперфосфата - фосфогипса для укрепления оснований автомобильных дорог 11

**Айдарбеков Е.К., Байболекова Ж.О.**

Обзор и анализ строительства автомобильных дорог по принципу 2+1 17

**Кошелев Д. В., Бусел А. В.**

Учет ресурсных свойств асфальтобетона при проектировании нежестких дорожных одежд 22

**Сыргалиев Е. О., Колумбетов А.Т.**

Перспективы интеграции ВИЭ в автономные системы теплоснабжения объектов придорожного сервиса в Республике Казахстан. 29

**Ергашев З.З., Лесов К.С.**

Развитие и уязвимость транспортной инфраструктуры Узбекистана в сложных природно-климатических условиях 33

**Асматулаев Б.А., Асматулаев Р. Б., Асматулаев Н. Б., Мазгутов Р.А.**

Уникальные возможности Казахстана для модернизации автомобильных дорог на основе использования промышленных отходов 35

**Ерасов И.А., Молев Ю.И., Пуртов А.Р., Бабанин В.А., Павлов В.В.**

Адгезионные добавки в асфальтовых смесях. История, состояние вопроса, перспективы развития. 39

**Михайлова О.А., Фейзер Е.В.**

Применение модификатора реологии на основе растительного сырья для повышения качества битумного вяжущего 42

**Домненко А., Мартынов А.**

Применение высокопрочных геосинтетических материалов для обеспечения общей устойчивости откосов автодорожных насыпей 48

## 2 БЛОК ИНТЕРВЬЮ

**Камалиев Берик Сайлауович**

Председатель ОЮЛ «Национальный комитет (союз) Всемирной Ассоциации дорожников в Республике Казахстан» 57

**Айдарбеков Есенбек Кыдыралиевич**

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник АО «КаздорНИИ» 60

**Еспаева Гульсум Аблахатовна**

Кандидат технической наук, Профессор первый проректор КазАДИ, имени Л.Б.Гончарова 63

## 3 БЛОК НОВОСТИ

Дорожная отрасль: Цифровое будущее начинается сегодня 69

Реформирование нормативно-технической базы в автодорожной отрасли 70

Реформы в ценообразовании на средний, текущий ремонт и содержание автомобильных дорог Казахстана: Новые стандарты и инновации 71

Возобновление образовательной программы «Транспортное строительство» 72

Международное пленарное заседания ISO/TC 241 «Системы управления безопасностью дорожного движения» 73

Единая база дорожно-строительных материалов и новых технологий 74

Учёные КаздорНИИ выводят на рынок отечественный полимер 77

Стальные деформационные швы с шумоизоляцией 78

Антигололедный реагент «ICEMIX» 79

Центр развития компетенции АО «КаздорНИИ» проводит курсы по повышению квалификации кадров в автодорожной отрасли 81



ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ



# СТАТЬИ



\* Авторы несут ответственность  
за точность и достоверность информации  
в предоставленных ими материалах







# APPLICATION OF MULTI-SENSOR ROAD FEATURE DETECTION AND MAPPING IN KAZAKHSTAN AND DEVELOPMENT OF POLE DETECTION AND ANALYSIS PROCEDURE

**Shakhzod Takhirov**

*Dept. of Civil and Environ. Engineering University of California, Berkeley Berkeley, USA  
takhirov@berkeley.edu and ORCID: 0000-0002-4396-7946*

**Assel Nugmanova**

*JSC "Kazakhstan Highway Research Institute"  
Astana, Kazakhstan. Assel.nugmanova@nu.edu.kz and ORCID: 0000-0002-9557-9582*

**Daniyar Koshimkhanov**

*JSC "Kazakhstan Highway Research Institute"  
Astana, Kazakhstan. D.koshimkhanov@qazjolgzi.kz*

## ABSTRACT

A mobile multi-sensor monitoring system has been actively used in Kazakhstan for monitoring the road infrastructure. The main goal is to justify repair measures and to eliminate technological errors in the construction of new and reconstruction of existing roads, as well as to create an extensive database on the transport and operational condition of roads and road structures. This paper provides a short discussion of the currently adopted procedures to implement this approach. Although almost all data collection is automated, the detection of poles near the roads is still conducted manually. This paper is focused on the automation of pole detection and its detailed analysis to obtain the characteristics vital for its structural health monitoring. It is based on an analysis of point clouds collected by a laser scanner usually installed on top of the mobile monitoring system. A framework for pole detection and its assessment is presented.

Keywords: monitoring, point cloud, digital twin, structural health monitoring, traffic pole, sign pole, automotive roads, automated detection and analysis.

## INTRODUCTION

Kazakhstan is a landlocked country in Central Asia, and as such, its economy heavily relies on automotive and railroad transportation infrastructure. Kazakhstan is located in a region with wide temperature variations, which can be complicated by significant snowfall and freezing conditions on the roads [1]. In addition, it has the lowest population densities in the world, which calls for the necessity to automate monitoring of the condition of the roads in the country. JSC "Kazakhstan Highway Research Institute" (Astana, Kazakhstan) is leading this effort in digitizing the road infrastructure and developing maintenance strategies. The main goal is to justify repair measures and to eliminate technological errors in the construction of new and reconstruction of existing roads, as well as to create an extensive database on the transport and operational condition of roads and road structures. This paper provides a short discussion of the currently adopted procedures to implement this approach. Although almost all data collection is automated, the detection of poles near the roads is still conducted by a human. Hence this paper is focused on the automatization of pole detection.

## REVIEW OF CURRENTLY EMPLOYED PROCEDURES EQUIPMENT

The composition of the equipment used in the multifunctional diagnostic mobile laboratory system of the Dynatest series [2] includes a vehicle equipped with a set of control and measuring sensors (see Fig.1 and Fig. 2) and is divided into the following major modules: (1) positioning system; (2) a set of measuring equipment, and (3) data collection module.

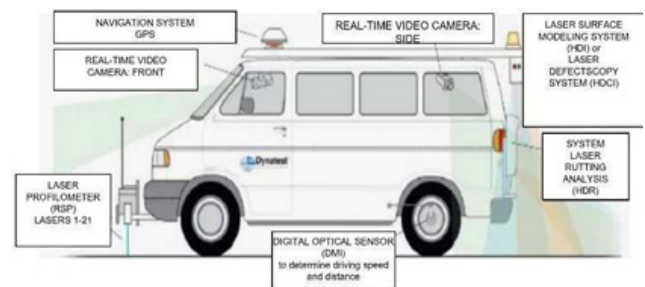


Fig. 1. Road monitoring and data collection system (side view).



Fig. 2. Road monitoring and data collection system (front and rear views).

Module 1, the positioning system, is designed to track complex movements of equipment that occur during the movement of the base vehicle, which must be considered to obtain reliable measurement results. The positioning system consists of several functionally independent but time- synchronized devices, the collected data from which is sufficient to accurately determine the position of the base vehicle at any time and in any coordinates. At the same time, the synchronized operation of several devices allows for obtaining results that accurately correlate data collected from the devices to the vehicle's position.



Module 2, the set of measuring equipment, includes originally supplied equipment and additional measuring instruments (for simplicity, only a few are shown in Fig. 1 and Fig. 2): (a) a deflectometer designed to determine the elastic modulus of road structures, (b) a high-precision measuring sensor for determining the coefficient of adhesion between a wheel and the road surface, (c) a laser profilometer for measuring the surface profile of road surfaces, (d) a laser system for identifying pavement defects, measuring and analyzing cracks and other defects in road surface, (e) digital optical sensor, designed to determine movement speed and distance, (f) gyroscope - inertial motion sensor (IMS), measuring longitudinal slopes, (g) built-in GPS, which determines the geolocation and provides georeferencing, (i) ground penetrating georadar, (j) video cameras designed to record streaming video images of the road surface, construction elements, roadside strips, etc., and (k) laser scanner - a device for high-speed recording of the coordinates of many points around the vehicle. The latter is usually installed on top of the vehicle, and, for simplicity, it is not shown in Fig. 1 and Fig. 2.

**TYPICAL RESULTS**

The road monitoring system described above produces two types of results: (a) the physical properties of the road's cover and (b) the geometry of the road in the global coordinate system. The latter is used for accurate mapping of the roads that include curb lines, the slope of the road, its width, and other road features. A typical process of acquisition of the road geometry is presented in Fig. 3.

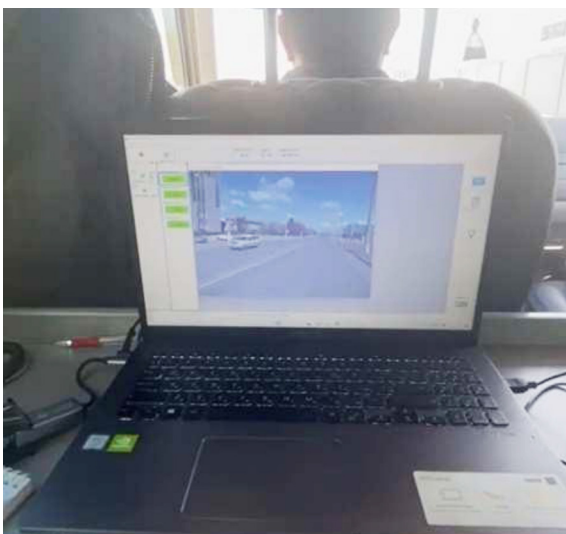


Fig. 3. Acquisition of the road geometry in progress.

A typical result of the latter process is presented in Fig. 4.



Fig. 4. Typical result of the road geometry's acquisition.

The geometry of the road has all the features, but as of today, it is missing the poles and signs near the road. This information is entered manually by investigating the recorded geo- referenced videos, as presented in Fig. 5.

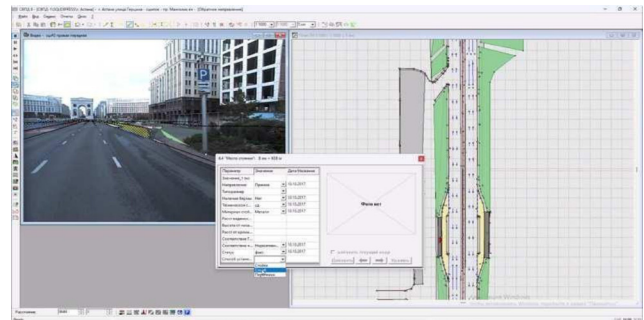


Fig. 5. Manual entering a pole's location.

For obvious reasons, this procedure is prone to human errors, and the location of the pole cannot be measured precisely. In addition, it cannot be detected when lighting conditions are limited, during nighttime, for example.

This paper is focused on the development of an automated procedure for pole detection. In addition, it measures its cross- sectional size, inclination (if any), and accurate location in the global coordinate system.

**AUTOMATED ACQUISITION OF POLES**

The automated procedure for pole acquisitions is based on the utilization of the point cloud generated by a laser scanner that is usually installed on the top of the vehicle. For the purpose of this paper is based on the point clouds collected by a terrestrial laser scanner in [3]. This paper was related to a problem of detection of the power lines in close vicinity of the roads. To simplify the discussion, it is limited to round poles.

**DETECTION OF POLES**

A point cloud of a pole with traffic lights is shown in Fig. 6. As can be seen from the image, it consists of a light fixture on the very top, a traffic light fixture on a cantilevered portion, and a traffic light fixture at the pole's mid-elevation along for the sign controlling pedestrian crossing. This type of pole is common for the roads of the United States and Kazakstan.



Fig. 6. Point cloud of a pole at a road intersection.

This point cloud was exported to be reduced in the Matlab [4] environment, as presented in Fig. 7.

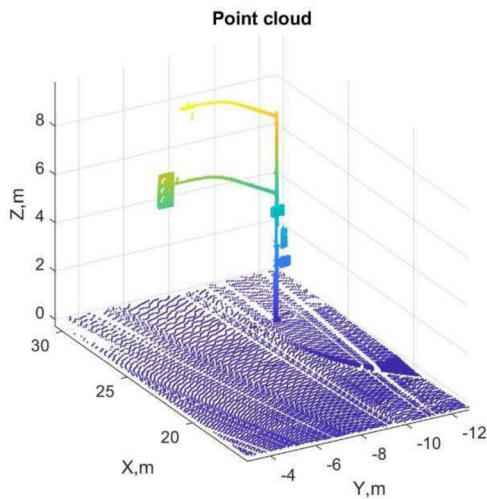


Fig. 7. Point cloud with coloring that changes over elevation.

A number of horizontal cross-sections of the pole were introduced, as presented in Fig. 8.

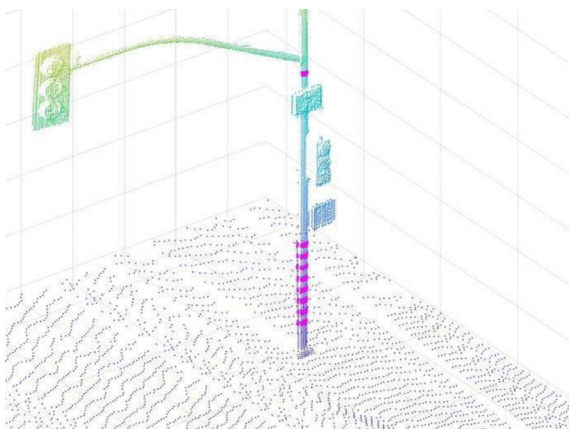


Fig. 8. Horizontal cross sections of the pole (magenta).

Each of these cross-sections was best fit to a circle by utilizing the least square approach. This procedure was used earlier to estimate the structural parameters of minarets, tall and slender objects [5]. A typical example is presented in Fig. 9. As a result, the following two major parameters of the pole can be computed: (1) the radius of the pole at this elevation (0.092 m) and (2) the location of the cross-section's center (26.375 m, -10.309 m).

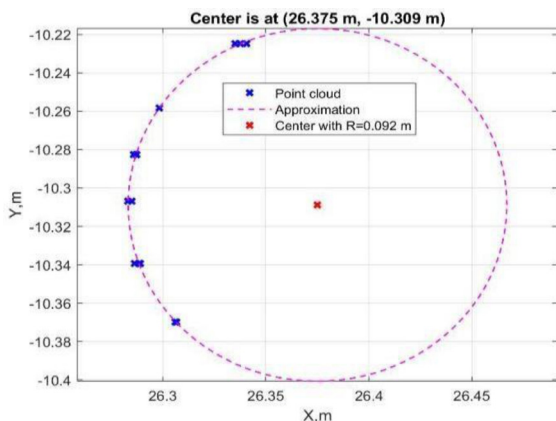


Fig. 9. Result of best fitting of the point cloud's cross-section

This best-fitting procedure can be repeated for other horizontal sections at higher elevations. This will produce a set of centers and radii at each elevation. The change of the center locations will produce an inclination or residual drift of the pole, as presented in Fig. 10. For this particular pole, the drift is estimated to be 0.74 degrees. The drift is an important measurement to monitor to make sure that it is not progressing over time.

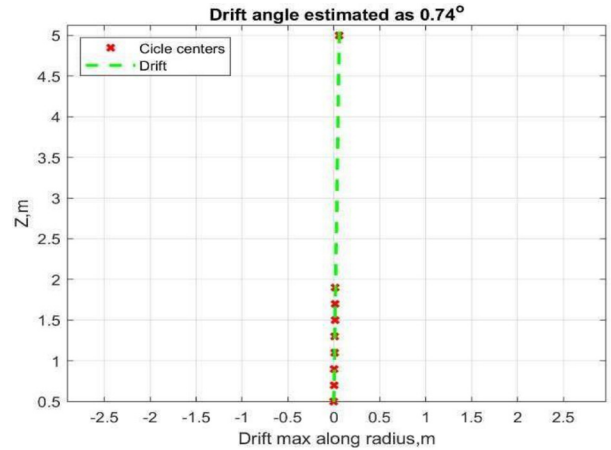


Fig. 10. Estimate of the residual drift.

The change of the radii over the elevation will produce the taper of the pole (if any). The latter is very close to 0.33 degrees, as shown in Fig. 11.

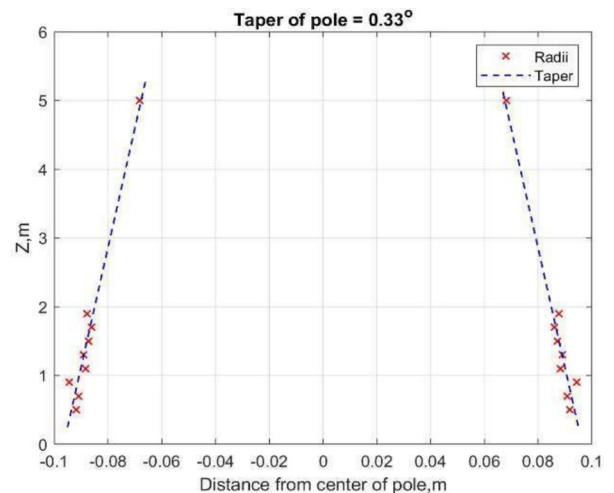


Fig. 11. Estimate of the residual drift.

## LOCATION OF THE POLE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

Finally, the location of the pole can be placed into the database in addition to the data collected by the mobile multisensor system. It is presented in Fig 12. The axis of the pole is shown by a red dashed line. It is a vertical line that starts from the ground elevation, and X and Y coordinates coincide with the center of the bottom circle approximating the very first horizontal cross-section.

As an option, a residual drift of the pole can be introduced as a parameter in the database for monitoring purposes. It was used earlier for monitoring steel frame buildings [6].



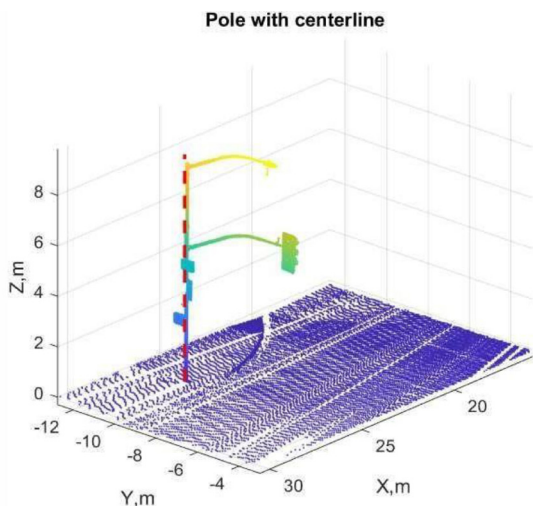


Fig. 12. Pole with its access estimated from the point cloud.

### ATTRIBUTES OF THE DATASET RELATED TO THE POLE DETECTION

It is worth noting that the reliability of pole detection will depend on many parameters, including the density of the point cloud. Therefore, the number of points in a horizontal cross-section,  $N$ , used for the pole detection is one of the main attributes of the dataset collected for the pole. In addition, a parameter providing information about the accuracy of the best fitting to a circle is needed. It can be an average of the normalized differences,  $D^n_{aver}$ , between the computed radius of the circle,  $R$ , and the distances of the point cloud's points,  $(x, y)$ , from the circle's center,  $(x_0, y_0)$ :

$$D^n_{aver} = \text{average}(\left(\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}-R\right)/R) \quad (1)$$

In addition, the number of vertical sections is a vital attribute to add to the pole's dataset. Since all calculations of the taper and the residual drift are based on linear regression, the coefficient of determination or  $R^2$  for each of them needs to be added as a parameter to the dataset.

All the abovementioned attributes of the dataset are summarized in Table 1.

### References

1. Teltayev, B.; Oliviero Rossi,C.; Aitbayev, K.; Suppes, E.; Yelshibayev, A.; Nugmanova, A. *Freezing and Thawing Processes of Highways in Kazakhstan*. *Appl. Sci.* 2022,12,11938. <https://doi.org/10.3390/app122311938>.
2. "Multifunctional Dynatest Diagnostic Setup" (RSP-III/IV with HDR, HDI or HDC and ROW), Version 2.6.12, 2013. User Manual.
3. Shakhzod M. Takhirov and Mukhady Sh. Israilov (2020). "Reduction of Wildfire Hazard by Automated Monitoring of Vegetation Interference with Power Lines: Point Cloud Analysis Combined with Cable Mechanics". *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. 10, pages 947-956.

Table 1. PROPOSED ATTRIBUTES FOR POLE DETECTION AND CHARACTERIZATION

The best fit to the bottom horizontal section			
Number of points, $N$	Center's coordinates $(x,y)$ , m	Radius, $R$ (m)	$D^n_{aver}$
15	(26.375, -10.309)	0.0919	-4.6151e- 05
The best fit to compute taper			
Number of sections	Taper, degrees	$R^2$	
9	0.33	0.9516	
The best fit to compute residual angle			
Number of sections	Taper, degrees	$R^2$	
9	0.74	0.9926	

In the subsequent phases of this research, these attributes will be computed for a large number of poles to automate pole detection and assessment by utilizing the procedures related to artificial intelligence.

### ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Sensor Fusion and Monitoring Technologies, LLC (USA) for providing access to point cloud data.

### CONCLUSIONS

The paper develops a framework for pole detection and its assessment. The paper shows that poles near roads can be investigated in great detail. It is based on the utilization of laser scanners usually installed on top of the mobile multi-sensor monitoring system. As presented in this paper, the exact location of the pole can be obtained. In addition, a taper of the pole, if any, can be computed. More importantly, a residual drift of inclination of the pole can be measured and monitored by multiple measurements separated in time. The pole detection procedure will be added to the multi-sensor monitoring system that is being used in Kazakhstan.

4. *MathWorks Matlab Version R2020a Update 6*. (2020).
5. Takhirov, Shakhzod, Bakhodir Rakhmonov, Ravshanbek Nafasov, Abbos Samandarov, and Sevara Sultanova. 2023. "Laser Scanning and Ambient Vibration Study of Juma Mosque in Khiva (Uzbekistan) with Subsequent Finite Element Modeling of Its Minaret" *Remote Sensing* 15, no. 6: 1632. <https://doi.org/10.3390/rs15061632>
6. Shakhzod M. Takhirov (2021). *Control of Construction Quality by a Terrestrial Laser Scanner: Example of Steel Frame Building*. *HORA- 2021, the 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications*, June 11-13, 2021, Turkey.

УДК 691.22+684.138:625.7/.8

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АММОФОСА И СУПЕРФОСФАТА - ФОСФОГИПСА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Назаренко Г.В.**

Старший научный сотрудник

АО «КаздорНИИ», e-mail: g.nazarenko@qazjolgzi.kz

**Сарыбаев Н.Н.**

Ведущий инженер

АО «КаздорНИИ», e-mail: n.sarybaev@qazjolgzi.kz

## АННОТАЦИЯ

Одной из важнейших задач развития дорожно-транспортного комплекса Республики Казахстан является ускоренное развитие сети автомобильных дорог, в том числе соединение сельских населенных пунктов с дорогами общего пользования. Реализация этой программы требует от дорожных организаций нестандартного подхода. Отсутствие достаточного количества высокопрочных каменных материалов на строительном объекте - дороге, а также снижение стоимости и сроков строительства заставило искать оригинальные пути решения этой задачи. Обзор современных технологий строительства автомобильных дорог во всем мире показывает растущую тенденцию максимального применения местных материалов с целью удешевления и сокращения сроков строительства. В качестве строительных материалов в новых технологиях в первую очередь используются грунты, укрепленные или модифицированные различными добавками, а также материалы дорожных одежд, требующих капитального ремонта.

Для укрепления материалов оснований, в строительной практике широко использовались цементы, фосфорные шлаки, золы уноса и другие.

Для повышения рентабельности затрат на строительство и их окупаемость необходимо использовать наряду с дорогостоящими цементобетонными покрытиями, но и широко использовать конгломераты из местных материалов, вторичного сырья и грунтов, полученные на основе новых инновационных ресурсосберегающих технологий и материалов. Использовать повторную утилизацию строительных материалов существующих автомобильных дорог, для перекрытия огромного дефицита в дорожно-строительных материалах шире использовать в практику строительства техногенные отходы и побочные отходы промышленной, что улучшит экологическую обстановку в республике, тем более, что объемы накопленных различных шлаков, шламов, золы уноса гидроудаления, фосфогипса исчисляются миллиардами тн, который увеличивается с каждым годом.

Снижение экологической нагрузки на окружающую среду - важнейшая задача современного материаловедения [1].

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Асфальтогранулят, Щебень, Цемент,  
Фосфогипс, Ресайклер.*

## ЦЕЛЬ:

*Получение укрепленной смеси заданной прочности М40 с применением повторно используемого материала асфальтогранулята, и утилизация отходов химического промышленного производства фосфогипса.*

*Ранее фосфогипс в дорожном строительстве не использовался.*





**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Одно из направлений решения данной задачи - использование отходов химических заводов, производящих фосфорную кислоту полугидратным режимом экстракции - фосфополугидрата -форма  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  ФПГ (ФПГ). По содержанию основного вещества (соответствует автоклавным гипсовым вяжущим марок Г-10 - Г-19 по ГОСТ 125 [1], но из-за содержания вредных примесей практически не используется и полностью вывозится в отвал.

Фосфогипс является отходом производства и образуется при производстве аммофоса, суперфосфата в стадии технологии получения экстракционной фосфорной кислоты в процессе отделении жидкой фазы от твердой. С 1 тонны аммофоса (46 %  $P_2O_5$ ) образуется 2,79 тонн; с 1 тонны суперфосфата (19 %  $P_2O_5$ ) образуется 0,34 тонн фосфогипса. Отмытый и отфильтрованный фосфогипс из-под узла выгрузки технологической нитки автомашинами «БелАЗ» транспортируется в отвал.

Фосфогипс - порошок, серого цвета, в воде практически нерастворим, не летуч, не пожароопасен, не взрывоопасен, 3 класса опасности (мало опасные) [2]. Пригодность отходов промышленности неорганического вида характеризуется определением активности [3],[4].

За показатель активности фосфогипса принимают предел прочности при сжатии после определенных условий хранения образцов. Предварительно для приготовления образцов необходимо определить максимальную плотность при оптимальной влажности.

Максимальная плотность и оптимальная влажность приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 - Зависимость плотности состава от влажности

Оптимальная влажность фосфогипса составляет 12,3%. Согласно подобранной влажности (12,3%) заформованы образцы  $d=h=50,5$  мм, после чего образцы хранятся 7 суток на воздухе при температуре  $18 \pm 2$  °С.

Затем образцы помещают в камеру на 18 суток с влажностью не менее 95%, по истечении 18 суток образцы насыщают водой в течении 2 суток. Насыщенные водой образцы испытывают на гидравлическом прессе.

В таблице 1 приведены результаты определения активности фосфогипса.

Таблица 1 - Активность фосфогипса

Предел прочности при сжатии, МПа	Норма по НД	Активность
Number of points, N	свыше 5 (высокоактивный ВА) от 2,5 до 5,0 (активный А) от 1,0 до 2,5 (слабоактивный СА) менее 1,0 (неактивный НА)	Слабоактивный СА

Из анализа результатов таблицы 1, следует, что фосфогипс является слабоактивным.

В таблице 2 приведены характеристики фосфогипса.

Таблица 2 - Характеристики фосфогипса

Зерновой состав, %, мельче данного размера, мм						Активность фосфогипса, МПа	Оптимальная влажность, %	Максимальная плотность, г/см³
2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	0,05			
99,1	97,9	94,9	84,4	74,4	72,1	1,6 (слабо-активный)	12,3	1,75

Для выполнения исследований по эффективности фосфогипса для комплексного укрепления основания использовались следующие дорожно-строительные материалы:

- Фосфогипс, производство ТОО «Казфосфат»;
- Щебень фр. 20-40 мм, месторождение «Экибастузское-1»;
- Фрезерованный асфальтобетон (асфальтогранулят) автомобильной дороги «Павлодар-Успенка» КМ 31-32;
- Портландцемент марки М400-Д0 20, цементный завод ТОО «Семей».

Подбор рационального содержания цемента проводился по показателю прочности после 7 суток выдерживания во влажных условиях. Испытания проводились в соответствии с требованиями СТ РК 1218 [3]. Предварительно для составов с 3 %, 4 % и 5 % цемента определены максимальные плотности при оптимальной влажности. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Подбор рационального содержания цемента

№	Состав смеси, %				Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность, МПа
	асфальтогранулят	щебень фр. 20-40мм	цемент	вода		
1	80	17	3	3,5	1,85	1,6
2	80	16	4	4,3	2,05	2,0
3	80	15	5	5,5	2,13	2,4

Из анализа результатов испытаний следует, что при содержании цемента 4 - 5 % наблюдается рост прочности.

Таким образом, для асфальтогранулята рациональным содержанием цемента составляет 4 - 5 %.

Для определения эффективности комплексного укрепления основания с применением асфальтогранулята, добавлением новых материалов цемента, фосфогипса и щебня выбраны следующие составы, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 - Составы укрепленных смесей

№ состава	Содержание, %			
	асфальтогранулят	щебень фр. 20-40 мм	цемент	фосфогипс
1	59	17	4	20
2	60	20	5	15
3	59	15	4	22
4	55	15	5	25

Физико-механические свойства приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Физико-механические свойства укрепленных смесей

№ состава	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа (после 28 суток)	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа после циклов замораживания-оттаивания			Марка по морозостойкости, F	Марка
				10	15	25		
				1	2,14	3,5		
2	2,16	3,7	0,7	3,2	2,8	-	F15	M20
3	2,19	4,6	0,8	4,4	3,9	3,5	F25	M40
4	2,20	3,9	0,7	3,5	3,0	-	F15	M20



По результатам лабораторных исследований лучшие показатели были достигнуты в составе смеси из асфальтогранулята составляет - 22 %, щебень фр. 20-40мм - 15 %, цемент - 4 % и вода - 4,1 %.

Для дальнейшего апробирования АО «КазАвтоЖол» выделил участок среднего ремонта на автомобильной дороге республиканского значения «Павлодар - Успенка-гр.РФ» КМ 32 + 950 по КМ 32 + 837. Строительство опытного участка выполнила подрядная организация ТОО «АЗА» 14 сентября 2021 г. Устройство опытного участка осуществлялось комиссионно в присутствии представителей АО НК «КазАвтоЖол», РГП на ПХВ по Павлодарской области, АО «КаздорНИИ», ТОО «Казфосфат».

Материал по проекту: Смесь из асфальтогранулята - 59,5 %, щебня фр.20-40 месторождения Экибастузское-1 - 19,1 %, портландцемента марки М400-ДО 20 Цементного завода «Семей» - 3,1 %, бокситного шлама - 14,2 % вода - 4,1 %.

Материал опытного участка: Смесь из асфальтогранулята - 59,0 %, щебня фр.20-40 месторождения Экибастузское-1 - 15,0 %, портландцемента марки М400-ДО 20 Цементного завода «Семей» - 4,0 %, фосфогипса производства ТОО «Казфосфат» - 22 % вода - 4,1 %.

Объем материала на 113 м: асфальтогранулята 161,2 тн, щебня фр. 20-40 мм - 41 тн, портландцемента марки М400-ДО 20 - 11 тн, фосфогипса 60 тн. Всего 273,2 тн смеси. Процесс устройства опытного участка отражен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Устройство опытного участка на участке автомобильной дороги «Павлодар - Успенка-гр.РФ» КМ 32 + 950 по КМ 32 + 837.

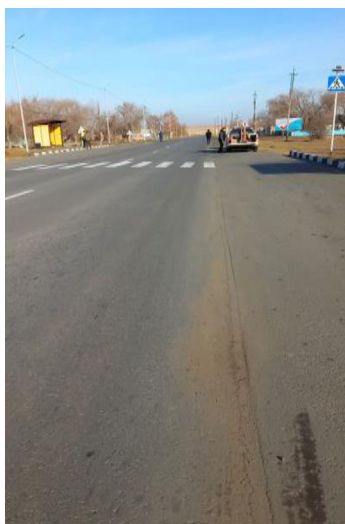


Рисунок 3 - Состояние опытного участка на участке автомобильной дороги «Павлодар - Успенка-гр.РФ» КМ 32 + 950 по КМ 32 + 837.

Приготовление укрепленной смеси производилось на производственной базе ТОО «Аза» методом смешения на месте. Доставки материалов производилась автомобилями самосвалами КАМАЗ с прицепами и накрыванием приготовленной смеси брезентом. Далее автогрейдер X CMG CR 215 распределил материал по всей длине опытного участка, затем однопроходным прохода Ресайклера WR 200 было выполнено перемешивание смеси материалов с асфальтогранулятом и водой. Уплотнение производилось катком XP 262 массой 26 тн за 16 проходов по одному следу [6].

В течение двух лет проводились обследования опытного участка. Мониторинг и отбор образцов производился комиссионно в присутствии представителей АО НК «КазАвтоЖол», РГП на ПХВ по Павлодарской области, АО «КаздорНИИ», ТОО «Казфосфат». Результаты обследования приведены на рисунках 3,4.



Рисунок 4 - Состояние контрольного участка с применением бокситного шлама КМ 32 -КМ 31+840 на автомобильной дороге «Павлодар-Успенка - гр. РФ»

Результаты испытаний кернов, отобранных с контрольного и опытного участков приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты испытаний кернов, отобранных по результатам обследований, проведенных в 2022-2023 гг. на контрольном и опытном участках автомобильной дороги «Павлодар-Успенка».

Место отбора проб	Толщина слоя, см	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Марка по морозостойкости, F	Марка
<b>2022 год</b>					
<b>Опытный участок</b>					
КМ 32+850 справа	24	4,0	0,85	F25	M 40
КМ 32+930 слева	22	4,1	0,90	F25	M 40
Требования СТ РК 973-2015	20 по проекту	Не менее 4,0	Не менее 0,8	Не менее F25	M 40
<b>Контрольный участок</b>					
КМ 31+995 слева	21	4,7	1,1	F25	M 40
КМ 31+845 справа	23	4,2	1,0	F25	M 40
Требования СТ РК 973-2015	20 по проекту	Не менее 4,0	Не менее 0,8	Не менее F25	M 40
<b>2023 год</b>					
<b>Опытный участок</b>					
КМ 32+830 справа	20,0	5,0	1,1	F25	M 40
КМ 32+850 слева	20,0	5,2	1,2	F25	M 40
Требования СТ РК 973-2015	20 по проекту	Не менее 4,0	Не менее 0,8	Не менее F25	M 40
<b>Контрольный участок</b>					
КМ 31+830 слева	19	3,0	0,70	F25	M 40
КМ 31+840 слева	18,25	3,1	0,75	F25	M 40
Требования СТ РК 973-2015	20 по проекту	Не менее 4,0	Не менее 0,8	Не менее F25	M 40

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Лабораторные исследования выполнены с целью подбора укрепленной смеси марки М40 (асфальтогранулят укрепленный цементом и фосфогипсом), требуемой по проекту.
- Фосфогипс по активности является слабоактивным (СА).
- Применение в составе асфальтогранулята 15-25 % фосфогипса и 4-5 % цемента позволяет получить укрепленный материал прочностью М20 и М40, морозостойкостью F15 и F25.
- При укреплении асфальтогранулята фосфогипсом – 22 %, щебень фр. 20-40мм – 15 % и цемента марки М400 – 4% позволяет получить укрепленный материал марки М40 и морозостойкостью F25.
- Увеличение фосфогипса до 25 % ведет к понижению прочности и морозостойкости.
- Таким образом, оптимальное содержание фосфогипса в асфальтогрануляте составляет - 22 %, щебень фр. 20-40мм – 15 % цемент - 4% и вода - 4,1 %.
- После двух лет эксплуатации на опытном участке обнаружено десять температурных трещин, которые saniрованы вязким дорожным битумом, других дефектов не обнаружено.
- Марка по прочности укрепленного основания с применением отходов промышленности ТОО «Каз-фосфат» фосфогипса соответствует М 40 и требованиям проекта.
- На контрольном участке выявлено семнадцать температурных трещин (количество трещин увеличилось на 54 % по сравнению с 2022 годом), они saniрованы вязким дорожным битумом, а также деформации в виде шелушения и выдавленной асфальтобетонной смеси в процессе производства работ большегрузным транспортом ввиду отсутствия объездной дороги, которые увеличились в размерах – длина участка 12 м, ширина от 20 см до 80 см. Деформации не устранены, обработаны вязким битумом.
- У укрепленного материала с применением промышленности бокситного шлама по сравнению с 2022 годом наблюдается снижение марки по прочности с М40 на М 20, и не соответствует требования проекта.
- Укрепленный слой основания с использованием асфальтогранулята с добавлением новых материалов щебня фр. 20-40 мм, цемента и фосфогипса рекомендуется применять в слое основания капитального и облегченного типа на автомобильных дорогах I-V технической категории с учетом климатических условий региона проведения работ по строительству (реконструкции), капитальному или среднему ремонту.
- Укрепленный материал включен в Реестре новых технологий и дорожно- строительных материалов, ознакомьтесь со всеми материалами возможно по ссылке [www.rcmbase.kz](http://www.rcmbase.kz).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Достижения Казахстанской дорожной науки. Внедрение новых материалов и технологий // Вестник № 1-2(49-50). 2016 - с.33-43.

[2] Паспорт безопасности химической продукции № 3-20.1121.3 .KAZ.1 от 4 февраля 2019 г, выданный комитетом индустриального развития и промышленной безопасности

[3] ГОСТ 125-2018 Вяжущие гипсовые. Технические условия.

[4] СТ РК 973-2015 Материалы каменные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

[5] СТ РК 1218-2003 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».

[6] Р РК 218-24-03 Рекомендации по ремонту автомобильных дорог с использованием технологии холодного ресайклинга.



# ОБЗОР И АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО ПРИНЦИПУ 2+1

**Айдарбеков Е.К.**

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,  
АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»,  
e-mail: esenbek54@mail.ru

**Байболева Ж.О.**

главный специалист  
АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»,  
e-mail: zhanar.baybolekova@mail.ru

## АННОТАЦИЯ

В настоящей статье приводится обзор и анализ строительства автомобильных дорог по принципу 2+1 в странах СНГ и дальнего зарубежья. Анализированы нормативные документы стран СНГ по проектированию и строительству автомобильных дорог. Для сравнительного анализа приведены геометрические параметры, показатели скоростного режима и интенсивности движения международных автомобильных дорог. Предложен сравнительный анализ вариантов стоимости строительства дорог в Казахстане. Дан краткий обзор Руководства по проектированию и строительству автомобильных дорог по принципу 2+1.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

автомобильные дороги, проектирование, строительство,  
геометрические параметры,  
показатели, интенсивность движения.

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная дорога по принципу 2+1 является дорогой республиканского или местного значения, имеющей три полосы движения. Для разделения противоположных направлений движения используются тросовые ограждения или другие виды ограждений, с двух сторон которого на расстоянии одного метра наносится сплошная линия разметка 1.1 или фронтальные трясущие полосы. Для повышения пропускной способности дороги через каждые 2000-5000 м средняя полоса чередуется для движения противоположного направления. Разрешенная скорость движения 100 км/ч.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Краткий обзор строительства дороги 2+1 в мире. Концепция автодороги по схеме 2+1 была впервые внедрена в Швеции в конце 1990-х годов. Целью являлось проведение ремонтно-восстановительных работ над двухполосными дорогами очень большой ширины (схема движения 1+1), ширина которых превышает 13 метров.

Данная конфигурация автодороги была реализована с помощью тросового ограждения, разграничивающего транспортные потоки, что позволило добиться снижения числа смертельных случаев на 75% по сравнению с двухполосными дорогами со схемой движения 1+1.

В настоящее время автодороги со схемой движения 2+1 в той или иной степени применяются во многих европейских странах, включая Финляндию, Германию, Португалию, Литву, Польшу, Швецию и Великобританию. Также они внедрены в Австралии, Канаде, Новой Зеландии и США.

Однако следует отметить, что протяжённость автодорог 2+1 в этих странах сильно различается. Кроме того, в Ирландии данный автодорожный стандарт использовался экспериментальном порядке, а затем был признан не подходящим для заданных условий эксплуатации.

Сравнение параметров международных автомобильных дорог приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры международных автомобильных дорог 2+1

Страна	Разделительный барьер	Ширина, м				
		Однополосная	Двухполосная	Укрепленная полоса	Разделительная полоса	Всего асфальтировано
Швеция	есть	3,75	3,25	0,50	1,75	13,00
Швеция	есть	3,25	3,25	0,75	1,00	12,25
Германия	нет	3,50	3,25-3,50	0,50-0,75	1,00	15,50
Германия	нет	3,50	3,25-3,50	0,50-0,75	0,50	15,00
Финляндия	есть	3,75	3,25-3,50	0,90-1,25	1,70	14,35

Финляндия	нет	3,75	3,25-3,50	1,25	0,00	13,00
Дания	нет	3,75	3,50-3,75	0,50	1,00	13,00
Норвегия	есть	3,75	3,50	0,75-1,50	2,50	14,75
Ирландия	есть	3,50	3,50	0,50-1,00	1,00	13,00
Ирландия	есть	3,25-3,50	3,50	0,50	1,00	12,25
Франция	есть	3,00	3,00	1,50	1,50	13,50
Франция	нет	3,25	3,25	0,50	1,00	12,50
Ю.Корея	нет	3,50	3,25	1,50	1,50	14,50
Ю.Корея	есть	3,50	3,25	1,50	0,50	13,50
Польша	есть	3,50	3,50	1,00	0,50	13,00
Польша	нет	3,50	3,50	1,00	0,50-1,00	13,00-13,50
Испания	есть	3,50	3,20	1,00-1,50	1,60	14,00
Испания	есть	3,50	3,25-3,50	1,50	1,00	14,50
Япония	есть	3,25	3,25	1,00	1,25	13,00
США, Техас	нет	3,35-3,65	3,35-3,65	0,90-3,00	0,00	11,85-16-95

Показатели скорости и интенсивности движения международных автомобильных дорог приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели скорости и интенсивности движения

Страна	Ограничение скорости, км/ч	Проектная скорость, км/ч	Среднегодовая интенсивность,
авт/сут	90-110	-	4000-20000
Норвегия	90-110	-	6000-20000
Германия	100	100-110	7000-25000
Финляндия	100	-	8000-13000
Дания	80-90	-	7000-15000
Ирландия	100	100	до 14000
Австрия	до 100	-	7000-18000
Польша	100	-	10000-25000

Поперечные профили международных автомобильных дорог показаны на рисунке 1.

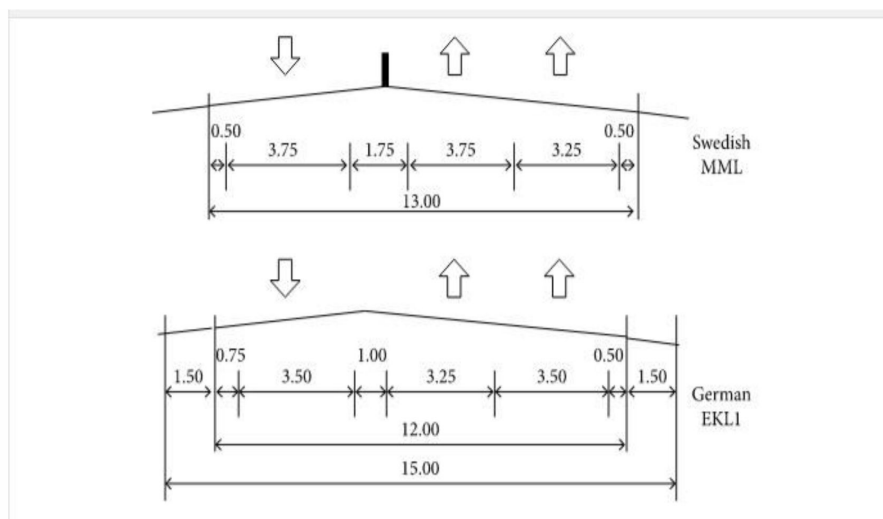


Рисунок 1 - Поперечные профили международных автомобильных дорог

Сравнение протяженности полосы обгона международных автомобильных дорог 2+1 приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Протяженности полосы обгона международной автомобильной дороги 2+1

Страна	Протяженность полосы обгона, м	Примечание
Швеция	1000-2000	Зависит от оси трассы и пересечения дорог
Германия	600-1200	Не должно превышать 4000 м
Дания	1000-2000	Рекомендуемая величина 1500 м
Ирландия	1000-2000	Разрешаются от 800 до 3000 м
Испания	1500-3500	На основании численного моделирования
Ю.Корея	800-1500	-
США	1500-3000	Зависит от СПЕД

Обзор и анализ нормативных документов стран СНГ по проектированию и строительству автомобильных дорог.

По действующим строительным нормам и стандартам стран ближнего зарубежья (СНГ: Россия, Беларусь, Казахстан, Украина, Узбекистан) проведен анализ параметров элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог.

Также проведено сравнение расчетной скорости транспортных средств по действующим категориям автомобильных дорог указанных стран.

Для сравнения геометрических элементов рассмотрены следующие параметры автомобильных дорог:

- интенсивность движения, авт/сут;
- количество полос движения, шт;
- ширина полос движения, м;
- ширина обочины, м;
- ширина укрепленной части обочины, м;
- в.т.ч. ширина краевой полосы, м;
- ширина разделительной полосы без дорожных ограждений, м;
- ширина разделительной полосы с ограждениями по оси дороги, м;
- ширина полосы безопасности у разделительной полосы, м;
- ширина проезжей части, м;
- ширина дорожной одежды, м;
- ширина земляного полотна, м.

Результаты анализа геометрических элементов автомобильных дорог указанных стран показали, что в целом они идентичны.

Если перейти к детальному анализу строительных норм, то необходимо обратить внимание на действующие категории автомобильных дорог:

- в России дороги разделены на 5 технических категорий, в том числе I категория состоит из 3 подкатегорий - IA, IB, IB, далее II, III, IV и V технических категорий;
- в Белоруссии, Казахстане, Украине, Узбекистане также дороги разделены на 5 технических категорий, однако I категория имеет только 2 подкатегории - I-a, I-б.

При этом, следует отметить, что межгосударственный стандарт [2] Таможенного союза, который принят государствами-членами ЕАЭС предусматривает 5 технических категорий дорог, в.т.ч. I категория состоит из 3 подкатегорий - IA, IB, IB.

Также необходимо отметить, что национальный стандарт Казахстана [3] регламентирует 5 технических категорий дорог, в.т.ч. I категория состоит из 3 подкатегорий - IA, IB, IB, а II категория разделена на 2 подкатегории - IIA, IIB.

Анализ интенсивности движения транспортных средств соответствующих категорий дорог в основном идентичны, кроме Белоруссии, где интенсивность движения на дорогах I категорий несколько ниже, т.е. св. 8000 ед./сут, тогда как в других странах - св.14000 ед./сут. По остальным категориям дорог интенсивности движения идентичны.

Количество полос движения I категорий дорог в Казахстане 2 и более в каждом направлении, а в других странах - 4 и более в каждом направлении движения. По остальным категориям дорог количество полос движения во всех странах идентичны.

Анализ ширины полос движения показывает, что во всех странах ширина полос движения на I категорий дорог составляет - 3,75 м. На II категорий дорог указанных стран ширина полос движения также составляет 3,75 м, кроме Белоруссии, где - 3,5 м. На III и IV технических категориях дорог указанных стран ширины полос движения идентичны, соответственно - 3,5 и 3,0 м.

Ширина обочины на I и II категории дорог во всех странах идентичны, т.е. составляет 3,75 м, кроме Белоруссии, где - 3,0 м. На дорогах III и IV категории ширина обочины также идентичны, т.е. соответственно - 2,5 и 2,0 м. На дорогах V категорий - 1,75м, кроме Белоруссии, где - 1,25 м.

Ширина разделительной полосы без ограждений на дорогах IA категорий во всех странах составляет не менее 6 м, а на дорогах IB категорий - не менее 5 м. Ширина разделительной полосы с ограждением - 2 + ширина ограждений.

Анализ расчетной скорости движения стран показал, что на дорогах IA категорий - 150/120/80 км/ч, кроме Украины, где - 130/100/80 км/ч. На дорогах IB категорий - 120/100/60 км/ч, а в Украине - 110/90/70 км/ч.

Проведенный анализ строительных норм и стандартов по проектированию и строительству автомобильных дорог стран СНГ показал, что геометрические элементы дорог были заложены в советские времена на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований с позиций обеспечения высокой пропускной способности и безопасности дорожного движения.

Сравнительный анализ вариантов строительства дорог в Казахстане.

В настоящее время разработан проект Руководства по проектированию и строительству автомобильных дорог по принципу 2+1. Прежде чем разработать руководство, проведен сравнительный анализ. Цель сравнительного анализа: выбор наиболее эффективного варианта строительства автомобильных дорог с позиции наименьшей стоимости, высокой



пропускной способности и достаточной обеспеченности безопасности дорожного движения. Сравнительный анализ проведен по пяти категориям дорог: I-б, I-б (без разд. полосы), 2+1, II, III.

Технические параметры дорог определены согласно СП РК 3.03-101-2013

«Автомобильные дороги». Построены поперечные профили указанных категории дорог. Для достижения поставленной цели проведены работы по определению объемов работ при строительстве выбранных пяти категории дорог. По известным объемам работ произведен расчет стоимости строительства дорог:

1) Произведен расчет объемов работ строительства автомобильных дорог по пяти различным категориям: Iб, Iб (без разд.пол.), 2+1, II, III.

2) Сметная документация составлена в ценах и нормах, согласно приказа Комитета по делам строительства жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами от 10 июня 2015 г. № 218-НК «Об утверждении нормативных технических документов в области архитектуры, градостроительства и строительства в РК» и приказа

№ 235-НК от 03 июля 2015 г. «Об утверждении государственных нормативов по ценообразованию и сметам».

Для сравнения экономических показателей были произведены сметные расчеты объектов строительства автомобильной дороги протяженностью 10 км.

Стоимость строительства участка автомобильной дороги приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Стоимость строительства участка автомобильной дороги ПК 00+00 - ПК 100+00

Категория автомобильной дороги	Стоимость, тыс. тенге
Iб категория	4 532 797,62
I б категория (без разд. полосы)	2 905 719,81
2+1 категория	2 461 282,19
II категория	2 307 301,29
III категория	1 549 363,68

На основании проведенного сравнительного анализа можно сделать следующие выводы:

- по показателям наименьшей стоимости необходимо отметить III категорию дороги со стоимостью 1 549 363,68 тыс. тенге. Стоимости II категории дороги и 2+1 примерно равны. Дорога Iб категории (без разд. полосы) несколько превышает стоимости II категории дороги и дороги 2+1. Наибольшей стоимостью строительства дорог отличается дорога Iб категории;

- по показателям обеспечения пропускной способ-

ности и обеспечения безопасности движения необходимо отметить дорогу Iб категории (с разделительной полосой). На дорогах Iб категории (без разд. полосы), II и III категории, которые не имеют разделительных полос, уровни обеспечения безопасности движения несколько снижены. Дорога 2+1, которая на протяжении всей длины имеют ограждения для разделения противоположных направлении движения наиболее надежны по уровню обеспечения безопасности дорожного движения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткий обзор проекта Руководства по проектированию и строительству дорог по принципу 2+1.

Автомобильная дорога 2+1 применяется с целью увеличения пропускной способности автомобильных дорог III и II технических категорий, интенсивность на которых не достигает интенсивности I категории и создает более безопасные условия для обгона без выезда на встречную полосу.

Для автомобильной дороги 2+1 приняты следующие интенсивности движения: приведенная интенсивность – свыше 8000 ед./сут., в транспортных

единицах – свыше 4000 авт/сут.

Расчетные скорости движения для проектирования элементов плана, продольного и поперечного профилей, а также других элементов приняты в следующих пределах: основная расчетная скорость – 120 км/ч, в пересеченной местности – 100 км/ч, в горной местности – 60 км/ч.

Основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог 2+1 принимаются по таблице 5.

Таблица 5 - Параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильной дороги 2+1

Параметры элементов дорог	2+1
Количество полос движения п, шт.	3
Ширина, м	
- полосы движения	3,75
- обочины	3,75
- укрепленной части обочины	до 2,5 при соответствующем технико-экономическом обосновании, но не менее 0,75
в том числе, краевой полосы	0,75
- разделительной полосы с ограждениями по оси дороги, Вр	не менее 2м + ширина ограждений
- полосы безопасности у разделительной полосы	1,0
- проезжей части	11,25
- дорожной одежды	4,75+Вогр

Поперечные уклоны проезжей части (кроме участков кривых в плане, на которых предусматривается устройство виражей) предусматриваются в зависимости от количества полос движения и климатических условий района проектирования: для дорожно-климатической зоны III - 20%, IV - 20% и V - 15%.

Количество пересечений и примыканий на автомобильных дорогах должно быть возможно меньшим. Пересечения и примыкания на дорогах 2+1 вне пределов населенных пунктов надлежит предусматривать, как правило - 5 км.

Пересечения дорог с полевыми дорогами и скотопрогоны могут быть совмещены с ближайшими искусственными сооружениями с соответствующим их обустройством, а в случае отсутствия таких сооружений на участках дорог протяженностью свыше 2 км при необходимости следует предусматривать их устройство согласно [1].

Ширину переходно-скоростных полос следует принимать равной ширине основных полос проезжей части. Покрытие на переходно-скоростных полосах должно, по возможности, отличаться от основного проезда цветом.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог 2+1 в разных уровнях (транспортные развязки)

надлежит предусматривать в местах пересечения (или примыкания):

- с дорогами I-а категории;
- с дорогами I-б, II или III категории.

Путепроводы транспортных развязок через дороги всех категорий следует проектировать по [4].

Продольные уклоны на съездах принимаются не более 40%. На однополосных съездах можно предусматривать устройство виражей с поперечным уклоном 20-60 % с учетом общих указаний по их проектированию.

Земляное полотно, водоотводные устройства устраиваются согласно [1].

Дорожная одежда для автомобильных дорог 2+1 конструируют согласно [1], [5], расчетные данные принимаются как для дорог II технических категорий с учетом геометрических показателей.

Организация дорожного движения.

Данный вид работ заключается в разработке схем организации дорожного движения на дорогах 2+1 и установке новых постоянно действующих дорожных знаков и указателей, стоек для них, сигнальных столбиков, барьерного ограждения и нанесения разметки в соответствии с нормативно-техническими документами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье даны обзор и анализ строительства дорог 2+1 в мире и анализ нормативных документов стран СНГ по строительству автомобильных дорог. Дано обоснование для разработки Руководства по проектированию и строительству автомобильной дороги по принципу 2+1. Приведен сравнительный анализ различных категорий дорог по выбору наиболее эффективного варианта строительства автомобильных дорог с позиции наименьшей стоимости, высокой пропускной способности и достаточной обеспеченности безопасности дорожного движения. Рассмотрено краткое содержание Руководства по проектированию и строительству автомобильной дороги по принципу 2+1.

Утверждение Руководства влечет за собой в дальнейшем внесение изменений в строительные нормы дорожной отрасли, а именно в СП РК 3.03-101-2013 «Автомобильные дороги».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП РК 3.03-101-2013 «Автомобильные дороги».
2. ГОСТ 33382-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация.
3. СТ РК 2025-2017 «Дороги автомобильные общего пользования. Техническая классификация».
4. СН РК 3.03-12-2013 «Мосты и трубы».
5. СП РК 3.03-104-2014 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа».

# УЧЕТ РЕСУРСНЫХ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

**Кошелев Д. В.**

заместитель начальника отдела асфальтобетона и дорожных технологий отраслевой дорожной лаборатории республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»;  
ORCID 0009-0009-4807-9348; e-mail: Koshelev.d@beldornii.by

**Бусел А. В.**

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отраслевой дорожной лаборатории республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»;  
ORCID 0000-0003-1168-1780; e-mail: Bulex@tut.by

## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены практические вопросы определения ресурсных (усталостных) свойств асфальтобетонов с помощью испытания на четырехточечный изгиб и учета результатов этих испытания при проектировании нежестких дорожных одежд. Представлены результаты исследования усталостных свойств асфальтобетонов различных типов и рекомендации по их применению в целях оптимизации конструкции дорожной одежды по критерию усталостной долговечности.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*асфальтобетон, четырехточечный изгиб, усталостная долговечность, расчет конструкции нежесткой дорожной одежды.*

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации автомобильной дороги все конструктивные слои дорожной одежды испытывают комплекс транспортных нагрузок, перепадов температуры, циклов водонасыщения-высушивания и замораживания-оттаивания, других внешних факторов, в результате чего в них формируются напряжения и деформации различной величины. Особенностью нагрузок от транспортных средств является то, что в большинстве случаев напряжения, возникающие в материалах дорожного покрытия, не превышают критических значений, однако при многократном динамическом их приложении в асфальтобетоне развиваются усталостные процессы. Это приводит к исчерпанию ресурса прочности, постепенному накоплению дефектов в структуре материала, образованию усталостных трещин с последующим его разрушением. Как показывает практика эксплуатации нежестких дорожных одежд усталостное разрушение покрытий дорог является достаточно частым явлением, поэтому проблема обеспечения усталостной прочности асфальтобетонных слоев дорожных одежд является актуальной, особенно в условиях интенсивной транспортной нагрузки, характерной для магистральных дорог.

Таким образом существует необходимость разработки, либо адаптации зарубежного экспериментального метода определения параметров работоспособности асфальтобетона под действием циклических нагрузок, а также методики оптимизации конструкции дорожной одежды по критерию усталостной долговечности асфальтобетонных слоев.

## АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ, УСТАНОВЛИВАЮЩИХ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ И РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИИ МОНОЛИТНЫХ СЛОЕВ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТНОМУ РАЗРУШЕНИЮ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПРИ ИЗГИБЕ

Как показывает практика эксплуатации дорожных одежд с асфальтобетонными слоями в Республике Беларусь на покрытиях часто встречаются дефекты в виде усталостных трещин (рисунок 1). Причин этому может быть несколько: ошибочное определение количества циклов ежегодного нагружения конструкции, искаженный или неэффективный учет климатических условий эксплуатации дорожно-строительных материалов в слоях дорожной одежды, неточная методика определения максимально-допустимых деформаций, а также накопления их в процессе эксплуатации [1].



Рисунок 1 – Усталостные трещины на автомобильных дорогах М-1 и М-4



Впервые расчет монолитных слоев на сопротивление усталостному разрушению был представлен в инструкции ВСН 46-83 «Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа» [2] выпущенной в 1984 году. Расчет по данному критерию с некоторыми незначительными изменениями применяется и в действующих правилах проектирования нежестких дорожных одежд, кодексе установившейся практики ТКП 45-3.03-112-2008 «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» [3], где предполагается, что напряжения, возникающие при прогибе дорожной одежды под действием кратковременных повторных нагружений, не должны вызывать нарушения структуры материала и приводить к образованию трещин. Для этого должно выполняться условие:

$$K_{ПР}^{TR} \leq R_{доп} / \sigma_r \quad (1)$$

где  $K_{ПР}^{TR}$  - коэффициент прочности дорожной одежды с учетом заданного коэффициента надежности;

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПО КРИТЕРИЮ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ С УЧЕТОМ УСТАЛОСТНЫХ (РЕСУРСНЫХ) СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Государственным предприятием «БелдорНИИ» был разработан дорожный методический документ «Рекомендации по расчету дорожной одежды по критерию усталостной долговечности с учетом ресурсных свойств асфальтобетонов», в котором реализован современный подход к определению усталостных свойств асфальтобетонов и их учета при расчете конструкции дорожной одежды. Алгоритм расчета состоит из трех последовательных действий:

1) определение усталостных свойств асфальтобетонов при помощи испытания на четырехточечный изгиб с построением зависимости относительная деформация растяжения - количество циклов приложения нагрузки до отказа материала;

$R_{доп}$  - предельно допустимое напряжение изгиба материала слоя с учетом усталости, МПа;

$\sigma_r$  - полное растягивающее напряжение при изгибе в монолитном слое, МПа.

Полное растягивающее напряжение при изгибе  $\sigma_r$  определяется по номограммам, исходя из значений модулей упругости слоев и отношения расчетного диаметра отпечатка колеса  $D$  к толщине монолитного слоя. Расчетная температура при этом составляет  $0^\circ\text{C}$ .

Предельно допустимое напряжение изгиба материала слоя с учетом усталости  $R_{доп}$  основано на двух показателях:

-  $R_{и}$  - прочность асфальтобетона на растяжение при изгибе с учетом повторности действия напряжений, МПа;

-  $m$  - показатель усталости материала (табличные данные).

До настоящего времени не существует нормированной методики, которая бы позволяла определять данные показатели в лабораторных условиях, что не дает возможности оценить усталостные свойства конкретного асфальтобетона при подборе состава и оптимизировать конструкцию дорожной одежды по критерию усталостной долговечности.

2) моделирование воздействия расчетной нагрузки на конструкцию дорожной одежды с определением горизонтальных относительных деформаций растяжения, возникающих в слоях асфальтобетона;

3) расчет количества приложений расчетной нагрузки к дорожной одежде до ее отказа по критерию усталостной долговечности.

*Определение усталостных свойств асфальтобетонов при помощи испытания на четырехточечный изгиб*

Испытания асфальтобетонов проводили согласно СТБ EN 12697-26 [4].

Условия проведения испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия проведения испытания

Наименование показателя	Значение показателя
Критерий нагружения	Постоянная амплитуда относительной деформации
Частота приложения нагрузки, Гц	10 (5)
Температура образца, $^\circ\text{C}$	10
Амплитуда относительной деформации растяжения, $10^{-6}$	1) 1000 2) 900 3) 800 4) 700 5) 600 (Если данные испытания возможны)
Критерий завершения испытания (отказа материала)	Падение значения модуля жесткости на 50 %
Количество циклов предварительного нагружения	20

Для построения зависимости относительная деформация растяжения – количество циклов до отказа материала производили не менее трех испытаний при различных деформациях, по четыре образца на каждую величину деформации.

После проведения испытаний вычисляли среднее арифметическое значения количества циклов до отказа материала для каждой относительной деформации растяжения.

Далее проводили регрессионный анализ полученных данных используя зависимость:

$$N \varepsilon C(\varepsilon)^m \quad (2)$$

где  $N$  – число циклов приложения расчетной нагрузки до отказа материала по критерию усталости;

$C$  и  $m$  – постоянные величины, получаемые в лаборатории при испытании конкретного асфальтобетона;

$\varepsilon$  – амплитуда относительной деформации растяжения.

Применимость этой зависимости к оценке сопротивления материала дорожных покрытий циклическим транспортным нагрузкам получила экспериментальное подтверждение и признание [5-6].

Далее вычисляли коэффициент детерминации  $R^2$  по формуле:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{N}_i - \bar{N})^2}{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2} \quad (3)$$

где  $n$  – количество проведенных испытаний при различных относительных деформациях растяжения;

$N_i$  – значение числа циклов приложения нагрузки до отказа, полученное из регрессионного выражения при относительной деформации растяжения  $i$ -го испытания;

$\bar{N}$  – среднее арифметическое значение числа циклов приложения нагрузки всех испытаний;

$N_i$  – результат  $i$ -го испытания.

Испытания проводили с учетом того, что коэффициент детерминации должен быть более 0,75.

Были проведены исследования усталостных свойств различных типов асфальтобетонов. Составы асфальтобетонов представлены в таблице 2

Таблица 2 – Составы исследуемых асфальтобетонов

Наименование материала	Содержание материала в смеси, %		
	Щебеночно-мастичный	Плотный типа А	Пористый
Гранитный щебень фракции 5-20 мм	-	-	63
Гранитный щебень фракции 8-16 мм	-	40	-
Гранитный щебень фр. 5-10 мм	70	20	-
Гранитный отсев дробления 0-5 мм	20	35	37
Минеральный порошок	10	5	-
Битум 70/100 сверх 100 % минеральной части	6,3	4,3	4,3
Гранулированное целлюлозное волокно, сверх 100 % минеральной части	0,3	-	-

Результаты испытаний приведены в таблицах 3 – 5 и на рисунке 2.

Таблица 3 – Результаты исследования усталостных свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона

Наименование показателя	Асфальтобетон ЦМСГ10-1/2,2			
Относительная деформация растяжения при проведении испытания, мкм/м	1400	1200	1000	800
Число циклов до потери модуля упругости на 50 % (отказа материала)	5258	11437	29320	92086
Начальное значение модуля упругости, МПа	4087	4095	4416	4228
Коэффициент регрессии $C$	$1,26 \times 10^{-11}$			
Коэффициент регрессии $m$	-5,12			
Коэффициент детерминации $R^2$	0,999			
Количество циклов до отказа материала при относительной деформации 200 мкм/м	$1,11 \times 10^8$			

Таблица 4 – Результаты исследования усталостных свойств плотного асфальтобетона типа А

Наименование показателя	Асфальтобетон ЦМАГ20-1/2,7 (4,3 % битума)			
Относительная деформация растяжения при проведении испытания, мкм/м	800	700	600	550
Число циклов до потери модуля упругости на 50 % (отказа материала)	5006	14993	23958	32345
Начальное значение модуля упругости, МПа	7854	7444	7956	8507
Коэффициент регрессии $C$	$9,42 \times 10^{-12}$			

Коэффициент регрессии $m$	-4,78
Коэффициент детерминации $R^2$	0,940
Количество циклов до отказа материала при относительной деформации 200 мкм/м	4 530 107

Таблица 5 – Результаты исследования усталостных свойств пористого асфальтобетона

Наименование показателя	Асфальтобетон ЩМПГ20-II			
Относительная деформация растяжения при проведении испытания, мкм/м	1200	1000	800	600
Число циклов до потери модуля упругости на 50 % (отказа материала)	1070	1217	8259	16134
Начальное значение модуля упругости, МПа	4796	4810	4894	4902
Коэффициент регрессии $C$	$1,65 \cdot 10^{-10}$			
Коэффициент регрессии $m$	-4,36			
Коэффициент детерминации $R^2$	0,912			
Количество циклов до отказа материала при относительной деформации 200 мкм/м	2 221 798			

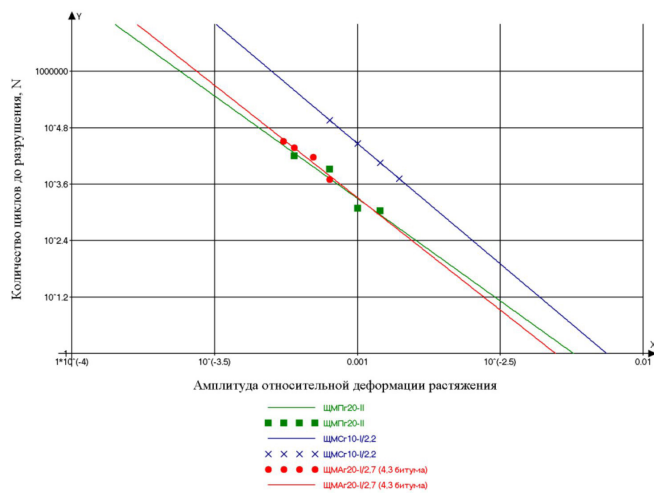


Рисунок 2 – Зависимости количества циклов работы до отказа от амплитуды относительной деформации для асфальтобетонных различных типов

По результатам проведенных испытаний установлено, что наибольшей усталостной прочностью (долговечностью) обладают щебеночно-мастичные асфальтобетоны, наименьшей – пористые, причем при относительной деформации растяжения 200 мкм/м щебеночно-мастичный асфальтобетон выдерживает в 55 раз, а плотный тип А в 2 раза больше циклов до отказа чем пористый.

Моделирование воздействия расчетной нагрузки на конструкцию дорожной одежды с определением горизонтальных относительных деформаций растяжения, возникающих в слоях асфальтобетона

Моделирование воздействия расчетной нагрузки на конструкции дорожной одежды выполняли с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Благодаря работам О. Зенкевича, Р. Галлагера, Дж. Одена, и других ученых [7, 8], начиная с 1970 г., МКЭ является наиболее популярным в инженерных расчетах.

При решении задачи о нахождении относительной деформации растяжения в асфальтобетонных слоях нежесткой дорожной одежды от приложения расчетной нагрузки при переходе от физической (реальной) модели к расчетной принимают следующие допущения:

- все слои дорожной одежды являются однородными, изотропными и не обладают весом;
- модель деформирования материалов дорожной одежды линейно-упругая, т.к. при приложении расчетной нагрузки не происходит значительных (разрушающих) деформаций;
- расчетная температура (для которой определя-

ются расчетные характеристики асфальтобетонных, модуль упругости и коэффициент Пуассона) составляет 10 °С.

Нагрузка, имитирующая расчетную нагрузку типа А2, прикладываемая к модели конструкции дорожной одежды, является динамической в виде штампа радиусом 150 мм давлением 0,8 МПа. Нагрузка увеличивается по синусоидальному закону от 0 до 0,8 МПа за 0,1 секунду. Деформации определяются в момент максимального значения нагрузки. Для расчета использовали следующее прикладное программное обеспечение: PLAXIS и ELLEA1 ver. 0.96 (метод конечных элементов, реализованный в среде Microsoft EXCEL в техническом университете Дании и верифицированный посредством сравнения показателей с экспериментальными данными).

Для примера моделирования была взята конструкция дорожной одежды I технической категории, характерная для Республики Беларусь. Также был произведен расчет улучшенной по критерию усталостной долговечности конструкции дорожной одежды, где верхний слой основания (самый нижний асфальтобетонный слой) устроен из плотного асфальтобетона типа А, вместо пористого. Расчетные характеристики слоев дорожных одежд представлены в таблицах 6 и 7. Расчетный модуль упругости асфальтобетонных принимался как среднее значение начального модуля упругости, сниженного на 25 %, определенного при испытании на четырехточечный изгиб, так как при эксплуатации дорожной одежды значение модуля асфальтобетона снижается.



Таблица 6 – Расчетные характеристики слоев дорожной одежды для дороги I технической категории

Наименование материала	Толщина конструктивного слоя, м	Расчетные характеристики материала слоя
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	0,05	Модуль упругости – 3155 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Плотный асфальтобетон типа А	0,07	Модуль упругости – 5955 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Пористый асфальтобетон	0,08	Модуль упругости – 3638 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Щебеночная смесь из гранитного щебня	0,30	Модуль упругости – 280 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,27;
Песок средней крупности	-	Модуль упругости – 120 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,30;

Таблица 7 – Расчетные характеристики слоев улучшенной дорожной одежды для дороги I технической категории

Наименование материала	Толщина конструктивного слоя, м	Расчетные характеристики материала слоя
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	0,05	Модуль упругости – 3155 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Плотный асфальтобетон типа А	0,07	Модуль упругости – 5955 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Пористый асфальтобетон	0,08	Модуль упругости – 5955 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,35;
Щебеночная смесь из гранитного щебня	0,30	Модуль упругости – 280 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,27;
Песок средней крупности	-	Модуль упругости – 120 Мпа; Коэффициент Пуассона – 0,30;

Результаты моделирования представлены на рисунке 3 и в таблицах 8 и 9.

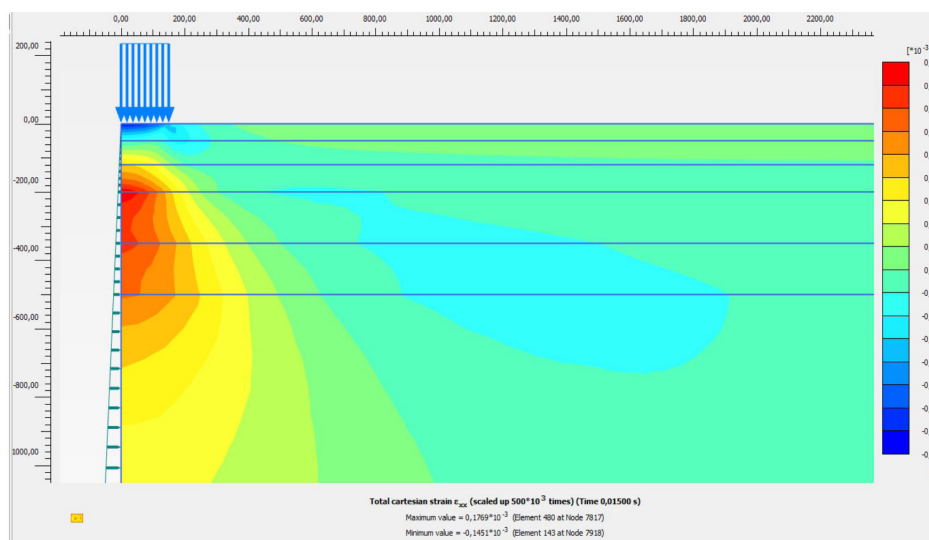


Рисунок 3 – Изополя относительных деформаций (по горизонтальной оси) при моделировании воздействия расчетной нагрузки на дорожную одежду

Как следует из полей деформации, представленных на рисунке 3, максимальное растяжение наблюдается в верхнем слое основания.

Таблица 8 – Максимальные относительные деформации растяжения, возникающие в слоях асфальтобетона для дорожной одежды дороги I технической категории

Наименование слоя асфальтобетона	Максимальная относительная деформация растяжения, мкм/м
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	22
Плотный асфальтобетон типа А	57
Пористый асфальтобетон	166

Таблица 8 – Максимальные относительные деформации растяжения, возникающие в слоях асфальтобетона для дорожной одежды дороги I технической категории

Наименование слоя асфальтобетона	Максимальная относительная деформация растяжения, мкм/м
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	20
Плотный асфальтобетон типа А	27
Плотный асфальтобетон типа А	135

Также необходимо учитывать деформаций растяжения, возникающих в верхнем асфальтобетонном слое от воздействия протектора шины рисунок 4. По данным исследователей [9] такие деформации не достигают 200 мкм/м.

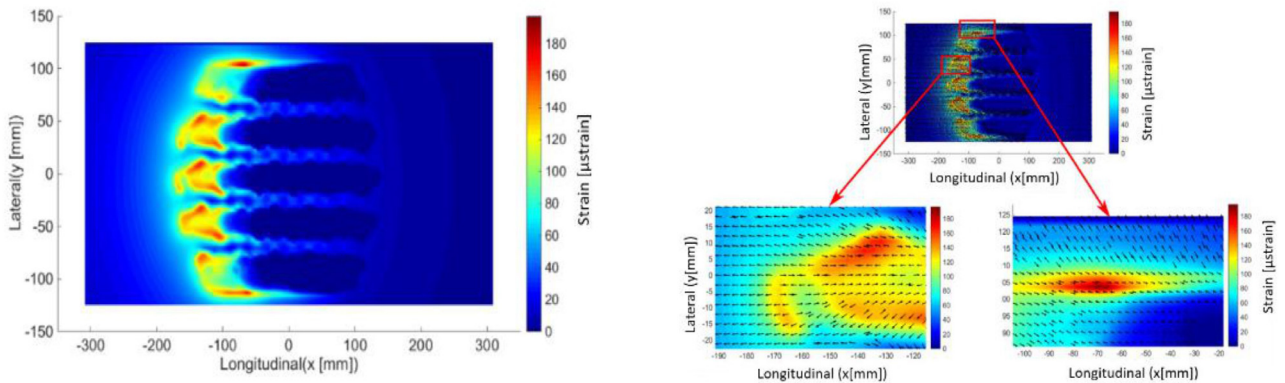


Рисунок 4 – Относительные деформации растяжения верхнего асфальтобетонного слоя от воздействия протектора шины при разгоне грузового автомобиля

Таким образом установлено, что максимальные деформации растяжения в асфальтобетонных слоях от воздействия транспортной нагрузки возникают в самом верхнем асфальтобетонном слое от воздействия протектора шины грузового автомобиля, также ощутимые деформации возникают в самом нижнем связном слое, который как правило устраивают из пористого асфальтобетона.

Определение количества циклов приложения расчетной нагрузки при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции дорожной одежды

Число накопленных осей при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции дорожной одежды, ед., рассчитывали по формуле:

$$\sum N_y = C \cdot \varepsilon_p^m \cdot K_p \cdot K_d \cdot K_n, \quad (4)$$

где  $\sum N_y$  – число накопленных осей, при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции дорожной одежды, ед.;

$C$  и  $m$  – коэффициенты, определяемые путем регрессионного анализа лабораторных данных при испытании асфальтобетонных образцов на четырехточечный изгиб;

$\varepsilon_p$  – максимальная относительная деформация растяжения асфальтобетонного слоя дорожной одежды, полученная при моделировании нагружения конструкции дорожной одежды методом конечных элементов;

$K_p$  – коэффициент, учитывающий восстановление микрповреждений в асфальтобетоне при отсутствии транспортной нагрузки; принимается равным 1,2;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий неравномерное движение автомобилей по полосе, принимаем равный 1;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий неблагоприятные периоды эксплуатации дорожной одежды (эксплуатация при водонасыщенном земляном полотне), принимается равным 0,7.

Расчет количества осей при котором произойдет отказ конструкции дорожной одежды определяли для двух слоев асфальтобетона, в которых возникают максимальные деформации растяжения от воздействия расчетной нагрузки: верхнего и самого нижнего. Таким образом возможно определить сторону развития усталостного трещинообразования «сверху-вниз» или «снизу-вверх». Результаты расчета представлены в таблицах 10, 11.

Таблица 10 – Количество циклов приложения расчетной нагрузки при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции дорожной одежды дороги I технической категории

Наименование слоя асфальтобетона	Количество приложений расчетной нагрузки до отказа конструкции дорожной одежды по критерию усталостной долговечности
Верхний слой асфальтобетона	93 622 020
Нижний слой асфальтобетона (пористый)	4 205 973

Таблица 11 – Количество циклов приложения расчетной нагрузки при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции улучшенной дорожной одежды дороги I технической категории

Наименование слоя асфальтобетона	Количество приложений расчетной нагрузки до отказа конструкции дорожной одежды по критерию усталостной долговечности
Верхний слой асфальтобетона	93 622 020
Нижний слой асфальтобетона (тип А)	24 909 772

По результатам расчета можно сделать следующие выводы:

- усталостное трещинообразование в представленных конструкциях будет развиваться «снизу-вверх»;
- улучшенная конструкция дорожной одежды при замене нижнего пористого слоя асфальтобетона на плотный асфальтобетон типа А при одинаковых условиях эксплуатации увеличивает свой ресурс в 5,9 раз.

Имея данные о интенсивности, составе транспортного потока и изменении интенсивности по годам возможно определить расчетный срок службы дорожной одежды по критерию усталостной долговечности  $T_y$ , лет по формуле:

$$T_y = \frac{\sum N_y}{365 \cdot N_p \cdot q}, \quad (5)$$

где  $\sum N_y$  – число накопленных осей, при котором произойдет усталостное разрушение (отказ) конструкции дорожной одежды, ед.;

$N_p$  – величина приведенной интенсивности движения, ед./сут; определяется по ТКП 45-3.03-112;

$q$  – показатель изменения интенсивности движения по годам.

Дорожная одежда должна функционировать без отказа по критерию усталостной долговечности весь расчетный срок службы с определенной надежностью. Для этого должно выполняться условие:

$$K_{пр}^{ТР} \leq \frac{\sum N_y}{365 \cdot N_p \cdot T_{сл} \cdot q}, \quad (6)$$

где  $K_{пр}^{ТР}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды с учетом заданного коэффициента надежности, принимается согласно ТКП 45-3.03-112;

$T_{сл}$  – расчетный срок службы дорожной одежды;

В случае выполнения условия (6) дорожная одежда считается усталостно-долговечной и надежной, в ином случае необходимо предусмотреть следующие мероприятия по улучшению усталостной долговечности дорожной одежды:

- увеличение толщин асфальтобетонных слоев дорожной одежды;
- применение в основании материалов с более высоким модулем упругости;
- применение более стойкого к усталости асфальтобетона в верхнем или самом нижнем слое пакета асфальтобетонных слоев.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До настоящего времени не существует нормированной методики расчета дорожной одежды, которая бы позволяла учитывать данные исследований ресурсных показателей асфальтобетона.

Разработанный в государственном предприятии «БелдорНИИ» дорожный методический документ «Рекомендации по расчету дорожной одежды по критерию усталостной долговечности с учетом ресурсных свойств асфальтобетонов» содержит методику, позволяющую сравнивать усталостные характеристики различных асфальтобетонов и определять их ресурс работы в конструкциях дорожной одежды.

По результатам проведенных испытаний асфальтобетонов различных типов установлено, что наибольшей усталостной прочностью (долговечностью) обладают щебеночно-мастичные асфальтобетоны, наименьшей – пористые, причем при относительной деформации растяжения 200 мкм/м щебеночно-мастичный асфальтобетон выдерживает в 55 раз, а плотный тип А в 2 раза больше циклов до отказа чем пористый.

Было установлено, что максимальные деформации растяжения в асфальтобетонных слоях от воздействия транспортной нагрузки возникают в самом верхнем асфальтобетонном слое от воздействия протектора шины грузового автомобиля, также ощутимые деформации возникают в самом нижнем связанном слое, который как правило устраивают из пористого асфальтобетона. Замена его на плотный асфальтобетон типа А обеспечивает увеличение ресурса дорожной одежды в 5,9 раза.

Таким образом представленная методика позволяет рассчитать устойчивую к усталостному разрушению конструкцию дорожной одежды и подобрать соответствующие типы асфальтобетонов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Углова Е.В., Шило О.А. Анализ критериев расчета нежестких дорожных одежд в условиях воздействия интенсивного транспортного потока / Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №3, <https://t-s.today/PDF/14SAT318.pdf> (доступ свободный).
2. ВСН 46-83 «Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа» – Введ, 1984 – М., Минтрансстрой СССР, 1984 – 41 с.
3. ТКП 45-3.03-112-2008 «Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» - Введ, 2008 – Мн., ГП «БелдорНИИ», БНТУ, 2008 – 84 с.
4. СТБ EN 12697-24-2011 «Смеси битумные. Методы испытания горячих асфальтобетонных смесей. Часть 24. Усталостная прочность» - Введ, 2011 – Мн., ГП «БелдорНИИ», 2011 – 111 с.
5. Wojciech Bankowski. Evaluation of Fatigue Life of Asphalt Concrete Mixtures with Reclaimed Asphalt Pavement. Appl. Sci. 2018, 8(3), 469; <https://doi.org/10.3390/app8030469>
6. New Phenomenological Approach for Modelling Fatigue Life of Asphalt Mixes / Nikhil Saboo, Bhaskar Pratim Das, Praveen Kumar. – Construction and Building Materials 121, 2016. – 134-142 p.
7. Галагер, Р. Метод конечных элементов. Основы / Р. Галагер. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
8. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
9. E.Y. Manyo, B. Picoux, P. Reynaud, R.Tauton, D. Nelias, F. Fillou, C. Petit Approach of pavement surface layer degradation caused by tire contact using semi-analytical model / Materials, 2021, №14, 2117 – 14 p., <https://doi.org/10.3390/ma14092117>



# ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕГРАЦИИ ВИЭ В АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.

**Сыргалиев Е. О.**

советник генерального директора Частного учреждения Nazarbayev University Research and Innovation System, e-mail: [ysyrgaliyev@nu.edu.kz](mailto:ysyrgaliyev@nu.edu.kz)

**Колумбетов А.Т**

старший инженер Частного учреждения Nazarbayev University Research and Innovation System (магистрант Алматинского университета энергетики и связи им.Гумарбека Даукеева), e-mail: [anvar.kolumbetov@nu.edu.kz](mailto:anvar.kolumbetov@nu.edu.kz)

## АННОТАЦИЯ

Преимущества технологий теплоснабжения, использующих нетрадиционные источники энергии, в сравнении с их традиционными аналогами связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но и с экологической чистотой, новыми возможностями в области повышения степени автономности систем теплоснабжения. Теплоснабжение с помощью солнечных коллекторов относится к области энергосберегающих экологически чистых технологий и получает все большее распространение в мире. Эта технология по заключению целого ряда авторитетных международных организаций, наряду с другими энергосберегающими технологиями (использование теплоты грунта, ветровой энергии, энергии океана и т. п.), относится к технологиям XXI в.

Объекты придорожного сервиса, как правило, удалены от населенных пунктов, и не всегда возможно их подключение к магистральному газопроводу или электрической сети. В последние годы в рамках декарбонизации экономики, гибридные системы теплоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) получили значительное развитие, особенно в южных регионах мира с высоким солнечным потенциалом. Вместе с тем, наблюдается недостаточное использование потенциала применения технологий теплоснабжения ВИЭ в климатических зонах Казахстана, которые имеют большое количество солнечных дней в течение года.

В этой связи, проведение системных исследований по оценке эффективности использования солнечных коллекторов в системах автономного теплоснабжения, на наш взгляд, является актуальной задачей.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*энергоэффективность, солнечные коллекторы, теплоснабжение, объекты придорожного сервиса*

## ВВЕДЕНИЕ

Перед тем как рассматривать целесообразность применения солнечных коллекторов, необходимо уточнить, пригодны ли климатические условия Казахстана для их создания и развития, и какие решения наиболее перспективны в наших условиях.

Основным определяющим фактором для расчета реальной производительности гелиосистемы является величина плотности потока прямой солнечной радиации в плоскости коллектора.

В случае работы автономных систем теплоснабжения, в частности, на природном газе или твердом топливе, солнечные коллекторы могут дополнять работу автономной котельной снижая потребление твердого топлива или природного газа.

Проведем анализ годовой солнечной инсоляции по регионам Казахстана.

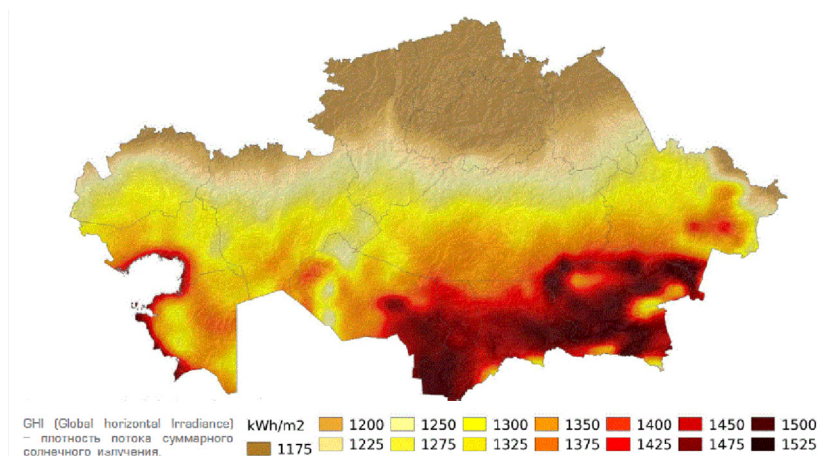


Рисунок 1 - Карта среднегодового уровня инсоляции Казахстана.

Таблица 1 – Прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность при ясном небе по городам Казахстана, МДж/м<sup>2</sup>.

Месяц	г. Шымкент, Тараз	г. Кызылорда, Талдыкорган, Алматы	г. Актобе, Караганда, Семей	г.Петропавловск
	40, град. с.ш.	45, град. с.ш.	50, град. с.ш.	55, град. с.ш.
Январь	281	218	151	96
Февраль	348	285	226	176
Март	532	486	436	369
Апрель	649	616	582	545
Май	767	754	737	721
Июнь	767	771	775	779
Июль	742	746	746	729
Август	679	662	645	612
Сентябрь	536	507	478	427
Октябрь	427	377	327	260
Ноябрь	293	235	180	126
Декабрь	239	176	117	71

Из таблицы 1 видно, что наибольший потенциал использования солнечной энергии на юге Республики (Южно-Казахстанская, Жамбылская, Кызылординская, и Алматинская области).

Предметом исследования являются объекты придорожного сервиса с ограниченной возможностью для подключения к источникам тепловой и электрической энергии.

Объектом исследования выступает система автономного теплоснабжения.

### Анализ потенциала использования технологий ВИЭ для выработки тепловой энергии в климатических условиях Казахстана

#### Возможность внедрения систем теплоснабжения с использованием солнечных коллекторов вакуумного типа для индивидуальных объектов

Солнечные коллекторы вакуумного типа представляют собой инновационные устройства, которые активно используются для преобразования солнечной энергии в тепловую.

Рассмотрим вариант применения солнечных коллекторов вакуумного типа для теплоснабжения автономного объекта. Рисунок 2.

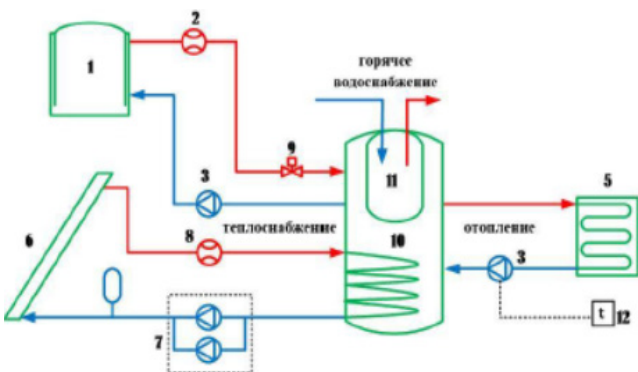


Рисунок 2. Тепловая схема системы теплоснабжения от солнечных гелиоколлекторов и теплового насоса

1 – тепловой насос (либо котел) 2-прибор учета тепловой энергии от котельной 3 – циркуляционный насос 4 – теплообменник 5 – радиаторы отопления 6 – солнечные коллекторы 7 – солнечная станция 8 – прибор учета тепловой энергии от солнечных коллекторов 9 – регулирующий клапан 10 – бак аккумулятор отопительной воды 11 – бак косвенного нагрева холодной воды 12 – термостат

Использование солнечных коллекторов возможно для производства тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения. В случае работы автономных систем теплоснабжения, в частности, на природном газе или твердом топливе, солнечные коллекторы могут дополнять работу автономной котельной снижая потребление твердого топлива или природного газа.

Проведем анализ годовой солнечной инсоляции по регионам Казахстана.

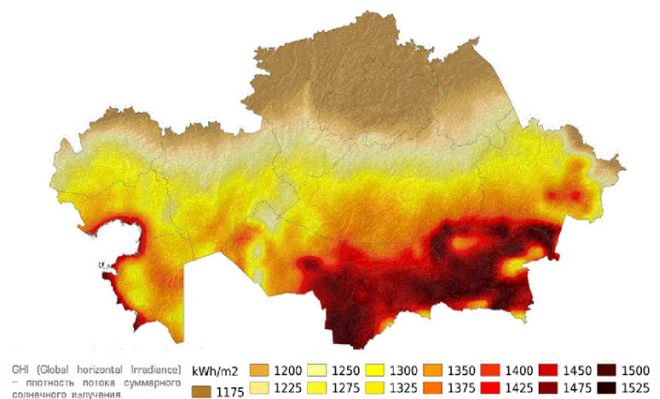


Рисунок 3 - Карта среднегодового уровня инсоляции Казахстана.

Помесячное значение солнечной инсоляции для г. Тараз и г. Астана приведено соответственно на рисунках 4 и 5.

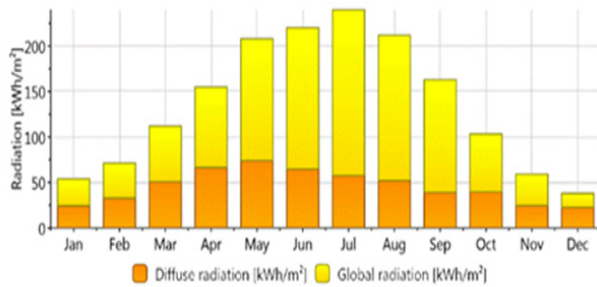


Рисунок 4 - Помесячные значения уровня солнечной инсоляции для г. Тараз

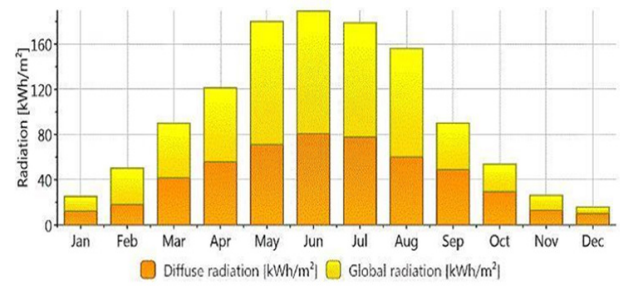


Рисунок 5 - Помесячные значения уровня солнечной инсоляции для г. Астана

На основании результатов оценки потенциала технологий ВИЭ, а также публикаций исследований, экспертных отзывов в области теплоснабжения и развития ВИЭ, рассмотрена возможность потенциального использования ресурсов возобновляемой энергии в различных географических зонах Казахстана, с учетом зональных особенностей каждого ресурса.

Результаты оценивания приведены в таблице 2. Технологии ВИЭ и регионы приведены в порядке, указывающем перспективность использования в данном регионе (по критериям убывания). По каждой технологии ВИЭ указаны 5 областей с наибольшим потенциалом.

Таблица 2 - Таблица оценки потенциального использования ресурсов возобновляемой энергии в различных географических зонах Казахстана для централизованного теплоснабжения

Наименование технологии ВИЭ	Регион
Солнечные коллектора	Актюбинская область
	Кызылординская область
	Алматинская область
	Мангистауская область
	Астана

Для ускорения декарбонизации систем теплоснабжения важную роль должно сыграть аккумулирование тепловой энергии (TES), особенно в городах, где плотность населения достаточно высока, чтобы можно было внедрить районные системы теплоснабжения. TES позволяет отделить генерацию тепла от потребления, обеспечивая более гибкую работу энергетических систем. Данные технологии пригодны для различных временных периодов – от короткого (в течение часа) до сезонного хранения, с их помощью можно более эффективно согласовать предложение со спросом, снизить сокращение поставок и устранить необходимость дорогостоящего усиления энергоресурсами.

Тепловое аккумулирование включает в себя систему, способную аккумулировать тепловую энергию и сохранять её для последующего использования. В системе TES в качестве жидкости для хранения, как правило, используется вода вследствие её высокой теплоёмкости и низкой цены, хотя для этого также подходит и почва.

В сетях автономного теплоснабжения высокие инвестиционные затраты являются одним из основных препятствий для развития систем сезонного аккумулирования тепла наряду с сопутствующим инвестиционным риском, связанным с длительными периодами

окупаемости. В такой ситуации внедрение системы цифровизации источников теплоснабжения обеспечивает более эффективное использование систем хранения и минимизацию инвестиционных и операционных затрат.

С технической точки зрения на интеграцию новых источников тепла в системы теплоснабжения автономных объектов в значительной степени влияет разница температур между расчётной температурой рабочей системы и источником тепла. Например, для интеграции средне- и высокотемпературных геотермальных ресурсов в существующие системы и здания нет препятствий. Однако могут потребоваться корректировки, если температура источника тепла ниже, чем рабочая температура сети.

При создании системы отопления необходимо знать исходные данные объекта, такие как:

- годовая динамика изменения количественных показателей прямой солнечной радиации для климатической зоны;
- класс энергетической эффективности здания
- требуемая тепловая мощность для отопления и горячего водоснабжения
- тепловую схему и принцип функционирования существующей (традиционной) системы отопления.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В настоящее время доступны различные источники тепловой энергии – нефть, уголь, газ, дерево и электричество. У всех имеются свои преимущества, но, учитывая такие критерии, как низкая стоимость капитальных вложений, хорошая управляемость, практически абсолютная чистота, большой комфорт и довольно небольшие эксплуатационные расходы, можно прийти к выводу, что отопление с использованием солнечных коллекторов является оптимальным вариантом.

Рассмотрим три типа отопительных установок: газовый котел, электрический котел и солнечный коллектор.



Таблица 1 Сравнительные характеристики отопительных установок

Технические характеристики	Способ обогрева помещения		
	Газовый котел	Электрический котел	Солнечные коллекторы
Стоимость, тыс. тенге	890 (средняя)	500 (низкая)	2 700 (высокая)
Площадь помещения, м <sup>2</sup>	300	300	300
Мощность установки, кВт	20	20	20
Площадь теплового узла, м <sup>2</sup>	6	6	4
Источник тепловой энергии	сжиженный газ	электрический ток	солнечная радиация
Расход энергоносителя в год	8500 м <sup>3</sup>	115000 кВт	энергия Солнца- бесплатно
Срок службы	10...15 лет	3...8 лет	25...30 лет
Факторы опасности	пожаро-взрывоопасный	пожароопасный	безопасен
Обслуживание	регулярное	периодическое	периодическое
Надежность	высокая	высокая	очень высокая
Автономность при отсутствии источника энергоснабжения	не обеспечивает	не обеспечивает	обеспечивает при наличии теплового аккумулятора емкостью не менее 1000 литров и СЭС мощностью 3-5 кВт
Окупаемость	не окупается	не окупается	5...7 лет

Проанализировав данные исследований годового уровня солнечной радиации по регионам Казахстана и сравнительные характеристики источников теплоснабжения табл. 1. выработка тепловой энергии солнечными коллекторами по регионам Казахстана имеет различные показатели от Севера к Югу, тем самым внося неоднородность в топологию схем теплоснабжения. В регионах, расположенных от 40 до 45 град. с.ш. эффективным будет применение топологии «солнечные коллекторы + тепловой аккумулятор», в регионах от 50 до 55 град. с.ш. наиболее эффективным решением будет применение топологии «солнечные коллекторы+тепловой аккумулятор+тепловой насос «воздух вода». От топологии схемных решений зависит срок окупаемости проекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подсчитано, что срок окупаемости солнечных коллекторов по отношению к другим источникам получения тепла составляет от 5 до 7 лет, а срок службы до капитального ремонта системы от 10 до 15 лет. Стоимость энергоносителей имеют устойчивую тенденцию к росту, и, соответственно, с удорожанием энергоносителей срок окупаемости будет ещё меньшим. Кроме затрат на топливо, существуют и другие эксплуатационные расходы, в частности, затраты на сервисное обслуживание. Минимальные затраты будут при использовании электрического отопления и отопления с солнечными коллекторами, а максимальные - при использовании газа.

Применение солнечных коллекторов в настоящее время рассматривается как альтернативное теплоснабжение. Однако анализ показывает, что нетрадиционное теплоснабжение имеет все шансы стать традиционным и даже потеснить самые популярные на сегодняшний день автономные системы обогрева.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEA (2019), *World Energy Outlook 2019*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>, License: CC BY 4.0 <https://www.un.org/en/desa>
2. *Solar Heat Worldwide, Global Market Development and Trends 2022, Detailed Market Figures 2021, 2023 Edition* [https://ru.solarcollector.onosisolar.com/working-principle-of-solar-water-heater\\_manufacturers.html](https://ru.solarcollector.onosisolar.com/working-principle-of-solar-water-heater_manufacturers.html) <http://alternative-heating.ru/>
3. Колумбетов А.Т., Жакупов А.Б., Сыргалиев Е.О. Опыт применения солнечных коллекторов в гибридных системах теплоснабжения индивидуального жилья в г. Астана. *Возобновляемые источники энергии и приоритеты науч-*

- но-технологического развития энергетики России: сборник докладов Школы молодых ученых. — М.: ИНЭИ РАН, 2022. — 222 с.: ил. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49965025>
4. Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. - 2012. - Т. 321, № 4: Энергетика
5. «Анализ возможности внедрения различных технологий возобновляемой энергетики, включая теплоснабжение, охлаждение и горячее водоснабжение (ГВ) в разных географических зонах, с учетом ресурсного потенциала», Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН)

# РАЗВИТИЕ И УЯЗВИМОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УЗБЕКИСТАНА В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Ергашев З.З.**

кандидат технических наук, доцент,

Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан.

e-mail: ergashev33@mail.ru

**Лесов К.С.**

кандидат технических наук, профессор,

Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан.

e-mail: kuvandikl@mail.ru

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

транспортная инфраструктура, количественная оценка, анализ, повреждаемость, шкала повреждаемости, физическая уязвимость, функциональная уязвимость, опасность.

## ВВЕДЕНИЕ

В Стратегии развития транспортной системы Республики Узбекистан на период до 2035 года приведены расширение строительного производства и динамика научно-технического прогресса. Целью Стратегии развития является совершенствование железнодорожной отрасли и повышение транспортно-транзитного потенциала Узбекистана [1].

Стабильное и устойчивое развитие с внедрением современных инновационных технологий в предприятия АО «Узбекистонтемирйуллари» являются благоприятным условием развития транспортной отрасли, а также всей экономики Узбекистана [2].

Сегодня железные дороги Узбекистана, являющиеся неотъемлемой и важной составляющей частью международных транспортных систем, вышли на новый уровень в сфере международных перевозок [3].

Построенные в сложных горных и пустынных условиях новые железные дороги, пролегающие через горные хребты и песчаные местности, обеспеченные современными инфраструктурными объектами, являются уникальными сооружениями в Центральноазиатском регионе.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ, РЕКОНСТРУКЦИЯ И ПЕРЕУСТРОЙСТВО СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ

В результате проводимой инвестиционной политики в транспортной отрасли за годы независимости в стране реализованы крупные инвестиционные, в том числе инфраструктурные проекты, которые имеют важные экономические и политические значения.

Результат количественной оценки строительства новых железнодорожных участков в период независимости Узбекистана приведен на рисунке 1.

Анализ показателей строительства новых железнодорожных участков в период независимости показывает, что стоимость строительства одного километра составляет от 0,8 млн. долларов США (Бухара – Мискен) [4, 5] до 11,4 млн. долларов США (Ангрен-Пап).

Для современных железных дорог Узбекистана характерны тенденции инновационного развития

скоростного и высокоскоростного пассажирского движения поездов, строятся новые скоростные и высокоскоростные электрифицированные магистрали и модернизируются функционирующие электрифицированные железные дороги.

Результат количественной оценки реконструкции железнодорожных участков под скоростное движение поездов в период независимости Узбекистана приведен на рисунке 2.

Анализ показателей реконструкции железнодорожных участков под скоростное движение поездов в период независимости показывает, что стоимость реконструкции одного километра составляет от 0,54 млн. долларов США (Пап-Коканд-Андижан) [4, 5] до 2,23 млн. долларов США (Самарканд-Бухара).

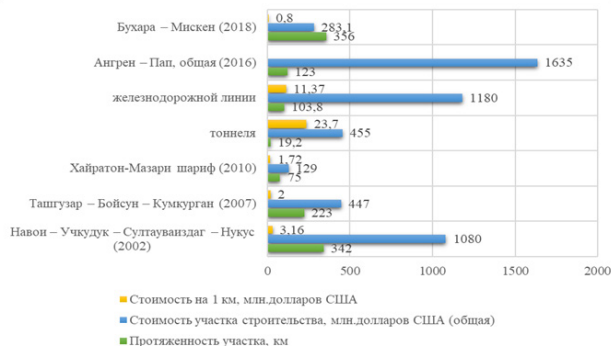


Рисунок 1 Показатели строительства новых железнодорожных участков

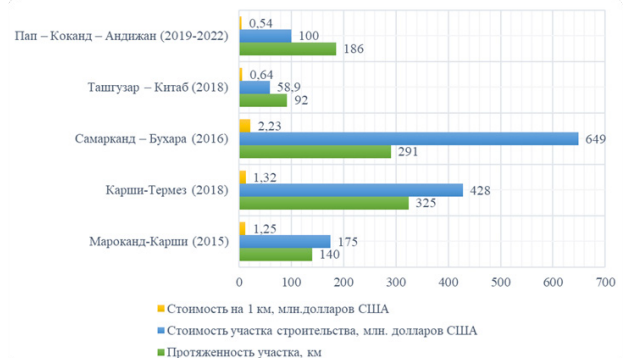


Рисунок 2 Показатели реконструкции железнодорожных участков под скоростное движение поездов

## ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

По результатам анализа характерных повреждений дорожных сооружений предложена шкала повреждаемости земляного полотна и защитных сооружений при землетрясениях (табл.1).

На примерах различных конструкций земляного полотна (насыпь, полунасыпь, выемка, полувыемка) видно, что земляному полотну присущи деформации неравномерных осадок, выпучивание и оползания откосов, ведущие к искажению поперечного профиля, трещинам и разрывам, искривление оси в профиле и плане [6].

Для оценки силы землетрясений можно также использовать данные о повреждениях земляного полотна и верхнего строения пути железных дорог. Однако этот способ уступает в точности оценкам, основанным на анализе повреждений искусственных сооружений, поскольку степень повреждения при землетрясениях насыпей, выемок и верхнего строения пути сильно зависит от местных инженерно-геологических условий.

Таблица 1 Сравнительные характеристики отопительных установок

Степень повреждений	балл	Описание степени повреждений
незначительные	6	Возможны повреждения земляного полотна от оползней, косогорных участках от излишней подрезки склона, на участках с искусственным орошением, с высоким уровнем грунтовых вод, наносными мелкими песчаными отложениями, на заболоченных участках с осадкой до 10 см. Возможны трещины (до 2 см) массивных подпорных стен.
умеренные	7	На скальных участках возможны завалы проезжей части дорог. В полунасыпи-полувыемке земляного полотна продольные трещины (до 5-15 см) между насыпной частью и выемкой. Осадки насыпей земляного полотна в сопряжениях с мостами, на наносных грунтовых основаниях до 25 см. Частичное нарушение балластного слоя, трещины дорожных покрытий до 3 см.
	8	Повреждение проезжей части в виде трещин покрытия до 6 см, осадка балластной призмы до 3 см. В полунасыпи-полувыемке земляного полотна продольные разрывы до 30 см, с вертикальной осадкой части насыпи до 10 см. Осадки насыпи в сопряжениях с мостами до 40 см.
значительные	9	Оползни насыпей земляного полотна на косогорах, оползни откосов выемок, смещение бетонных плит до 30 см, в насыпях выход из строя асфальтобетонных покрытий, искривление рельсовой решетки в плане и профиле. Полное разрушение насыпи земляного полотна в сопряжении с мостами. Сдвиг плит галереи до 15 см, трещины подпорных стен до 25 см.

## ФИЗИЧЕСКАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ УЯЗВИМОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В рамках нашего подхода под физической (конструктивной) уязвимостью транспортной инфраструктуры понимается их способность повреждаться (или полностью разрушаться) под воздействием рассматриваемых природных опасностей (землетрясений, наводнений, оползней).

Необходимо иметь в виду, что различным видам опасностей может соответствовать различный механизм повреждения (разрушения).

Под функциональной уязвимостью транспортных объектов понимается их способность терять свое функциональное предназначение (частично или полностью) в результате внешних воздействий и полученных повреждений.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития транспортной системы Республики Узбекистан до 2035 года. <https://regulation.gov.uz/oz/document/3867>.
2. Стратегия развития АО «Узбекистонтемирйуллари». [https://railway.uz/ru/gazhk/strategiya\\_razvitiya](https://railway.uz/ru/gazhk/strategiya_razvitiya).
3. Lesov K. Effectiveness Management of Construction Production Programs with Changes in the Facilities Saturation with Means of Mechanization. AIP Conference Proceedings. 2023. no. 2612. pp. 040022. <https://doi.org/10.1063/5.0114462>
4. Lesov K.S., Ergashev Z.Z., Kenjaliyev M.K., TadjibaevSh.A. Quantitative characteristics of construction and reconstruction of railway sections in Uzbekistan. E3S Web of Conferences. 2023. no. 401. pp. 03024. DOI: 10.1051/e3sconf/202340103024
5. Лесов К.С., Ергашев З.З., Кенжалиев М.К. Анализ строительства новых железнодорожных участков в Узбекистане. Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Железнодорожный транспорт и технологии» (Екатеринбург, 29-30 ноября 2022 года), 2022.с. 106-109.
6. Абдужаббаров А. Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог [Текст] / А.Х.Абдужаббаров. - Бишкек: 1996. - 226 с.



УДК 624.139.

# УНИКАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КАЗАХСТАНА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

**Асмагулаев Б. А.**

*доктор технических наук, почетный профессор МАДИ, Академический советник  
Национальной инженерной академии РК, директор по науке  
ТОО НИ ПК «Каздоринновация», г. Алматы, Республика Казахстан*

**Асмагулаев Р. Б.**

*кандидат технических наук, Академик транспорта ИТА,  
директор ТОО НИ ПК «Каздоринновация», г. Алматы, Республика Казахстан*

**Асмагулаев Н. Б.**

*доктор PhD, ТОО КазНИИПИ «Дортранс», г. Алматы, Республика Казахстан*

**Мазгутов Р.А.**

*генеральный директор ТОО «Павлодаржолдары», Академик транспорта ИТА,  
г. Павлодар, Республика Казахстан*

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями мировых стандартов, при современных транспортных нагрузках, автомобильные дороги окупаются при эксплуатации до 50 лет и более. Для увеличения межремонтных сроков дорожных конструкций до 50 лет и окупаемости затрат на полный жизненный цикл эксплуатации дорог, рекомендуется повысить несущую способность нижних слоев. Использование монолитных слоев в нижних слоях дорожной одежды приведет к увеличению затрат, поэтому рекомендуются использовать вместо традиционных затратных технологий, ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии и материалы. Для этого в Казахстане имеются уникальные возможности по имеющейся сырьевой базе и технике. Различные крупнотоннажные промышленные техногенные минеральные отложения, прошедшие термическую обработку при основном производстве, обладают вяжущими свойствами, которые во всех странах используются в дорожном строительстве. Согласно информации Министерства экологии и природных ресурсов, в 2023 году благодаря наблюдениям из космоса было обнаружено более 5,5 тысячи свалок по всей стране. Утилизация отходов является приоритетной государственной задачей в соответствии с действующим законом Казахстана "Зеленая экономика"

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Автомобильные дороги, монолитные основания, ресурсосбережение,  
техногенные отходы, сроки окупаемости дорог.*

## АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ

Модернизировать дорожную сеть и увеличить протяженность автомобильных дорог, является приоритетом любой страны, так как существует прямая зависимость между плотностью дорог, создающий мультипликативный более 10-кратного эффекта на все отрасли экономики и национальный доход на душу населения. Такие транспортно-развитые страны как: США, Китай, Индия, Япония, Бразилия, Франция, Германия и другие воспользовались мультипликативным экономическим эффектом, начав подъем экономик своих стран, широко масштабным строительством современных автомагистралей. Китай в 80-х годах выдвинул лозунг: «хочешь быть богатым - строй дороги», построено более 5,5 млн. км. дорог. Китай на первом месте по ВВП и на третьем месте по количеству автодорог, после США и Индии, а по скоростным автомагистралям на первом месте в мире.

Для примера; ежегодный бюджет транспортно-развитых стран: КНР выделяет на эти цели около 3,5% ВВП или 17 млрд.\$, США, Великобритания по 25 млрд.\$, а страны ЕС - на уровне 2,5% от ВВП.

В связи с изменением состава движения и повыше-

нием транспортных нагрузок в 3-4 раза, срок службы дорожных покрытий автомобильных дорог резко сократился: покрытия из асфальтобетона -до 5-6 лет, из цементобетона-до 20-25 лет [1-4]. Для повышения межремонтных сроков республиканских автомобильных дорог в Казахстане, с 2006 года принято постановление о строительстве дорог на 13 тс на ось транспорта. За 16 лет построено более 18 тыс. км дорог, в том числе более 2000 км. с цементобетонными и асфальтобетонными покрытиями на бетонных основаниях. В России с 2017 года межремонтные сроки дорожных одежд увеличены до 24 лет, для пропуска по федеральным дорогам автотранспорта с нагрузкой 11,5 тонн. В то же время в Казахстане и Российской Федерации принципы расчета дорожных одежд остались прежними, такими же, как и в нормативных документах 1960-80 гг. [1,2], со сроком эксплуатации 15-25 лет.

Многочисленные натурные исследования ученых крупнейших научных школ России, занимающихся вопросами динамики дорожных конструкций, МАДИ под руководством М.В. Немчинова, СибАДИ под руководством А.В. Смирнова и РГСУ под руководством С.К.

Илиополова и Е.В. Угловой позволили установить, что колебания дорожных конструкций сопровождаются деформациями всех слоев дорожной одежды, а модуль упругости грунта земляного полотна на глубине 1,8 м снижается до 12МПа, при частоте вибрации 1,75Гц. [5].

Новые мировые концепции свидетельствуют о необходимости коренной переработки действующей до сих пор в Казахстане и в России методики проектирования автомобильных дорог. Для увеличения межремонтных сроков дорожных конструкций до 50 лет и окупаемости затрат на полный жизненный цикл эксплуатации дорог, рекомендуется повышать несущую способность слоев «снизу-вверх» [3]. Использование монолитных слоев в нижних слоях дорожной одежды приведет к увеличению затрат, поэтому рекомендуются использовать вместо традиционных затратных технологий, ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии и материалы. Для этого в Казахстане и в России имеются уникальные возможности по имеющейся сырьевой базе и технике. Различные крупно тоннажные промышленные техногенные минеральные отложения, прошедшие термическую обработку при основном производстве, обладают вяжущими свойствами и используются в цементной промышленности, а также в дорожном строительстве.

В Казахстане накоплено более 45 млрд тонн ТМО и ежегодный выход около 1 млрд. тонн. В России общий объем различных ТМО составляет более 100 млрд тонн, ежегодный выход более 5 млрд. тонн.

Идея создания основания более прочного, чем покрытие, не нова [3,6,7,8]. В России и Казахстане имеются совместные исследования по строительству и эксплуатации дорожных бетонов, с использованием крупно тоннажных промышленных техногенных минеральных отходов (ТМО) [4,6,7,8,9]. В связи с закрытием головного дорожного научно-исследовательского института «СоюзДорНИИ», дальнейшие исследования продолжены в Казахстане. В Казахстане 39 ТЭС работают на твердом топливе, в отвалах накоплено около 20 млрд тонн золы уноса, с ежегодным выходом до 100 млн. тонн. В 2022 году ФАУ «Росдорнии» и ООО «Газпром Энергохолдинг» заключили соглашение на 5 лет по применению золошлаков в дорожном строительстве. Для увеличения межремонтных сроков дорожных конструкций, применение продукции ТМО технологически и экономически выгодно, дешевле природных каменных материалов и требует более 3 раз меньше удельных капиталовложений. Утилизация ТМО является приоритетной государственной задачей по охране окружающей среды, в соответствии с действующим законом Казахстана «Зеленая экономика».

## СТРОИТЕЛЬСТВО ДОЛГОВЕЧНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БЕЛИТОВЫХ ЦЕМЕНТОВ И ВЯЖУЩИХ ИЗ ТМО.

Опыт строительства цементобетонного покрытия автомобильной дороги «Алма-Ата-Капчагай», построенного в 1970 году, протяженностью 100 км показал, что срок эксплуатации которого составил 20 лет. Затем покрытие в 1990 году перекрыто асфальтобетонным покрытием, которое находилось в эксплуатации еще 25 лет до 2015 года, до полной реконструкции дороги. Верхний слой износа каждые 5-6 лет восстанавливался.

Идея о создании дорожных бетонов с высокой морозостойчивостью была осуществлена в советские периоды в 1976-1990 годах, после получения положительных результатов при строительстве первых участков дорог, с использованием укатанных шлакобетонов, протяженностью 10 км и 24 км по разработкам, выполненным в Казахском филиале СоюзДорНИИ [6, 8]. В Казахстане за период 1976-1990 годы было построено более 1200 км автомобильных дорог с использованием вяжущих из ТМО для бетонных покрытий со слоем износа из холодного и горячего асфальтобетона, в том числе в зимний период. Предварительно были созданы при комбинатах

ДСМ Министерства автомобильных дорог Казахской ССР базы по производству цемента и вяжущих, на основе использования ТМО. При этом использовались крупно тоннажные отходы: фосфорные и доменные гранулированные шлаки Чимкентского, Джамбулского фосфорного и Карагандинского металлургического заводов, бокситовые шламы Павлодарского алюминиевого завода, а также золы уноса 39-ти ТЭЦ.

За периоды с 1976-1984 годов построено 1200 км дорог с использованием бетонов на основе фосфорных, доменных гранулированных шлаков, золы уноса ТЭЦ и бокситового шлама.

Из результатов испытаний кернов, высверленных из шлакобетонов, построенных в 1976-1977 годах участков на дорогах «Александровна-Нестеровка» (10 км.) и «Фоголево-Жданово» (24 км) в условиях пониженных положительных и отрицательных температур, следует, прочностные показатели шлакобетонов, упрочняются в процессе эксплуатации дорог в течение более 35- 45 лет.



Рисунок 1. Многолетнее упрочнение самовосстанавливающихся дорожных бетонных покрытий, со слоем износа из асфальтобетона на автомобильных дорогах, построенных в 1976-1984 гг.: где бетоны на основе белитовых цементов и вяжущих из ТМО:

1-зола уноса ТЭЦ, 2-бокситовый шлам, 3-шлаки доменные и фосфорные.

Белитовые цементы и минеральные вяжущие, с преимущественным содержанием в составах двух кальциевого силиката (50%-85% С2S-Белит), обеспечивают долговечность дорожных бетонов и эксплуатацию дорог не менее 50 лет. Долговечность структуры белитовых цементов обеспечивается нано размерными новообразованиями, состоящих в основном из гидроликатов кальция С-S-H, которые способствуют практически полной гидратации цементных зерен. В отличие от традиционно используемых в дорожном строительстве алитовых портландцементов, с преимущественным содержанием до 65%, быстро затвердевающего трех кальциевого силиката (С3S - Алит). Гидратация С3S сопровождается образованием вокруг зерен цемента трудно водонепроницаемой оболочки из кристаллизационной структуры, которая со временем препятствует полной гидратации внутренней части зерен цемента. Поэтому полная гидратация трех кальциевого силиката практически достигает до 60%, с образованием более 40% «микро бетона Юнга» - не гидратированных зерен [12]. В дальнейшем, в течение 15-20 лет эксплуатации автомобильных дорог, происходит гидратация внутренней части зерен, что приводит к разрушению оболочек и снижению прочности цементобетонного покрытия [6-8,12,13]. Установлено, что портландцементы гидратируются в бетонах в течение до 5-6 лет, в зависимости от фракционного состава зерен цемента от 5-90 мкм [14,15]. Поэтому для полной гидратации всех зерен цемента размером 40-90 мкм и снижения преждевременных деформаций цементобетонных покрытий, рекомендуются устраивать слои износа из плотных асфальтобетонов. Для полного устранения отрицательного свойства алита-С3S, необходимо в бетонах, в качестве мелкого заполнителя использовать гранулированные шлаки, шламы или золы ТЭЦ [6-8, 14,16]

Автомобильная дорога 1 категории «Астана - Щучинск», участок №1 07-57 км, построенная в 2007 году с цементобетонным покрытием на основании из монолитного укатанного «самовосстанавливающегося» золотона [10,11], уже в течение 16 лет эксплуатируется в идеальном состоянии. Мониторинг через 8 лет эксплуатации участка дороги км 07-57 «Астана-Щучинск». с помощью георадарного сканирования, подтвердил об эффективности использования слоя из дренирующего ЩПС, который снижает вибрацию цементобетонного покрытия, а водонепроницаемое золотонное основание, препятствует переувлажнению верхних слоев дорожной одежды от поднятия капиллярной влаги от УГВ (см. рис. 2).

В Казахстане в процессе многолетнего мониторинга дорог установлено, что при современных транспортных нагрузках, с тяжелыми контейнерными автоперевозками, основными причинами преждевременных деформаций на дорогах являются:

- много циклическая вибрация слоев дорожной одежды, способствующая ускоренному поднятию капиллярной влаги снизу-от уровня грунтовых вод, а в первую очередь, начиная с увлажнения грунтов рабочего слоя земляного полотна, что подтверждается исследованиями Российских ученых [5];

- переувлажнению подвергаются все слои дорожной одежды: пористые асфальтобетоны, укрепленные малыми дозами цементов до 10% и щебеночно-песчаные слои, за исключением цементобетонных покрытий, оснований и асфальтобетонных покрытий из плотных смесей.

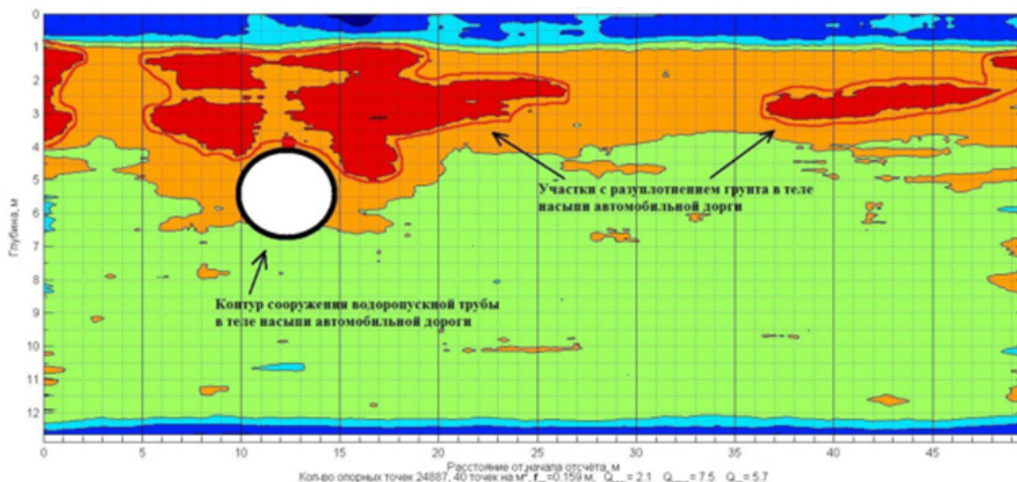


Рисунок 2. (Фото 2015г.) Георадарный снимок участка км 07-57 «Астана-Щучинск», построенного с учетом предложенной авторами инновационной дорожной конструкции. В дорожной одежде толщиной до 1 метра отсутствуют деформации. Покрытие 16 лет без дефектов.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БЕЛИТОВЫХ ЦЕМЕНТОВ И ВЯЖУЩИХ ИЗ ТМО.

Проведенные фундаментальные физико-химические исследования с проведением термографических, рентгеноструктурных и электронно-микроскопических анализов фазовых составов цементного камня, позволили нам разработать новые составы инновационных белитовых цементов. Новые цементы, обеспечивают требуемые технологические и технические свойства, для специфических условий поточного строительства и долговечной эксплуатации автомобильных дорог. Основным структурообразующим компонентом в белитовом цементном камне являются низко основные коллоидные гидросиликаты кальция С-S-H, которые представляют собой

аморфный клей, наноразмерных величин [8,11,15-17], обладающие свойством длительной тиксотропии. В белитовом цементном камне кристаллогидраты, содержание которых составляет от 20% до 40% в массе С-S-H клея, играют роль дисперсно-армирующих составляющих, и не препятствуют глубокой гидратации зерен цемента.

Применение укатанных высокотехнологичных дорожных бетонов имеют следующие преимущества:

- осуществление без ограничения по времени всех технологических операций при использовании традиционных дорожно-строительных машин и оборудования;



- повышение производительности и сокращение сроков строительства в 2-3 раза;

- сокращение затраты на строительство покрытий и оснований из укатанных бетонов почти на 30% по сравнению с аналогичными слоями из цементобетона.

Многолетний практический опыт применения высоко-технологичных укатанных шлакобетонов, шламобетонов и золобетонов показал, что строительство можно производить круглогодично, так как упрочнение бетонов обеспечивается при длительной эксплуатации дорог и в течение более 35-45 лет, по технико-эксплуатационным свойствам они не уступают высокопрочным цементобетонам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в мировой практике дорожного строительства и результатами многолетних фундаментальных и экспериментальных исследований и эксплуатации автомобильных дорог в Казахстане установлено, что применение белитовых цементов и вяжущих, полученных на основе промышленных крупно тоннажных техногенных минеральных отходов промышленности: золы-уноса ТЭЦ, доменных и фосфорных гранулированных шлаков, бокситовых шламов, позволяют повысить качество и снизить затраты на строительство и полный жизненный цикл эксплуатации дорог на 50 лет в 2-3 раза, улучшить качество окружающей среды и обеспечить экологическую безопасность дорожного строительства.

Белитовые цементы и вяжущие, с преимущественным содержанием в составе двухкальциевого силиката (более 50% до 85% C2S-Белит), обеспечивают долговечность дорожных бетонов и эксплуатацию дорог не менее 35-50 лет. Долговечность структуры белитовых цементов обеспечивается нано размерными гидросиликатами кальция C-S-H, за счёт полной гидратации цементных зерен, в процессе много летней эксплуатации автомобильных дорог.

Самовосстанавливающиеся дорожные наноструктурированные бетоны обладают свойствами длительного упрочнения коллоидных структур: тиксотропии – самовосстановление от разрушений и реопексии – упрочнение от действия транспортных и температурных нагрузок.

Применение дорожных конструкций с возрастающей прочностью «снизу-вверх» в соответствии с новыми мировыми концепциями потребует изменения методик проектирования и расчета дорожных одежд нежесткого и жесткого типа.

Широкое освоение нанотехнологий и наноматериалов в России и Казахстане, с комплексной переработкой крупно тоннажных промышленных техногенных отходов и вторичного сырья», позволит ускоренными темпами модернизировать сеть автомобильных дорог и поднять экономику наших стран.

Белитовые цементы и вяжущие получены на основе использования много тоннажных техногенных минеральных отходов (ТМО), прошедших термическую обработку при основном производстве. Поэтому при экологичном производстве белитовых цементов на заводах, при их измельчении не требуется обжига, как при производстве промышленных цементных клинкеров, с выделением токсичных CO<sub>2</sub>. Применение белитовых вяжущих без измельчения производится путем простого перемешивания с активатором и заполнителями в стационарных или передвижных установках. Межремонтный срок дорожных бетонов гарантирован на 50 лет, с обновлением слоя износа каждые 10 лет.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Телтаев Б.Б., Асмагулаев Б.А., Красиков О.А. и др. «Автомобильные дороги». СНИП РК 3.03-09-2006, Астана, 2007. С.48.
2. Корочкин А.В. Особенности проектирования дорожных одежд в Германии. Ж. Наука и техника в дорожной отрасли № 012022г. С.22-26.
3. Радовский Б. С. Концепция вечных дорожных одежд / Б. С. Радовский // Дорожная техника : каталог-справочник. – 2011. – С. 120-132.
4. Горельщиков, Н. В. Асфальтобетон и другие битумо-минеральные материалы / Н. В. Горельщиков. – Можайск : Можайск-Терра, 1995. – 176 с.
5. Osinovskaya V.A. Vibrating destruction of flexible pavement and a ways of increase of their durability. //Structure and Environment. Kielce University of Technology. Faculty of Civil and Environmental Engineering. 2012. №4. vol.4. pp.5-10.
6. Асмагулаев Б.А., Шейнин А.М., Чумаченко В.И. и др. Укатываемый бетон на основе шлакового вяжущего //Ж. Автомобильные дороги №9. -1993, с.18-20.
7. Асмагулаев Б.А. Прочность шлако- и золоминеральных оснований в период ранней эксплуатации. //Ж. Автомобильные дороги, 1984, N1, с 17-18.
8. Асмагулаев Б.А. Строительство дорожных одежд с повторным использованием материалов реконструируемых автомобильных дорог. Алматы: ТОО «Эверо», 1999.С. 212.
9. Асмагулаев Б.А., Сильянов В.В., Асмагулаев Р.Б., Асмагулаев Н.Б. Применение наноструктурированных шлакоминеральных бетонов при строительстве автомобильных дорог. Ж. Промышленный транспорт Казахстана. Нур-Султан. 2021 № 2.С.30-34.
10. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Р.Б., Асмагулаев Н.Б. и др. Р. РК 218-314-2017 «Рекомендации по строительству и реконструкции автомобильных дорог и ИВПП аэродромов из укатываемых бетонов, на основе безобжиговых вяжущих». КАД МИИР РК, КазНИИПИ «Дортранс». Астана. 2017. С 36.
11. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Р.Б., Асмагулаев Н.Б. и др. Пате нт РК № 29852 «Самовосстанавливающийся дорожный бетон». / МЮ РК. Оpubл. 15.05.15, Бюл. № 5.
12. Тейлор, Х. Ф. Гидросиликаты кальция. Химия цемента / Х. Ф. Тейлор. – М. : Стройиздат, 1969. – С. 17-18.
13. Абланов, Б.Ф. Б. В. Белоусов, Б. А. Асмагулаев. Исследование вещественного состава и кинетики твердения вяжущего на основе фосфорного шлака. /Вопросы металлогении, вещественного состава и геологического строения месторождений Казахстана /- Алматы, 1978. –Сб. трудов КАЗПТУ, Вып. 13. – С. 69-75.
14. Нанотехнологии XXI века для долговечных автомобильных дорог Казахстана. Монография под общей редакцией Асмагулаева Б. А. //Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Р.Б., Сурашев Н.Т., Асмагулаев Н.Б. Кабашев А.Р.// Талдыкорган: СП "LAZER", 2023. С.367. ISBN 978-601-08-3313-5
15. B A Asmatulayev, R B Asmatulayev and N B Asmatulayev. Use of self-recovering slowly-hardening concrete to longevity of highways. DS ART 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 832 (2020) 012019 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/832/1/012019. 1-13.
16. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Р.Б., Асмагулаев Н.Б. Перспективы использования наноструктурированных укатываемых бетонов для продления дорожно-строительного сезона. Сборник докладов 78-й международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ, подсекции «Изыскания и проектирование дорог». М. 2020. С. 75-88.
17. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Р.Б., Сурашев Н.Т., Асмагулаев Н.Б. Строительство, технология и эксплуатация дорожных бетонных покрытий. Учебное пособие. Талдыкорган: СП "LAZER", 2022. С. 258. ISBN 978-601-7394-22-6.

# АДГЕЗИОННЫЕ ДОБАВКИ В АСФАЛЬТОВЫХ СМЕСЯХ. ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Вахидов У.Ш.**

*доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексева*

**Ерасов И.А.**

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные и дорожные машины»*

**Молев Ю.И.**

*доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» Россия, г. Н. Новгород, тел. +7 (831) 436-01-59 email: moleff@yandex.ru*

**Пуртов А.Р.**

*кандидат технических наук*

**Бабанин В.А.**

*Заместитель ген директора по техническим вопросам ООО «ТК Риминвест»*

**Павлов В.В.**

*Заместитель генерального директора по развитию ООО «ТК Риминвест», тел. +7 929 053 55 92, email: pavlov@riminvest.ru*

## АННОТАЦИЯ

В представленной статье проведён аналитический обзор применения адгезионных добавок в асфальтобетонных смесях. Адгезионные добавки являются химическими соединениями, которые улучшают сцепление между битумом и минеральными материалами. Их использование позволяет повысить прочность и долговечность асфальтобетона. В текущее время сеть дорог постоянно расширяется, и все больше асфальтобетонных смесей производится для поддержания дорожной инфраструктуры в работоспособном состоянии. Однако, часть дорог не соответствует нормативным требованиям, поэтому исследования в области адгезионных добавок являются актуальными. Существуют различные способы подачи добавок в битум, такие как использование дозаторов и переходных бункеров. Оптимальная концентрация добавок и равномерное распределение их в битуме являются важными факторами для достижения положительного эффекта. Технологическое совершенствование процесса укладки асфальта и контроль качества работ являются ключевыми аспектами для повышения качества дорожного покрытия. Дан анализ текущему состоянию дел в области технического ввода ПАВов, оценена потребность в данном компоненте.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

**асфальтобетонная смесь** – Рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня (гравия) и песка с минеральным порошком или без него) с битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

**асфальтобетон** – Уплотненная асфальтобетонная смесь.

**адгезионная добавка** – Химическое соединение, которое, концентрируясь на поверхности раздела битум – минеральный материал, вызывает снижение поверхностного натяжения и способствуют увеличению адгезии.

**поверхностно-активное вещество (ПАВ)** – Химическое соединение, которое вызывает снижение поверхностного натяжения, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз.

**адгезия** – Сцепление между вяжущим и минеральными материалами. Характеризуется способностью битумного вяжущего удерживаться на предварительно покрытой им поверхности минерального материала.

## ВВЕДЕНИЕ

Устойчивое развитие любого общества невозможно без совершенствования средств коммуникации между его членами. Поэтому повышение мобильности населения, снижение финансовых и временных затрат на доставку грузов являются приоритетными направлениями развития нашей страны, в том числе закреплённых в национальном проекте «Безопасные и качественные дороги». Существенный объём работ, выполняемых в рамках данной программы, приходится на укладку асфальтобетонных покрытий.

Согласно данным Госкомстата на 2022 год в Российской Федерации функционировала сеть дорог, общей протяжённостью 1,578 млн км (из них 1,115 млн. км приходится на дороги с твёрдым покрытием). Рост протяжённости дорог за последние 10 лет составил 1,2 раза. Рост же производства асфальтобетонных смесей за тот же период составил 1,5 раза. То есть всё большее количество асфальтобетонных смесей производится для поддержания существующей дорожной сети в работоспособном состоянии. При этом, согласно публикации в журнале Дороги России (№1 за 2020 год) в 2020 году дорожникам предстояло увеличить долю региональных дорог, соответствующих нормативным требованиям, до 44,9%, что означает, что более 50% дорог в Российской Федерации не отвечает действующим нормам, поэтому поиск путей преодоления указанной проблемы является актуальной научной задачей.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Впервые специальные добавки в асфальтобетон было предложено использовать в 1966 году в ФРГ, и, начиная с 1970 года, они стали широко применяться в дорожном строительстве. Разработанный метод получения дорожного покрытия стал результатом исследований, направленных на повышение прочности асфальта, уменьшения скорости его разрушения при росте интенсивности движения вообще и большегрузных транспортных средств в частности. Накопленный при эксплуатации данного покрытия опыт позволил уже в 1984 году ввести первый национальный стандарт Германии на его спецификацию и применение. Преимущества использования нового материала не остались незамеченными в соседних странах, что привело к широкому применению данного вида асфальтобетона в странах Евросоюза и США. Национальные стандарты на асфальтобетон с адгезионными добавками принимались в этих странах в период с 1990 по 2000 годы. В нашей стране первое применение специального асфальтобетона отмечено с 2002 года, а стандарт ОДМ 218.3.064–2019 вступил в действие с 2021 года. За этот период времени имел место взрывной рост производства асфальтобетона с адгезионными добавками. Согласно [12] суммарная площадь, заасфальтированная новым материалом, возросла с 1,5 млн м<sup>2</sup> в 2002 году до 30 млн м<sup>2</sup> в 2009. Такому значительному увеличению объемов производства нового типа асфальтобетона способствовали технологические и эксплуатационные преимущества, которые были выявлены в результате строительства автомобильных дорог за эти годы.

Следует отметить, что согласно результатам исследования дорог с применением новой технологии формирования дорожного покрытия [8] имеет место неравномерность свойств дорожной одежды.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все способы подачи адгезионных добавок или поверхностно-активных веществ в битум имеют несколько общих признаков. Во-первых, точное количество веществ, необходимых для получения модифицированного битума соответствующего качества, определяют путем предварительных лабораторных испытаний для конкретного рецепта асфальтобетонной смеси. Во-вторых, перед смешиванием ПАВ и вяжущее нагревают: температура битума, в зависимости от производимого вида асфальта, в среднем должна находиться в районе 150–160 °С, температура добавок — от 20 до 80 °С. В-третьих, основным оборудованием, отмеряющим необходимый объем химических веществ для добавления в вяжущее, практически в каждом способе подачи является дозирующий насос, в качестве которого может служить, например, шестеренный насос с регулятором. Для того, чтобы в процессе производства асфальта битум увеличил связь с минеральными материалами, но при этом сохранил свои физико-химические свойства, ПАВ добавляют в небольшом количестве — до 1,5% от массы вяжущего. При этом однородность модифицированного битума, необходимую для производства смеси высокого качества, можно достичь несколькими способами, каждый из которых находит свое применение на предприятиях того или иного уровня. Прямая зависимость между уровнем сцепления, вяжущего с минеральной частью смеси и сроком службы асфальтобетона, определила использование в работе производственных предприятий специальных адгезионных добавок для битума. Чаще всего они представляют собой жидкие поверхностно-активные вещества катионного, анионного или амфотерного типа. Катионные вещества применяют тогда, когда в качестве инертного материала выступает щебень, полученный из кислых горных пород, например гранит. Вещества анионного типа используют при работе с основными горными породами: габбро, диабазом, базальтом, и другими. Третий тип — амфотерные ПАВ — сочетают в себе преимущества катионных и анионных

Так коэффициент вариации коэффициента уплотнения при проведении исследований менялся от 0,1 до 0,6, (при изменении прочности покрытия от 0,6 до 0,9 МПа), что свидетельствует о значительном изменении качества покрытия по длине и ширине дороги. Значительное колебание параметров дорожного покрытия не могут не сказаться на качестве выполнения работ.

В научных трудах отечественных и зарубежных ученых большое внимание уделяется вопросам повышения стойкости и долговечности асфальтобетона, в том числе методами его структурирования и модификации добавками различного химического состава и строения. В мировой практике накоплен большой опыт применения различных модификаторов в технологии асфальтобетона, однако, для исследования долговечности этого материала актуальными остаются вопросы исследования влияния технологии не только приготовления, но и контроля изменения её свойств на этапе приготовления и укладки. На основе более, чем 20 летнего применения асфальтовых смесей, приготовленных по новым технологиям было установлено (и зафиксировано в ОДМ 218.3.064–2019 [7]), что положительный эффект от использования адгезионных добавок достигается лишь при их оптимальной концентрации, которую уточняют в каждом конкретном случае с учетом применяемого битума. Обязательным условием достижения объективных результатов является равномерное распределение адгезионной добавки в битуме, что достигается применением принудительного перемешивания с помощью механических мешалок любого типа или специализированную линию для принудительной подачи добавки в битум. В основном с этой целью применяются уже существующие установки для приготовления полимерно-битумных вяжущих.

добавок, то есть обеспечивают высокий уровень адгезии битума как с кислыми, так и с основными горными породами.

В настоящее время реализовано уже три поколения способов приготовления асфальтобетонной смеси с автоматизированной подачей ПАВ:

1. Дозаторы первого поколения с помощью непрерывно работающего шестеренчатого насоса подают добавку вверх к дозатору битума и возвращают назад в емкость по гибким трубопроводам. Трехходовой пневмоуправляемый кран переключает поток жидкости (добавки) с циркуляционного круга в линию дозирования и по рассчитанному времени добавка закачивается в дозатор битума. Начало процесса дозирования добавки совпадает с началом набора дозы битума согласно рецепту смеси, но время дозирования добавки всегда должно быть меньше времени дозирования битума. После выдачи битума с добавкой из дозатора битума в смеситель процесс дозирования повторяется.

Перед началом процесса подачи добавки в дозатор битума местная лаборатория должна определить необходимое количество добавки на каждый замес с учетом конкретного рецепта асфальтобетонной смеси. Необходимо также опытным путем определить время набора дозы битума для заданного рецепта, а затем рассчитать время дозирования адгезионной добавки в дозатор битума, которое должно быть на 10...30% меньше времени набора битума (взято из паспортов Давил, УАД-1000М КХЗ, ДС-168 [9,10,11]). Задав время дозирования адгезионной добавки, необходимо оттарировать насос адгезии, установив необходимую частоту вращения электродвигателя насоса с помощью преобразователя частоты (потенциометром на пульте управления).

2. Дозирующие установки второго поколения оборудованы не только дозирующим насосом, но и небольшим переходным бункером ПАВ, оснащенным тензодатчиком. Он позволяет оператору получить точную массу дозиру-



емого материала, и подать в битумопровод необходимое количество адгезионной добавки в соответствии с лабораторными расчетами. Такой подход — надежный контроль за расходом адгезионной добавки вне зависимости от плотности вещества; снижение расходов организации на приобретение адгезионных добавок за счет более точного учета используемого сырья; увеличение качества выпускаемой асфальтобетонной смеси. Принцип работы оборудования для подачи адгезионных добавок следующий: ПАВ из бочек перекачивают в утепленную емкость и нагревают. После это включается дозирующий насос, настройку работы которого осуществляют опытным путем, увеличивая или уменьшая частоту вращения электродвигателя с помощью преобразователя частоты. По предварительно рассчитанному времени, которое указывают в блоке управления, жидкие вещества в необходимом количестве поступают в битумопровод, через форсунку. При этом начало впрыска адгезионной добавки должно совпадать с началом подачи вяжущего в дозатор битума, а вот время окончания впрыска всегда должно быть меньше на 10-30%, чем время подачи нефтепродукта, — это должно способствовать равномерному распределению вещества в битуме.

3. Принцип работы устройств третьего поколения (взято из паспорта РИМ-500 [13]) основан на определении фактической скорости ввода адгезионной добавки на встроенных весах по убыванию массы в гр/сек. В связи с чем такое устройство является не только дозирующим оборудованием, но и инструментом для лабораторного контроля точности подачи адгезионной добавки в промышленных производственных условиях. Расчёт задания скорости ввода адгезионной добавки также производится исходя из фактической скорости подачи битумного

насоса и назначенного соотношения подачи добавки в % сверх вяжущего. Выборка измеренных значений массы происходит один раз в секунду с последующими вычислениями и коррекцией расхода по массе адгезионной добавки. Выборка значений скорости вращения двигателей насосов осуществляется каждые 0,2 сек., чем обеспечивается синхронность работы последних и практически мгновенная реакция на изменение производительности насоса вяжущего. Копирование производительности производится при любом алгоритме дозирования вяжущего.

Дозирующее устройство работает в составе устройства смесительно-весового и предназначен для ввода жидких добавок в битум в период его дозирования непосредственно перед дозатором битума или перед вводом в смеситель. Схема ввода адгезионной добавки в вяжущее определяется исходя из конфигурации АБЗ заказчика. Управляется устройство дозирующее непосредственно с панели оператора. Оператор вводит только процент сверх битумного вяжущего. Остальные параметры вычисляются автоматически контроллером установки. Повторение лабораторных подборов с равномерным распределением адгезионной добавки в вяжущем достигается измерением и коррекцией массового расхода добавки и битума (автоматическое поддержание соотношения). Расход адгезионной добавки по массе реализован на тензометрическом узле взвешивания. Это позволяет не только повторять лабораторный подбор, но и выпускать смесь на пробную укладку мелкими партиями, подбирая и уточняя лабораторный подбор при реальном уплотнении и температурном режиме в соответствии с ГОСТ Р 58401.18—2019 [1]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на короткий промежуток времени применения асфальтобетонов с адгезионными добавками на дорогах нашей страны сменилось уже три технологии получения материала заданного качества, что позволяет предположить, что основным путём совершенствования технологии укладки дорожного полотна будет и дальше являться повышение точности дозировки компонентов и равномерности перемешивания. Однако, уже на данном этапе развития видно, что только технологическим совершенствованием процесса существенно улучшить качество строительства дорог уже невозможно. Особенности укладки асфальта является неравномерная подача материала на укладку, чаще всего с нескольких асфальтобетонных заводов, а также высокий процент ручного труда на укладке и уплотнении асфальтобетонной смеси. В таких условиях контроль качества выполнения работ как на заводе, так и на транспортировке и укладке асфальтобетонной смеси можно обеспечить только применяя цифровой паспорт каждого этапа с автоматическим документальным подтверждением, как это предусмотрено требованиями ГОСТ 58406.1(2)-2020 [4,5,6] в том числе и документированием выполненных этапов работ с фото скрытых работ (приёмка люков). При выполнении работ по уплотнению асфальта должна быть приложена температурная карта обрабатываемого слоя, с данными тепловизора и толщине уплотняемого слоя, при том, что данные о скоростях движения катков должны быть синхронизированы со спутниковыми навигационными системами. Только создание указанной глобальной системы контроля выполнения всех этапов работ по производству, укладке и уплотнению асфальтобетонной смеси позволит совершить качественный технологический рывок и повысить качество и долговечность асфальтобетонного покрытия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58401.18—2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств.
2. ГОСТ 31015—2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Технические условия
3. ГОСТ 9128—2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия
4. ГОСТ Р 58406.1—2020. Дороги автомобильный общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия
5. ГОСТ Р 58406.2—2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия
6. ГОСТ Р 58406.3—2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колеобразованию прокатыванием нагретого колеса

7. ОДМ 218.3.064—2019. Методические рекомендации. По оценке эффективности адгезионных добавок. В составе асфальтобетона.
8. Кирюхин Г.Н., Покретья из щебеночно-мастичного асфальтобетона. // Г.Н. Кирюхин, Е. А.Смирнов - М: ООО «Издательство "Элит"», 2009.
9. Установка автоматизированного дозирования жидких адгезионных добавок в битум УАД-1000М. Паспорт, техническое описание, Москва, 2014г.
10. Агрегат минерального порошка. Паспорт ДС-18503.00.000-4 ПС,2001г
11. ГП РОСДОРНИИ МАДИ ВГАСА Костромаавтодор АООТ Воронежавтодор. Пособие по производственному контролю качества при строительстве автомобильных дорог Дата актуализации: 01.02.2017.32,45с.
12. <https://rosstat.gov.ru/>
13. Дозатор автоматический «РИМ-500» ТУ 28.29.39-001-44419384-2021, Нижний Новгород, 2021г.

# ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИКАТОРА РЕОЛОГИИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

Михайлова О.А.  
Фейзер Е.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
mihaylovalymar@mail.ru, Malkina1903@yandex.ru

## АННОТАЦИЯ

Корректировка реологических свойств битумного вяжущего для улучшения с целью повышения эксплуатационных свойств асфальтобетонных смесей является актуальной задачей в дорожном строительстве в условиях постоянного повышения требований к качеству асфальтобетонных покрытий. В статье изучено влияние нового пластификатора на основе сырья растительного происхождения Унипласт-3 на такие физико-химические свойства битума и полимерно-битумного вяжущего, как температура размягчения по КиШ, глубина проникания иглы при 0 и 25°C, растяжимость битумного вяжущего, изменение массы и температуры размягчения после прогрева, температура хрупкости по Фраасу, а также растяжимость полимерно-битумного вяжущего. Проведена оценка эффективности влияния модификатора Унипласт-3 на реологические свойства вяжущего в сравнении с пластификаторами на основе продуктов нефтепереработки ЭСО (экстракта селективной очистки) и ПН-бш. Выявлено, что пластифицирующее действие Унипласт-3 превосходит по эффективности традиционные пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки. Подобрана рациональная концентрация введения Унипласт-3 для получения, полимерно-битумного вяжущего ПБВ-60 на основе битума БНД 70/100 и термоэластопласта бутадиен-стирольного. Изучена возможность совместного применения пластификатора Унипласт-3 с добавкой на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 с целью получения битумного вяжущего с улучшенными эксплуатационными свойствами.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*пластификатор, битум, физико-химические свойства, полимерно-битумное вяжущее, реология.*

## ВВЕДЕНИЕ

Постоянно возрастающие требования к эксплуатационной надежности дорожных покрытий в условиях роста нагрузок и интенсивности движения, экстремальных колебаний погодных условий диктуют необходимость получения битумных вяжущих с улучшенными эксплуатационными свойствами. Ужесточение требований к качеству дорожных вяжущих и в то же время повышение доли выпускаемых вязких битумов вследствие углубления нефтепереработки, диктует необходимость учета их реологических параметров на стадии подбора асфальтобетонных смесей [1]. Особенно актуальной необходимостью регулирования реологических параметров является в случае модификации битума полимером, при приготовлении полимерно-битумного вяжущего (ПБВ). Мальтены играют основную роль при растворении полимера, таким образом целесообразным для приготовления ПБВ является использование битумов с низкой вязкостью, с высокой мальтеновой частью, но на практике это не всегда возможно [2]. Известно, что для получения ПБВ с оптимальными свойствами без пластификаторов требуется как минимум 5-6 % СБС по массе, так как растворение происходит недостаточно полно. Введение в состав вяжущего полимера приводит к значительному возрастанию вязкости, что усложняет процессы приготовления и укладки асфальтобетонной смеси [3]. Также, варьируя только соотношением полимер-битум не всегда удается достичь соответствия характеристик ПБВ всем требованиям ГОСТ Р 52056. Таким образом, в случае использования дорожного битума с высокой вязкостью использование пластификаторов является необходимостью.

На данный момент при производстве ПБВ используется широкий спектр пластификаторов на основе масляных фракций продуктов нефтепереработки.

Но при выборе пластификатора стоит учесть не только его эффективность, но и такие немаловажные свойства как пожаробезопасность и экологичность. Так, научно-производственной компанией ООО «Селена» на данный момент выпускается серия эффективных пластификаторов «Унипласт», не содержащих в своем составе легковоспламеняющихся и токсичных веществ. Применение данных пластификаторов позволяет существенно ускорить процесс приготовления ПБВ за счёт уменьшения времени, необходимого для растворения полимеров в битумном вяжущем; улучшить растворимость и равномерность распределения полимера в ПБВ, в результате чего возможно снижение концентрации вводимого полимера, без ухудшения качественных характеристик ПБВ; улучшить ряд деформационных характеристик асфальтобетонных смесей, повысить их удобоукладываемость и уплотняемость и обеспечить требуемую температуру хрупкости при минимальном содержании полимера.

Совсем недавно в рамках данной серии научно-производственной компанией «Селена» в сотрудничестве с Кафедрой автомобильных и железных дорог им. А.М. Гридчина Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова был разработан и запущен в производство пластификатор Унипласт-3, основой которого являются исключительно компоненты растительного происхождения, что делает его безопасным для человека и окружающей среды. Важным преимуществом данного пластификатора также является его низкая вязкость и температура застывания ниже -15°C, что позволяет легко дозировать его без предварительного подогрева даже в холодное время года. Унипласт-3 не содержит легковоспламеняющихся веществ и имеет температуру вспышки более 200 С [4].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы являлась оценка эффективности действия нового пластификатора Унипласт-3 на реологические свойства битума и полимерно-битумного вяжущего, изучение возможности применения данной добавки для получения битумного вяжущего с улучшенными свойствами.

В качестве исходного битума был использован битум БНД 70/100 производства АО «Газпромнефть-Московский НПЗ» соответствующего по всем показателям нормам ГОСТ 33133. Для проведения сравнительной оценки в работе были испытаны составы с пластификаторами ПН-6ш производства ООО «Газпромнефть-СМ» и ЭСО (экстракт селективной очистки) производства ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок», так как данные добавки доказали свою эффективность и широко применяются при производстве ПБВ [5]. В качестве полимерного модификатора битума для приготовления образцов полимерно-битумного вяжущего для испытания был использован термоэластопласт бутадиен-стирольный ДСТ Л 30-00 производства АО Воронежсинтезкаучук.

На первом этапе испытаний, для определения зависимости эффективности пластификатора Унипласт-3 от концентрации были приготовлены образцы битума, модифицированного данным пластификатором в различных концентрациях в диапазоне от 0,5 до 3,0%. Для сравнительной оценки эффективности были использованы образцы битума, модифицированного 3% пластификаторов ЭСО и ПН-6ш. Приготовление образцов модифицированного пластификатором битума осуществлялось путем добавления расчетного количества пластификатора в битум, нагретый до температуры 160°C и перемешивания при данной температуре с помощью лабораторной мешалки с частотой 250 об/мин в течении 15 минут. В полученных таким образом составах и исходном битуме исследовались следующие физико-химические свойства битумного вяжущего: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 33136), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 33142), температура хрупкости по

Фраасу (по ГОСТ 33143), растяжимость при 0°C (по ГОСТ 33138), изменение массы образца после старения методом RTFOT (по ГОСТ 33140), изменение температуры размягчения после старения, (по ГОСТ 33140, ГОСТ 33142), динамическая вязкость по условию 1 при 60С, и скорости сдвига 1,5 с-1(по ГОСТ 33137).

Далее проводили сравнение действия пластификаторов на свойства ПБВ. Для этого использовали две добавки с наибольшим пластифицирующим эффектом: Унипласт-3 и ПН-6ш. Для исследования были приготовлены образцы битума, модифицированного равным количеством содержания полимера ДСТ Л 30-00 -3,2% и различным содержанием пластификаторов Унипласт-3 и ПН-6 от 3 до 5%. В полученных составах полимерно-битумного вяжущего исследовались следующие физико-химические свойства: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 11501), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 11506), температура хрупкости по Фраасу (по ГОСТ 11507), растяжимость при 0°C и 25°C (по ГОСТ 11505), эластичность при 0 и 25°C (ГОСТ Р 52056), изменение температуры размягчения после прогрева (по ГОСТ 18180 и ГОСТ 11506).

Также в работе было исследовано совместное влияние пластификатора Унипласт-3 с производимым компанией «Селена» модификатором реологии битума на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2, снижающим вязкость битума при температурах выше 140°C и повышающим вязкость при температурах эксплуатации покрытия, что позволяет увеличить интервал пластичности битума за счет увеличения температуры размягчения и улучшить показатель устойчивости покрытия к колееобразованию.

Для исследования был приготовлен образец битума БНД 70/100, модифицированный 2% Вискодор ПВ-2 и образец битума, модифицированный 2% Вискодор ПВ-2 и 2,5% Унипласт-3. Данные образцы, а также исходный битум были протестированы по следующим показателям: глубина проникания иглы при 0°C и 25°C (по ГОСТ 33136), температура размягчения по кольцу и шару (по ГОСТ 33142), температура хрупкости по Фраасу (по ГОСТ 33143), растяжимость при 0°C (по ГОСТ 33138).





## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные результаты исследований физико-химических свойств модифицированного пластификаторами битума представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показывает, что исследуемые добавки оказывают значительный пластифицирующий эффект на битум, что выражается в увеличении таких показателей, как глубина проникания иглы при 25 и 0 °С, увеличении растяжимости битума и снижении динамической вязкости. Введение в битум исследуемых пластификаторов также несколько

снижает температуру размягчения битума, что стоит учитывать при проектировании состава вяжущего. Добавление всех исследуемых добавок улучшают температуру хрупкости вяжущего, что окажет положительное влияние на устойчивость асфальтобетонного покрытия к воздействию низких температур в зимний период. При этом очевидно, что препарат Унипласт-3 оказывает значительно большее влияние на реологические показатели битума, чем пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки – ЭСО и ПН-6ш.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики битума после введения пластификаторов

Показатель	Без добавки	Добавка							
		Унипласт-3						СО	ПН-6ш
Концентрация добавки, %	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3	3
Глубина проникания иглы, при 25°С, ед.	75	82	90	103	115	122	135	101	109
Глубина проникания иглы, при 0°С, ед.	21	22	23	28	30	34	38	25	27
Температура размягчения по КиШ, °С	49,0	48,6	48,2	47,6	46,4	45,4	44,0	46,2	47,0
Температура хрупкости	-18	-18	-19	-19	-20	-20	-21	-19	-20
Растяжимость битума при 0°С	4,0	6,1	8,5	26	51	80	111	25	41
Изменение массы образца после старения, %	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,20	0,28
Изменение температуры размягчения после старения, °С	4,2	4,0	4,0	3,8	3,8	3,4	3,6	4,0	4,4
Динамическая вязкость при 60С, Па*с и скорости сдвига 1,5 с <sup>-1</sup>	205	176	154	134	123	108	93	144	128

Так, результаты исследования пенетрации при 25°С и при 0°С (табл.1, рис.1) показывают, что пластификатор Унипласт-3 увеличивает этот показатель в 1,5 – 2 раза сильнее, чем пластификаторы на основе продуктов нефтепереработки при внесении в равном количестве. Добавление всего 1,5% Унипласт-3 увеличивает глубину проникания иглы при 25°С на 37,3%, а 2% Унипласт-3 – на 53,3%, в то время как 3% ЭСО дают увеличение этого показателя на 34,7%, а 3% ПН-6ш – на 45,3%.

Особое внимание стоит обратить на увеличение показателя глубины проникания при 0°С. Этот показатель повышается с ростом концентрации Унипласт-3 ещё более эффективно. Так, введение 1,5% Унипласт-3 увеличивает данный показатель на 33,3%, в то время как 3% ПН-6ш дают прирост пенетрации при 0°С на 28,6%, а ЭСО лишь на 19,0%. Это является важным преимуществом пластификатора Унипласт-3 и позволит значительно улучшить низкотемпературную устойчивость асфальтобетонного покрытия. К тому же, как показывает практика, именно этот показатель зачастую является проблематичным при подборе состава ПБВ.

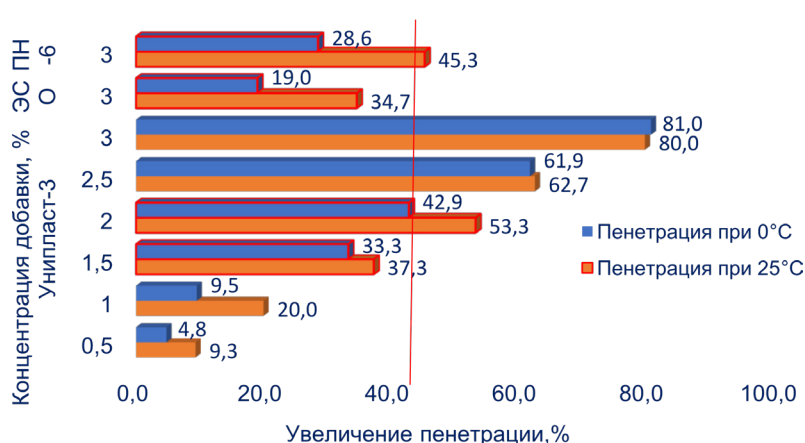


Рисунок 1 – Увеличение пенетрации битума БНД 70/100, модифицированного пластификаторами

Это является важным преимуществом пластификатора Унипласт-3 и позволит значительно улучшить низкотемпературную устойчивость асфальтобетонного покрытия. К тому же, как показывает практика, именно этот показатель зачастую является проблематичным при подборе состава ПБВ.

На рисунке 2 представлен график изменения растяжимости битума при 0°С в зависимости от концентрации Унипласт-3. Выявлено, что с ростом концентрации пластификатора растяжимость битума увеличивается, при этом при увеличении введения Унипласт-3 свыше 1,5% интенсивность увеличения растяжимости резко возрастает. Пластификаторы ЭСО и ПН-6ш также существенно повышают растяжимость битума при низких температурах. Таким образом, введение пластификаторов в битум, позволит существенно улучшить пластичность вяжущего в зимний период и повысить сроки эксплуатации дорожного покрытия. Следует отметить, что пластификатор Унипласт-3 обладает наибольшим эффектом увеличения растяжимости битума. Так введение 1,5% и 2% Унипласт-3 повышает данный показатель с 4,6 до 26 см и 50,7 см соответственно. При этом, введение 3% ПН-6ш увеличивает данный показатель до 41 см, а 3% ЭСО – до 25 см.

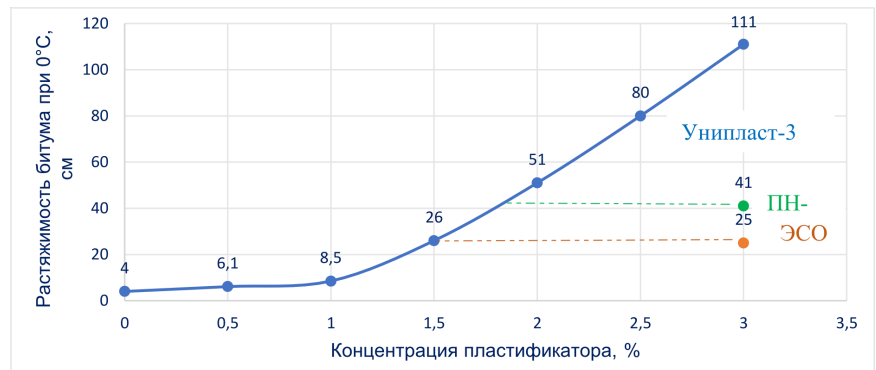


Рисунок 2 – Растяжимость битума БНД 70/100 при 0°С, модифицированного пластификаторами

Результаты анализа изменения динамической вязкости битума при 60С, Па\*с и скорости сдвига 1,5 с-1, модифицированного исследуемыми пластификаторами (табл.1, рис. 3), свидетельствуют, что пластификатор Унипласт-3 обладает наибольшим разжижающим эффектом. Так, введение 3% ЭСО снижает вязкость битума на 29,7%, а 3% ПН-6ш на 37,6%. Сопоставимые показатели вязкости выявлены при введении 1,5% Унипласт-3 – снижение на 35,2%. При введении 3% Унипласт-3 динамическая вязкость снижается на 54,5%. Таким образом разжижающий эффект Унипласт-3 практически в 1,5 – 2 раза превышает эффект от введения традиционных пластификаторов на основе нефтепродуктов.

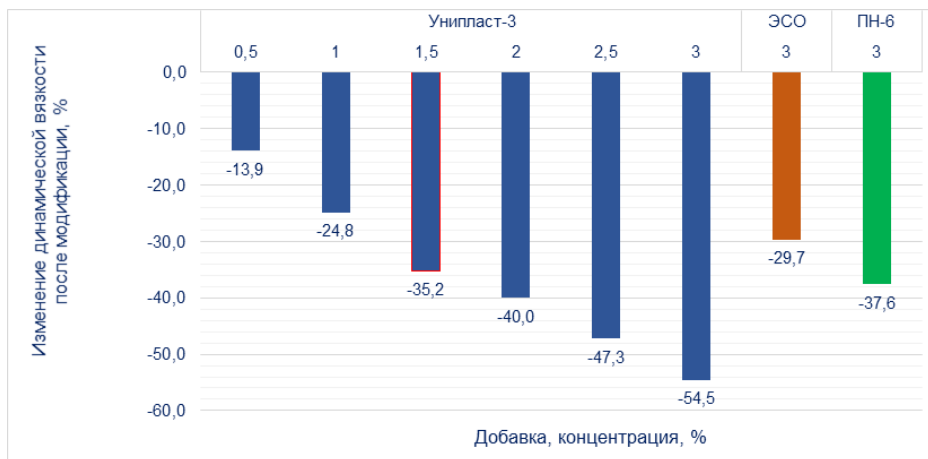


Рисунок 3 – Изменение динамической вязкости битума после добавления пластификатора

Изменение свойств битума под воздействием старения является основным фактором, определяющим разрушение покрытий в процессе эксплуатации автомобильной дороги. Поэтому важно учитывать и влияние вносимых пластификаторов на изменение интенсивности процесса старения. Согласно полученным результатам, представленным в таблице 1, при равной концентрации исследуемых пластификаторов (3%) наименьшее изменение массы после старения выявлено в образце, модифицированном ЭСО – 0,20%, наибольшее – у образца, модифицированного ПН-6ш – 0,28%, что связано с наличием в его составе большего количества летучих компонентов. Изменение массы битума с 3% Унипласт-3 после старения составило 0,22%. При этом величина данного показателя коррелирует с концентрацией пластификатора и при 1,5% Унипласт-3 составляет всего 0,19%.

В то же время изменения температуры размягчения при добавлении всех исследуемых пластификаторов изменилось не значительно и соответствует требованиям ГОСТ 33133. Наибольшее изменение при добавлении равного количества 3% пластификатора было выявлено при добавлении ПН-6ш – изменение на 4,4 °С, наименьшее у препарата Унипласт-3 – на 3,6°С, что говорит о том, что и после старения пластифицирующее действие Унипласт-3 сохраняется.

В таблице 2 представлены результаты исследования физико-химических свойств образцов полимерно-битумных вяжущих, полученных с использованием добавок Унипласт-3 и ПН-6ш.

Согласно полученным данным, при использовании пластификатора Унипласт-3 уже при введении 3% было получено полимерно-битумное вяжущее удовлетворяющее всем требованиям ГОСТ 52056. При использовании в качестве пластификатора ПН-6ш при вводе 3 и 4% - показатели глубины проникания иглы при 25 и 0°С не достигают величин, необходимых по нормативным требованиям. ПБВ соответствует требованиям ГОСТ Р 52056 только при концентрации 5% данного пластификатора. Таким образом, для приготовления ПБВ потребуются в 1,5 – 2,0 раза меньшая концентрация ввода, чем при использовании пластификаторов на основе продуктов нефтепереработки.

Таблица 2 – Физико-химические характеристики образцов ПБВ

Показатель	Требования по ГОСТ Р 52056 для ПБВ 60	Номер состава					
		1	2	3	4	5	6
		Наименование пластификатора					
		Унипласт-3			ПН-6ш		
		Содержание пластификатора, %					
		3	4	5	3	4	5
Глубина проникания иглы, при 25 °С, ед.	Не менее 60	77	90	101	62	66	72
Глубина проникания иглы, при 0 °С, ед.	Не менее 32	32	36	40	22	26	32
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 25	73	83	97	55	64	74
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 11	25	32	41	13	20	28
Температура размягчения по КиШ, °С	Не менее 54	66	64	61	67	66	65
Температура хрупкости, °С	Не выше -20	-23	-24	-25	-21	-22	-23
Эластичность при 25 °С, см	Не менее 80	89	89	90	87	87	89
Эластичность при 0 °С, см	Не менее 70	75	76	76	72	74	76
Изменение температуры размягчения после прогрева, °С,	Не более 5	3	3	2	3	3	3

В таблице 3 представлены результаты исследования физико-химических показателей битума, модифицированного 2% добавки на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 и битума, модифицированного одновременно добавками Вискодор ПВ-2 и Унипласт-3.

Таблица 3 – Физико-химические свойства битума с добавками Вискодор ПВ-2 и Унипласт-3

Состав	Образец, №				
	№ 1	№ 2	№ 3		
Исходный битум БНД 70/100, %	100	98	95,5		
Вискодор ПВ-2, %	0	2,0	2,0		
Унипласт – 3, %	0	0	2,5		
Показатель	Требования по ГОСТ 33133 для БНД 70/100	Требования по ГОСТ Р52056 для ПБВ 60	Фактические показатели		
Температура размягчения по КиШ, °С	Не менее 47	Не менее 54	49	65	59
Глубина проникания иглы, при 25 °С, ед.	71-100	Не менее 60	75	64	81
Глубина проникания иглы, при 0 °С, ед.	Не менее 21	Не менее 32	21	22	32
Растяжимость битума при 0°С, см	Не менее 3,7	Не менее 11	4,0	3,1	13,4
Температура хрупкости, °С	Не выше -18	Не выше - 20	-18	-19	-23
Интервал пластичности, °С	Не норм.	Не норм.	67	84	82

Полученные результаты позволяют утверждать, что при модификации битума только препаратом Вискодор ПВ-2 значительно увеличивается интервал пластичности битума (с 67 до 84 °С) за счет увеличения температуры размягчения (до 65°С) и некоторого снижения температуры хрупкости битума, но при этом такие показатели пластичности битума, как пенетрация битума при 25 °С и растяжимость битума при 0 °С снижаются ниже нормативных требований. Совместное применение Унипласт-3 и Вискодор ПВ-2 позволяет получить улучшенное модифицированное вяжущее, по таким своим характеристикам как температура размягчения по КиШ, пенетрация при 0 и 25°С, растяжимость и хрупкость, соответствующее требованиям ГОСТ Р52056 на ПБВ-60, хоть и не обладающее эластичностью. Использование такого вяжущего в составе асфальтобетона позволит улучшить как устойчивость дорожного покрытия к колееобразованию, так и устойчивость покрытия к воздействию низких температур.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно полученным результатам, добавка Унипласт-3 на основе растительного сырья оказывает значительное пластифицирующее действие на битум. Влияние Унипласт-3 на такие показатели как глубина проникания иглы, растяжимость и динамическая вязкость, значительно превосходит эффект, получаемый при использовании пластификаторов на основе продуктов нефтепереработки. Так, при использовании Унипласт-3 потребуется концентрация в 1,5 - 2 раза меньшее, чем продуктов нефтепереработки для получения аналогичного эффекта.

Исследованное в работе совместное применение Унипласт-3 с модификатором на основе синтетических восков Вискодор ПВ-2 позволило получить улучшенное битумное вяжущее, обладающее увеличенным интервалом пластичности, применение которого будет способствовать повышению устойчивости асфальтобетона к воздействию перепадов температур и пластическим деформациям и увеличит срок эксплуатации дорожного покрытия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высоцкая М. А., Кузнецов Д. А., Литовченко Д. П. Пластификатор при производстве полимерно-битумных вяжущих - как необходимость // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, № 5, 2019. - С. 16-22.
2. Литовченко Д. П., Ширяев А. О., Курлыкина А. В. Влияние двухфазной системы «полимер - пластификатор» на показатели свойств ПБВ 90 // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Том Часть 9, 2022. - С. 178-184.
3. Загородняя А. В. Современная и перспективная технология использования пластификаторов для литых асфальтобетонных смесей // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, № 4(126), 2017. - С. 21-23.
4. Описание Унипласт-3: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.npfselena.ru/additions/bitumen-softener-for-the-production-of-pbv/plastifikator-uniplast-3-dlja-proizvodstva/>.
5. Адоньева А. А., Ефремов И. А., Покатаев А. С. Методика оценки агрегатного состояния после промораживания пластификаторов для полимерно-битумных вяжущих // Инженерно-строительный вестник Прикаспия, № 1(39), 2022. -- С. 41-47.

# ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ АВТОДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ

**Домненко Александр**

специалист по техническому сопровождению проектов ТОО «Махина-ТСТ Казахстан». Адрес: Казахстан, г. Астана, ул. Иманова, 13, БЦ Нурсаулет, оф. 710, e-mail: aleksandr.domnenko@mahina-tst.com

**Мартынов Антон**

специалист по технической поддержке ООО «Махина-ТСТ». Адрес: Республика Беларусь, 212011, г. Могилёв, ул. Гришина, 87Б, e-mail: a.martynov@mahina-tst.com

## АННОТАЦИЯ

Проблема устойчивости откосов насыпей транспортных магистралей (автомобильных и железнодорожных) является актуальной в Восточной Европе при сооружении высоких насыпей на участках залегания слабых грунтов. Деформации откосов насыпей (сдвиг, оползание), а также осадка всего земляного полотна приводят к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния транспортного сооружения, увеличивают затраты на содержание сооружения, а также могут привести к аварийной ситуации. Применение современных высокопрочных геосинтетических материалов позволяет обеспечить устойчивость откосов. Строящаяся автомобильная дорога М-11/П2 расположена в западной части Республики Беларусь. Часть трасса проходит через участки с сложными грунтовыми условиями. В основании земляного полотна залегают торф, сапропель, пылеватые и мелкие пески. Уровень грунтовых вод составляет 0,2 м от поверхности земли. Для устройства транспортной развязки проектом предусмотрено строительство путепровода с подходными насыпями высотой до 15 метров. Сравнительные расчеты земляного полотна позволили определить мероприятия по обеспечению общей и местной устойчивости откосов насыпи. Расчеты включали оценку устойчивости откосов, осадки земляного полотна и оценка стоимости работ. Расчеты показали необходимость усиления грунта откосов, поэтому было применено многослойное армирование откосных частей насыпи высокопрочным тканым геотекстилем. Также была предусмотрена замена слабого грунта и устройство армирующей прослойки в основании насыпи. Окончательное проектное решение с мероприятиями по армированию откосов оказалось более экономически эффективным, чем вариант без усиления.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*общая устойчивость откосов насыпи, коэффициент запаса устойчивости, армирование грунта, геосинтетический материал, высокопрочный геотекстиль.*

## ВВЕДЕНИЕ

Объездная автомобильная дорога М-11/Р2 вокруг города Лида в западной части Беларуси (рисунок 1) в настоящее время находится в реконструкции. Проектом предусмотрено возведение путепровода над железнодорожными путями и второстепенной дорогой. Максимальная высота насыпи на подходах к путепроводу составляет 15 м.

В соответствии с действующими нормами проектирования автомобильных дорог Республики Беларусь [1], откосы насыпей высотой более 12 метров должны быть проверены на общую устойчивость. Что и было выполнено в процессе проектирования.

Традиционным способом решения проблемы обеспечения устойчивости откосов высоких насыпей в Беларуси является изменение ее конструкции, а именно снижение крутизны откосов и/или устройство берм. Минусом этого способа является увеличение площади занимаемых сооружением земель и объемов земляных работ.

Применение высокопрочных геосинтетических материалов для армирования грунтов земляного полотна до недавнего времени не находило широкого применения в Беларуси. К основным причинам можно отнести консервативные подходы в проектировании, сложность расчетов, недостаточность информации о данной технологии.

Рассмотренный в данной статье объект строительства является одним из первых известных реализуемых в Беларуси.

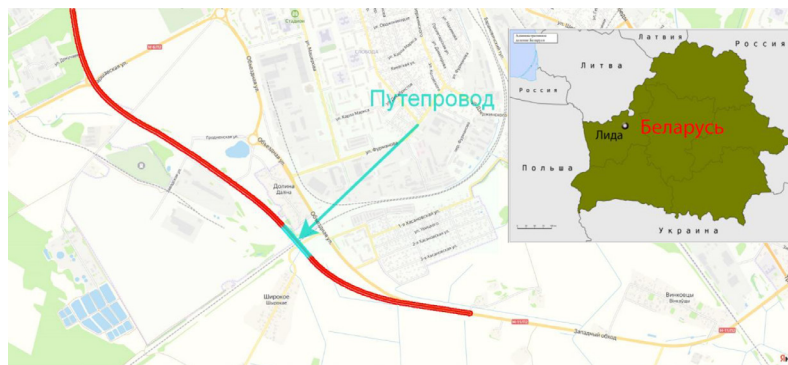


Рисунок 1 - Месторасположение объекта строительства

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА

Участок строительства обладает сложными геологическими условиями. Плохие условия поверхностного водоотвода в связи с равнинным рельефом, а также высокий уровень грунтовых вод привели к заболачиванию местности. Геологическое строение на участке подходов к путепроводу следующее: у поверхности залегает слой слабого грунта (торфа и сапропеля) толщиной до 1,5 м, далее – слой супеси моренной толщиной до 2,9 м, ниже – песок пылеватый толщиной до 3,8 м, подстилаемый песком средним. Уровень грунтовых вод составляет 0,2-0,3 м от поверхности земли.

Фрагмент продольного профиля насыпи на подходах с геологическим строением представлен на рисунке 2.

Характеристики грунтов основания приведены в таблице 1.

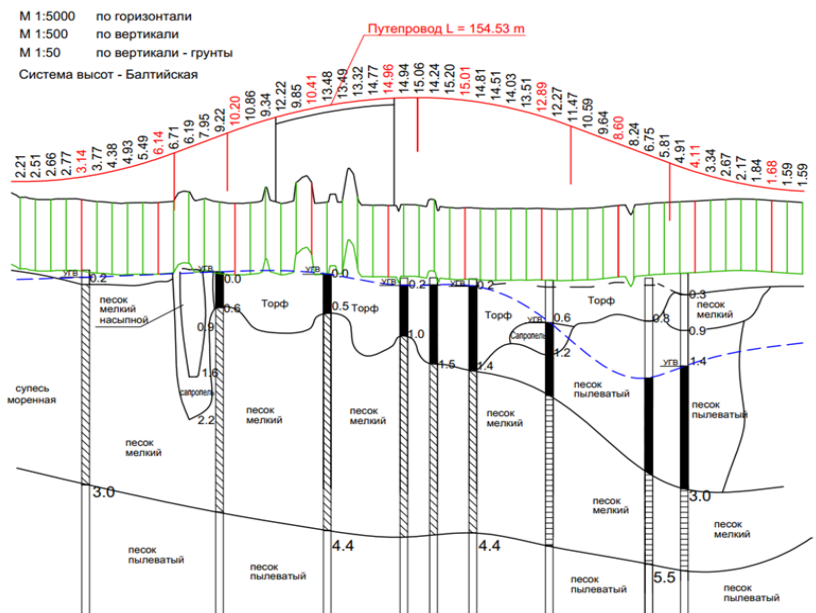


Рисунок 2 – Фрагмент продольного профиля

Таблица 1 – Расчетные характеристики грунтов основания

Грунт	Удельный вес $\gamma_{\text{unsat}}$ , кН/м <sup>3</sup>	Удельный вес в водонасыщ. сост. $\gamma_{\text{sat}}$ , кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , °	Удельное сцепление $c$ , кПа
Супесь моренная	21.2	21.2	26.0	9.0
Песок пылеватый	17.5	19.3	34.0	9.0
Песок средний	17.3	23.0	29.0	3.0

## ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

### 3.1 Проверка общей устойчивости откосов

Комплексный подход к проблеме устойчивости земляного полотна автомобильных дорог в Республике Беларусь и к методикам расчета устойчивости откосов был предложен профессорами И.И. Леоновичем и Н.П. Вырко. Это нашло отражение в научных материалах [2] и позже легло в основу нормативного документа для проектирования – технического кодекса установившейся практики ТКП 200-2018 «Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования».

В соответствии с данным нормативным документом для расчета устойчивости откосов насыпей используется метод круглоцилиндрической поверхности сколь-

жения. При этом нормативное значение коэффициента запаса устойчивости составляет не менее 1,30.

Для расчета устойчивости откосов насыпи были выделены по два поперечных профиля справа и слева от путепровода. Выбор расчетного поперечного профиля осуществлялся по критерию высоты насыпи и геологического строения основания. Наличие слоя торфа или сапропеля в основании насыпи не учитывалось, так как предусмотрено его полное удаление и замена на грунт насыпи. В статье рассмотрен поперечный профиль № 3, как с наиболее неблагоприятными условиями.

Выборанный расчетный поперечный профиль представлен на рисунке 3.

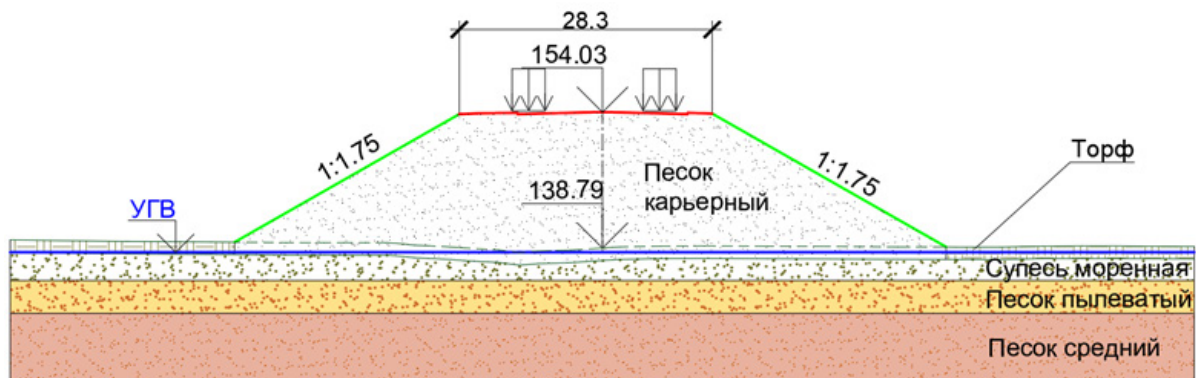


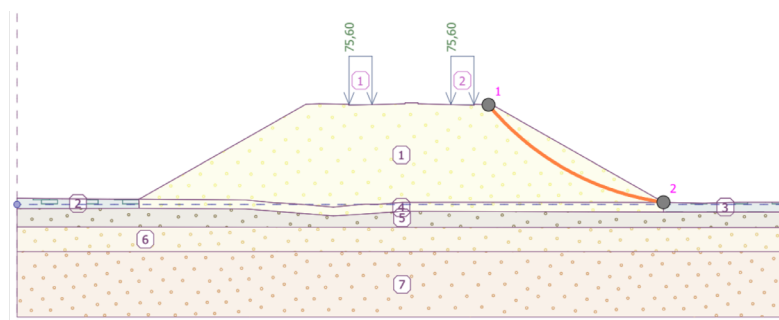
Рисунок 3 – Расчетный поперечный профиль №3

В качестве грунта для отсыпки насыпи проектом предусмотрено использовать грунт из близлежащего карьера, который представляет собой песок мелкий с расчетными значениями прочностных характеристик:  $c = 1,3 \text{ кПа}$ ,  $\phi = 29,1^\circ$ .

Параметры расчетной временной нагрузки приняты в соответствии с межгосударственным нормативным документом - ГОСТ 32960-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения».

Для автоматизации расчета применялось программное обеспечение для геотехнических расчетов GEO 5, модуль «Устойчивость откоса». Данное программное обеспечение позволяет производить проверку устойчивости откоса различными методами, в том числе методом круглоцилиндрической поверхности скольжения (метод Феллениуса).

Результат расчета устойчивости откоса насыпи слева для расчетного поперечного профиля представлен на рисунке 4.



**Проверка устойчивости откоса (Fellenius / Petterson)**  
 Суммирование активных сил :  $F_a = 493,96 \text{ кН/м}$   
 Суммирование пассивных сил :  $F_p = 541,88 \text{ кН/м}$   
 Оползневый момент :  $M_a = 20800,45 \text{ кНм/м}$   
 Удерживающий момент :  $M_p = 22818,43 \text{ кНм/м}$   
 Коэфф. запаса =  $1,10 < 1,30$   
**Устойчивость откоса НЕ ПОДХОДИТ**

Рисунок 4 – Результат расчета общей устойчивости откоса

Расчетный коэффициент запаса устойчивости  $FS = 1,10$ , что менее нормативного требования. На основании анализа остальных расчетных поперечных профилей, определен участок насыпи протяженностью 35 метров, на котором устойчивость откосов не обеспечивается.

### 3.2 Мероприятия по обеспечению устойчивости откосов

Повышение общей устойчивости может достигаться либо улучшением напряженного состояния грунтового массива, либо повышением сдвиговых характеристик грунтов.

В соответствии с [1] к мероприятиям по повышению устойчивости земляного полотна относятся:

- уположение откоса;
- устройство разгрузочных берм;
- устройство контрбанкетов;
- применение армирующих прослоек;
- снижение высоты откоса;
- использование в откосе легких материалов;
- использование в насыпи грунтов с повышенными значениями  $\phi$  и  $c$ .

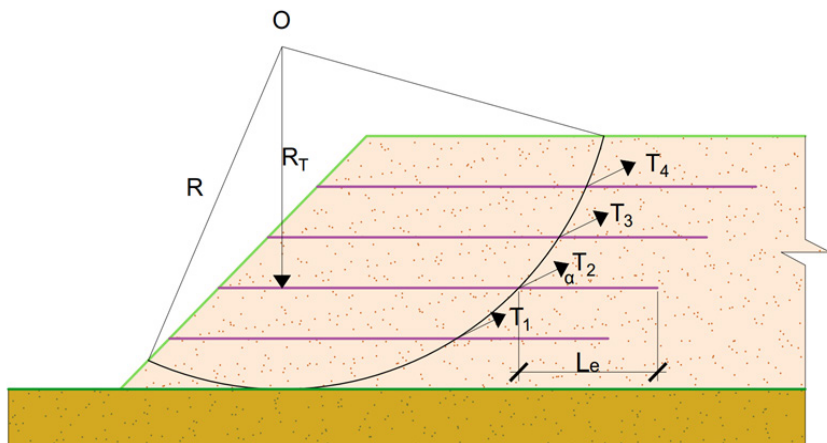


Рисунок 5 – Расчетная схема для определения общей устойчивости армированного откоса

Учитывая все условия данного объекта и на основании технико-экономического сравнения вариантов, в качестве мероприятия повышающего общую устойчивость откосов был выбран вариант использования армирующих прослоек из геосинтетических материалов.

В качестве альтернативного варианта рассматривалось изменение конструкции насыпи путем уположения откосов и устройство берм. Данный вариант оказался экономически нецелесообразен за счет увеличения объемов земляных работ и компенсаций землепользователям за дополнительный отвод земли.

Применение другого грунта для отсыпки насыпи также являлось экономически нецелесообразным. Это привело бы к удорожанию объекта за счет существенного увеличения транспортных затрат на доставку грунта.

Армирование грунта насыпи геосинтетиками позволяет сохранить геометрические очертания насыпи. Соответственно, остаются без изменения объемы земляных работ и площадь земельного отвода под сооружение. Сама же технология устройства армирующих прослоек является простой и относительно недорогой. Геосинтетическая арматура определенной длины укладывается в несколько слоев по высоте насыпи по мере ее возведения.

### 3.3 Армирование грунта и проверка общей устойчивости армированного откоса насыпи

Количество и длина прослоек, шаг армирования и прочность геоарматуры были определены расчетами на этапе проектирования.

Предполагается, что армирующие слои обеспечивают удерживающее усилие в точке пересечения каждого слоя с рассматриваемой потенциальной поверхностью сдвига. Расчетная схема представлена на рисунке 5. К формуле определения коэффициента запаса устойчивости  $FS$  добавляется слагаемое, учитывающее прочность геоарматуры на растяжение  $T_{allow}$  (см. формулу 1) [3].



Коэффициент запаса устойчивости FS:

$$FS = \left( \frac{M_R}{M_D} \right)_{\text{unreinforced}} + \frac{\sum T_{\text{allow}} R_T \cos \alpha}{M_D}$$

Где  $M_R$  и  $M_D$  – удерживающие и сдвигающие моменты для неармированного откоса соответственно;  $R_T$  – расстояние между центром окружности и расположенным слоем геотекстиля;  $T_{\text{allow}}$  – допустимая прочность геотекстиля на растяжение;  $\alpha$  – угол действия растягивающей силы в геотекстиле относительно горизонтали.

В качестве геосинтетической арматуры на данном объекте применялся высокопрочный тканый геотекстиль, как наиболее доступный материал. На каждом откосе по высоте насыпи было уложено 6 слоев армирующего материала длиной 12 метров, а также один, нижний слой геотекстиля в основании земляного полотна. Долговременная расчетная прочность геотекстиля при растяжении составляет не менее 60 кН/м. Вертикальный шаг армирования – 2,0 м. Дополнительная функция нижнего слоя геосинтетика, устроенного на всю ширину основания земляного полотна – способствование равномерному распределению осадки насыпи.

Перевод долговременной расчетной прочности материала на растяжение в номинальную произведен путем применения редуцирующих коэффициентов и коэффициента безопасности в соответствии с методикой [4].

Основные расчетные, физико-механические и гидравлические параметры армирующего геоматериала приведены в таблице 2. Внешний вид геоматериала – на рисунке 6.



Рисунок 6. Материал геотекстильный рулонный Stabudtex 150/50

Таблица 2 – Основные характеристики геотекстильного материала Stabudtex 150/50

Наименование показателя	Значение
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup> :	≈ 300
Прочность при растяжении в продольном/поперечном направлении, кН/м, не менее:	150/50
Напряжение при растяжении при 2% относительном удлинении в продольном направлении, кН/м, не менее:	25
Напряжение при растяжении при 5% относительном удлинении в продольном направлении, кН/м, не менее:	65
Относительное удлинение при номинальной нагрузке в продольном/поперечном направлении, %, не более:	10/10
Прочность при статическом продавливании, кН, не менее:	6
Прочность при динамическом продавливании (испытание падающим конусом), мм, не более:	20
Морозостойкость материала (30 циклов), %, не менее:	90
Гибкости при отрицательных температурах на стержне диаметром 20±1 мм при температуре, °С, не выше:	-30
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, %, не менее:	90
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее:	90
Грибостойкость, не выше:	ПГ13
Коэффициент фильтрации, м/сут, не менее:	20
Открытый размер пор O90, мкм, не менее:	60

Результат расчета устойчивости откоса насыпи слева для расчетного поперечного профиля №3 с учетом армирования представлен на рисунке 7.

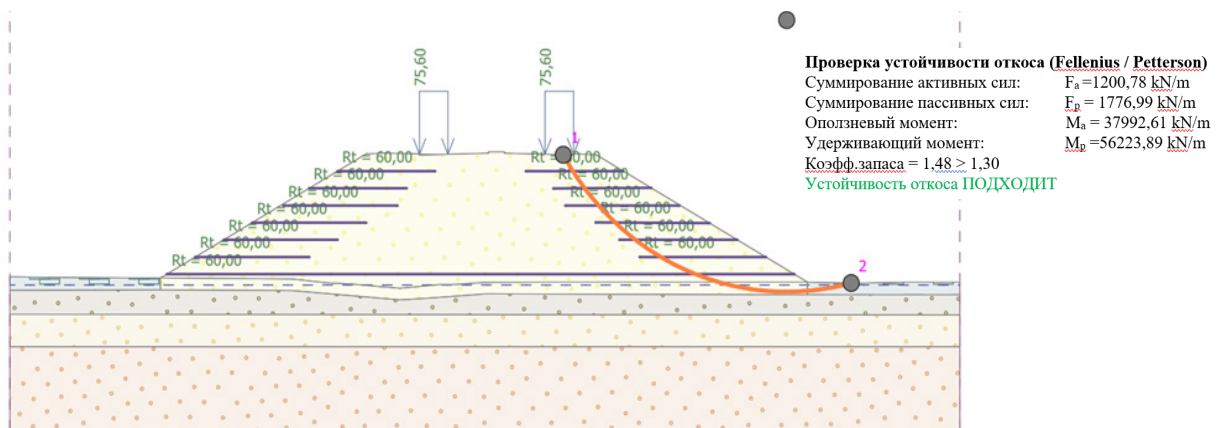


Рисунок 7 – Результат расчета общей устойчивости армированного откоса

Расчетный коэффициент запаса устойчивости составил  $FS = 1,48 > 1,30$ . Таким образом, устойчивость откоса насыпи согласно [1] обеспечивается.

Для предотвращения водной и ветровой эрозии откосов проектом предусмотрена укладка специального биоразлагаемого полотна (биомата), содержащего семена многолетних трав, по слою растительного грунта средней толщиной 10 см.

Фрагмент детального чертежа армированных откосов насыпи представлен на рисунке 8.

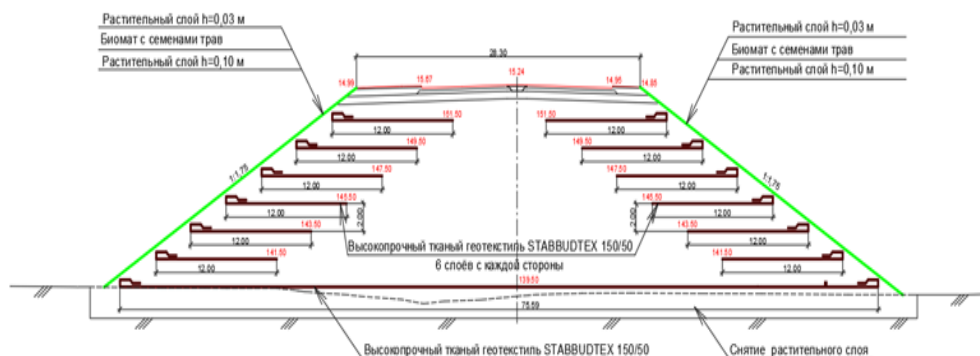


Рисунок 8 – Поперечный профиль земляного полотна с армирующими прослойками

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Работы по строительству дороги начались в октябре 2022 года. Основной этап строительства путепровода и подходов насыпей к нему пришёлся на период с марта по декабрь 2023 года. Работы по противозерозионной защите откосов планируется производить после окончания зимнего периода 2023/2024.

Перед укладкой армирующего материала грунтовое основание отсыпалось до проектных отметок, выравнивалось и уплотнялось. Коэффициент уплотнения грунта составлял не менее 0,98.

Укладка армирующих прослоек из высокопрочного геотекстиля производилась при послойной отсыпке грунта насыпи в соответствии с проектным решением, указанным на рисунке 8.

Заранее нарезанные полотна геотекстиля укладывались перпендикулярно оси насыпи и закреплялись с помощью металлических анкеров с целью предотвращения смещения в процессе отсыпки последующего слоя грунта. С внешнего края оставлялась часть полотна для оборачивания грунта в полуобойму, так называемый обратный анкер.

Далее поверх уложенных полотен способом «от себя» производилась отсыпка грунтового слоя толщиной 25 см. При этом следили, чтобы строительная техника не заезжала на не укрытые грунтом полотна во избежание их повреждения. Слои грунта выравнивались и уплотнялись дорожными катками. После контроля степени уплотнения технологические операции повторялись до достижения проектных параметров насыпи.

На рисунках 9, 10 приведен вид отсыпанной насыпи на подходах к путепроводу. Работы на мостовом полотне на момент написания статьи продолжаются.



Рисунок 9 – Армированный откос и строящийся путепровод



Рисунок 10 – Откос насыпи из армированного грунта на подходе к путепроводу

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описан один из первых проектов в Республике Беларусь с применением высокопрочных тканых геотекстильных материалов для армирования грунтов автодорожной насыпи.

Описанный объект строительства находится в Западной части Беларуси (г. Лида) и включает в себя возведение насыпи и путепровода над железнодорожными путями и второстепенной дорогой. С помощью высокопрочного геотекстильного материала Stabudtex 150/50 была успешно обеспечена устойчивость откосов насыпи на подходах к путепроводу высотой 15 м.

В ходе проектирования и строительства определено, что введение в грунтовый массив армирующих элементов изменяет его напряженно-деформированное состояние. Благодаря этому обеспечивается устойчивость откосов насыпей инженерных сооружений.

Современные армирующие геосинтетические материалы обладают высокой прочностью при растяжении при малых значениях деформации. При правильном применении они позволяют обеспечить устойчивость массивных откосов земляных сооружений с большой крутизной, в том числе при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях.

При этом сама технология армирования геосинтетическими материалами достаточно проста, экономична, не требует специальных механизмов, позволяет минимизировать объемы земляных работ и тем самым сократить влияние на окружающую среду.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП 200-2018. 2018. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. Госстандарт. Минск.
2. Леонович И.И., Вырко Н.П., Богданович Т.К. Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог. *Строительная наука и техника* 4' 2006 58-63с.
3. International Geosynthetic Society. 2021. *Geosynthetics in Slopes over Stable Foundations*. [Электронный ресурс] - [https://igs2.wpengine.com/wp-content/uploads/2021/04/IGS\\_Geosynthetics\\_Slopes\\_Stable-Foundations\\_Leaflet.pdf](https://igs2.wpengine.com/wp-content/uploads/2021/04/IGS_Geosynthetics_Slopes_Stable-Foundations_Leaflet.pdf), дата доступа - 20 февраля 2024.
4. ISO/TR 20432. 2007. *Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement*. ISO, Geneva.







ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ



# ИНТЕРВЬЮ









## Направления развития дорожной отрасли в Казахстане: безопасность, инфраструктура и международное сотрудничество



### Какие ключевые задачи сейчас стоят перед дорожной отраслью Казахстана?

Дорожная отрасль Казахстана сталкивается с рядом вопросов, которые требуют пристального внимания и решения. В первую очередь, это обеспечение устойчивого развития и поддержания безопасности дорожного движения.

В свете стремительного экономического роста Казахстана и увеличения автомобильного парка страны, основными задачами дорожной отрасли становятся строительство и реконструкция дорог, а также модернизация существующей инфраструктуры.

Другой важной задачей является обеспечение безопасности дорожного движения. Это включает в себя обучение водителей с соблюдением правил дорожного движения, усиление контроля со стороны правоохранительных органов и внедрение новых технологий, например, систем видеонаблюдения и автоматической фиксации нарушений.

Помимо этого, необходимо повышение эффективности дорожной отрасли. Это возможно благодаря внедрению новых технологий в дорожное строительство и обслуживание, автоматизации и цифровизации процессов, использованию инновационных материалов и методов проектирования и строительства.

Неотъемлемой частью развития дорожной отрасли является экологическая компонента. Казахстан стремится уменьшить вредные выбросы в окружающую среду, в частности, от автотранспорта. Поэтому необходимо внедрение экологически чистых технологий, использование электромобилей и велосипедов, создание инфраструктуры для электротранспорта.

Значительный вклад в решение поставленных вопросов может внести участие Казахстана во Всемирную дорожную ассоциацию PIARC. Ассоциация объединяет более 125 стран, созданы и успешно работают более 20 технических комитетов, в которых участвуют более 1200 экспертов. Технические комитеты играют важную роль в обеспечении эффективности дорожной инфраструктуры по всему миру. Работа этих комитетов направлена на разработку и совершенствование стандартов, методологий и рекомендаций, важных для дальнейшего развития дорожной инфраструктуры.

### Как вы оцениваете качество материалов, особенно битума, используемых в дорожном строительстве в Казахстане?

Качество материалов, а именно битума, играет важную роль в дорожном строительстве в Казахстане. Битум является одним из основных компонентов, который используется для создания дорожного покрытия, а его качество непосредственно влияет на прочность, долговечность и устойчивость дороги.

Необходимо отметить, что производственные мощности Республики Казахстан производят, в среднем, до 600 тыс т битума в год, тогда как потребности могут достигать до 1 млн т. Такое



**Камалиев  
Берик Сайлауович**

Председатель ОЮЛ «Национальный комитет (союз) Всемирной Ассоциации дорожников в Республике Казахстан PIARC»

положение приводит к ажиотажному спросу на битум в строительный сезон, в связи с чем не всегда обеспечивается его надлежащее качество.

На наш взгляд, для решения данного вопроса необходимо расширение мощностей по производству дорожного битума в Республике, более жесткий контроль технологических процессов на битумных заводах, а также широкое внедрение в практику дорожного строительства добавок, улучшающих свойства асфальтобетонных смесей, особенно при устройстве верхних слоев покрытий.

В целом, оценка качества материалов, включая битум, используемых в дорожном строительстве в Казахстане, требует комплексного подхода и учета множества факторов. Необходимо тщательно



анализировать указанные параметры и соблюдать соответствующие стандарты и требования, чтобы обеспечить высокое качество дорожного покрытия и безопасность на дорогах Казахстана.

## Каковы основные цели предложенной Национальной программы дорожного строительства до 2040 года?

На протяжении ближайших двадцати лет, Казахстан планирует реализовать амбициозную национальную программу дорожного строительства до 2040 года. Главной целью этой программы является развитие современной и прочной транспортной инфраструктуры, которая будет способствовать экономическому росту, социальному прогрессу и улучшению жизни населения страны.

Одной из основных целей национальной программы является обеспечение эффективной транспортной связи между различными регионами страны. Это включает не только развитие дорожной сети, но и расширение железнодорожной инфраструктуры, создание современных аэропортов и портов, а также улучшение доступности общественного транспорта.

Второй важной целью программы является повышение безопасности дорожного движения. Строительство современных и безопасных дорог, улучшение сигнализации и разметки, а также создание комфортных условий для пешеходов и велосипедистов помогут снизить количество дорожно-транспортных происшествий и повысить качество жизни в стране.

Третья значимая цель – создание устойчивой и экологически чистой транспортной системы. Программа дорожного строительства до 2040 года предусматривает использование современных технологий и материалов, которые способствуют снижению выбросов вредных веществ и защите окружающей среды. Кроме того, будет уделено внимание развитию электрического и гибридного транспорта, с целью уменьшения зависимости от ископаемых и снижения загрязнения атмосферы.

Еще одной важной целью программы является стимулирование экономического роста и привлечение инвестиций в строительство дорог. Создание новых рабочих мест, улучшение транспортной логистики и развитие туризма – все это поможет сформировать благоприятную инвестиционную среду и способствовать экономическому развитию страны.

В заключение, национальная программа дорожного строительства республики Казахстан до 2040 года имеет несколько основных целей: развитие транспортной инфраструктуры, повышение безопасности дорожного движения, создание устойчивой и экологически чистой транспортной системы, а также стимулирование экономического роста. Реализация этой программы позволит стране достичь новых высот в различных сферах и улучшить качество жизни своих граждан.

## Как программа собирается решать проблемы с задержками в выделении бюджетных средств и ростом стоимости дорожных проектов?

На протяжении последних десятилетий проблемы с задержками в выделении бюджетных средств и ростом стоимости дорожных проектов стали важной темой для Республики Казахстан. В свете этих вызовов, национальная программа дорожного строительства до 2040 года становится ключевым

инструментом, направленным на решение этих проблем и содействие стабильному развитию инфраструктуры страны.

Одной из главных причин задержек в выделении бюджетных средств является сложность процесса распределения средств между различными регионами и проектами. Национальная программа дорожного строительства до 2040 года стремится упростить этот процесс и сделать его эффективнее. В рамках программы будет создана централизованная система мониторинга и координации, которая позволит лучше контролировать распределение бюджетных средств и своевременно реагировать на возникающие проблемы.

Еще одной проблемой, с которой сталкиваются дорожные проекты в Казахстане, является рост стоимости строительства. Это связано с различными факторами, включая инфляцию, изменение цен на материалы и технологии. Национальная программа дорожного строительства до 2040 года будет включать меры по снижению затрат на строительные материалы, повышению эффективности использования технологий и оптимизации процессов проектирования и строительства. Более того, программой предусмотрено привлечение частного сектора и международных инвестиций, что поможет



решить проблему дефицита бюджетных средств на дорожные проекты.

Национальная программа дорожного строительства до 2040 года также уделяет особое внимание развитию инновационных и устойчивых подходов к дорожному строительству. В рамках программы будет проведено исследование и внедрение новых технологий, таких как использование умных материалов, автоматизация процессов и современные методы строительства. Это позволит не только повысить качество дорожной инфраструктуры, но и снизить ее экологический след.

В заключение, национальная программа дорожного строительства до 2040 года является амбициозным планом, направленным на решение проблем задержек в выделении бюджетных средств и роста стоимости дорожных проектов в республике Казахстан. Это важный шаг к развитию современной и эффективной дорожной инфраструктуры, способной ствующие стандарты и требования, чтобы обеспечить устойчивое развитие страны на долгосрочную перспективу.

## Какие законодательные изменения необходимы для улучшения конкуренции в секторе дорожного строительства?

Для достижения улучшения конкуренции в секторе дорожного строительства Республики Казахстан необходимо внести несколько законодательных изменений.

Во-первых, требуется усиление прозрачности процедур заключения контрактов на дорожные строительные работы. Для этого рекомендуется разработать и ввести в действие закон, который обязывает всех участников процесса заключения контрактов предоставлять полную информацию о своих квалификациях, опыте и прошлых проектах. Это позволит исключить возможность предоставления недостоверных данных и создать равные условия для всех участников.

Во-вторых, следует обеспечить более жесткий контроль за соблюдением антикоррупционных норм при проведении тендеров на дорожные строительные контракты. Это можно достичь путем ужесточения уголовной ответственности за коррупционные действия, привлекая к суду как должностных лиц, так и представителей частных компаний. Также важно создать независимый орган, ответственный за контроль и наблюдение за прохождением тендерных процедур, с целью предотвращения нечестной конкуренции.

Третьим изменением, которое необходимо внести, является упрощение бюрократических процедур, связанных с выдачей разрешений и лицензий на дорожные строительные работы. Необходимо сократить время на рассмотрение заявок и ускорить получение разрешительной документации. Это позволит снизить барьеры для новых участников рынка и способствовать увеличению конкуренции.

Кроме того, стоит уделить особое внимание разработке и внедрению механизмов стимулирования инноваций и применения новых технологий в дорожном строительстве. Необходимо разработать специальные программы поддержки для компаний, активно внедряющих инновационные решения. Такие программы могут предусматривать субсидии, налоговые льготы или другие преференции.

В целом, претворение в жизнь данных законодательных изменений позволит создать более конкурентоспособную среду в секторе дорожного строительства Республики Казахстан. Это повысит качество работ, снизит стоимость проектов и способствует развитию инноваций в данной отрасли.

### **Как могут быть интегрированы международные опыт и практики в развитие дорожного сектора Казахстана?**

Международный опыт и передовые практики играют ключевую роль в развитии дорожного сектора Казахстана. Внедрение и адаптация международного опыта в данной области позволит нашей стране улучшить качество и эффективность дорожной инфраструктуры, а также повысить безопасность дорожного движения.

Во-первых, мы можем изучить инновационные технологии и методы строительства и обслуживания дорог, которые успешно применяются за рубежом. Например, использование асфальта с добавлением рециклированных материалов или введение системы электронного контроля и управления транспортом на дорогах. Путем адаптации таких практик казахстанские дорожники смогут повысить долговечность покрытий, снизить расходы на строительство и ремонт, а также улучшить безопасность дорожного движения.

Во-вторых, важно освоить и применить

международные стандарты и нормы в области дорожного строительства и безопасности. Реализация таких стандартов позволит Казахстану скорректировать свои собственные правила и нормы в соответствии с международной практикой. Например, это могут быть стандарты качества материалов, правила планирования и проектирования дорог, а также требования к допустимым уровням загрязнения окружающей среды при строительстве и эксплуатации дорожной инфраструктуры.

Кроме того, международный опыт может быть использован для повышения уровня образования и подготовки кадров в дорожной отрасли. Сотрудничество с зарубежными учебными заведениями и специалистами позволит Казахстану усовершенствовать программы обучения, обменяться опытом и передовыми методиками преподавания. Такой подход способствует формированию квалифицированных специалистов, готовых решать современные вызовы, связанные с развитием дорожной инфраструктуры.

В заключение, перенос и адаптация международного опыта и практик в развитие дорожного сектора Казахстана имеет огромный потенциал. Такой подход позволит стране усовершенствовать технологии и методы, повысить качество дорожной инфраструктуры и безопасность дорожного движения, а также повысить уровень образования и подготовки специалистов. Использование международного опыта станет важным шагом к достижению мировых стандартов в дорожной отрасли Казахстана.

Вступление Казахстана во Всемирную дорожную ассоциацию PIARC открывает перед страной широкие перспективы и новые возможности для развития транспортной инфраструктуры. Это важное событие сигнализирует о признании достижений и опыта Казахстана в области дорожного строительства и управления дорожно-транспортной сетью.

Участие в PIARC позволит Казахстану активно влиять на разработку международных стандартов и передовой практики в области дорожного строительства, дорожной безопасности, технического обслуживания и эксплуатации дорог, открывает широкие возможности для обмена опытом и знаниями с другими странами, а также для усовершенствования национальных технологий и методик.

При вступлении в PIARC Казахстан получил доступ к обширной базе знаний и опыта, накопленным другими странами-участницами, что позволит стране разрабатывать и внедрять передовые стратегии и методы управления транспортной инфраструктурой, адаптируя их к собственным особенностям.

Важным аспектом участия во всемирной дорожной ассоциации является возможность привлечения специалистов и экспертов из различных стран для подготовки и проведения совместных проектов. Это способствует повышению квалификации местных специалистов и обмену опытом в различных сферах дорожной инфраструктуры.

В целом, вступление Казахстана во всемирную дорожную ассоциацию PIARC представляет собой значимый шаг в развитии транспортной инфраструктуры и управления дорожно-транспортной сетью страны. Это открывает новые перспективы для развития национальной экономики, улучшения качества жизни граждан и повышения безопасности дорожного движения.



## Развитие дорожной безопасности в Казахстане: вызовы и перспективы



**Расскажите о текущем состоянии безопасности дорожного движения в Казахстане и факторах, влияющих на высокий уровень ДТП. Какие уроки можно извлечь из опыта других стран в области дорожной безопасности?**

О состоянии безопасности дорожного движения в Казахстане сложно ответить однозначно. Имеются как положительные, так и отрицательные стороны. Следует отметить, что уровень аварийности на дорогах в республике высок, по сравнению не только со странами дальнего зарубежья, так и среди стран СНГ.

Во всем мире проблема высокого уровня аварийности на автомобильных дорогах является одной из острых социальных проблем современности. Последствия дорожно-транспортных происшествий (ДТП) сдерживают экономическое и социальное развитие стран. Для участников дорожного движения наиболее чувствительной угрозой является аварийность, поскольку она непосредственно касается жизни, здоровья и благополучия людей. В тоже время, во всем мире на дорогах ежегодно погибает более 1,3 млн. человек и около 50 млн. получают ранения и увечье. На дорогах республики общего пользования ежегодно погибают от дорожно-транспортных происшествий более 2000 человек, получают ранения около 20000 человек.

Для оценки уровня аварийности в мировой практике берут такие показатели, как суммарное количество погибших по отношению к численности населения, численности парка автомобилей и другие. Так вот, в Казахстане на 100 тыс. чел. приходится в среднем 21 погибших. Для сравнения: в передовых странах Евросоюза (Швеция, Норвегия, Германия, Великобритания и др.) этот показатель находится в пределах 2-4 погибших на 100 тыс. жителей.

Основными причинами ДТП являются: превышение скорости движения, нарушение проезда пешеходных переходов, выезд на полосу встречного движения, управление транспортным средством в нетрезвом состоянии и др.

**Как влияет отсутствие специализированного органа по безопасности дорожного движения на ситуацию с ДТП в Казахстане?**

Следует отметить, что в Казахстане отсутствует Координационный центр по обеспечению безопасности дорожного движения, первоочередной задачей которого явилась бы координация действия государственных органов, ведомств и других заинтересованных организаций в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. Ранее были попытки со стороны Министерства внутренних дел по созданию Центра по безопасности дорожного движения в республике, которые не были достигнуты по неизвестной причине. Считаю необходимым создание Координационного центра по обеспечению безопасности дорожного движения в Казахстане с целью улучшения ситуации дорожной безопасности, снижения аварийности и их последствий.



**Айдарбеков  
Есенбек Кыдыралиевич**  
Ведущий научный сотрудник кандидат  
технических наук

**Какие вызовы стоят перед Казахстаном в реализации мер по улучшению безопасности на дорогах? Какова роль проектирования дорог в предотвращении аварий?**

Для повышения безопасности дорожного движения необходимы реализация следующих основных мер:

- совершенствование законодательных актов по обеспечению безопасности дорожного движения;
- внедрение системы аудита при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог;
- внедрение Международной Программы Оценки Дорог (IRAP) - для оценки уровня безопасности дорожной инфраструктуры;
- совершенствование системы пропаганды безопасности дорожного движения.

В настоящее время в институте разрабатывается ведомственный норматив ВН РК «Процедуры безопасности дорожного движения», который охватывает весь комплекс мероприятий в сфере обеспечения безопасности дорожного движения.

Следует отметить, что огромную роль в обеспечении дорожной безопасности и снижения аварийности на дорогах играет методы проектирования автомобильных дорог. Согласно статьи 36 Закона Республики Казахстан «Об автомобильных дорогах»: проектирование, строительство, реконструкция, ремонт, содержание дорог и управление ими на территории Республики Казахстан должны выполняться на основе и с соблюдением требований безопасности дорожного движения, установленных настоящим Законом, техническими регламентами в сфере автомобильных дорог. При проектировании, строительстве и реконструкции дорог не допускается снижение капитальных затрат за счет инженерных решений, отрицательно влияющих на безопасность дорожного движения.

**Что Вы думаете об экономических последствиях дорожно-транспортных происшествий в Казахстане? Какие исследования необходимы для улучшения дорожных условий и снижения аварийности?**



Несмотря на признания проблемы высокой аварийности на дорогах, в настоящее время уполномоченные государственные органы по автомобильным дорогам не располагают точными данными по экономическим потерям от ДТП

в стране. В этих условиях довольно трудно определить экономически эффективный уровень инвестиций

в обеспечение безопасности дорожного движения.

В 2014 году АО «КаздорНИИ» разработаны методические рекомендации Р РК 218-121-2014 «Методика по оценке экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах в Республике Казахстан» на основе международной практики.

Используя данной методики можно определить уровень экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий в целом по стране или в отдельных ее регионах.

### **Ваши рекомендации по немедленным действиям для повышения безопасности на дорогах.**

Необходимо разработать Программу «Управление безопасностью дорожной инфраструктуры» для внедрения и осуществления следующих видов деятельности на дорогах международного и республиканского значения:

- аудит безопасности дорожного движения;
- инспекцию безопасности дорожного движения;
- оценку воздействия на безопасность дорожного движения проектов строительства и реконструкции автомобильных дорог;
- рейтинг безопасности дорожной сети (управление местами концентрации ДТП);
- сертификацию аудиторов безопасности дорожного движения;
- информация для общественности об очагах аварийности.

Необходимо подчеркнуть, что данная Программа имеет законодательную основу.



### **Какие экологические последствия имеют традиционные методы борьбы с гололедом? Какие последствия для здоровья имеют химические вещества, используемые в традиционных методах борьбы с гололедом?**

Применение противогололедных реагентов (ПГР) на автомагистралях, тротуарах и во дворах жилых кварталов крупных городов и городских агломераций в зимний период приводит к негативным экологическим последствиям. Используемые реагенты представляют собой активные вещества, которые отрицательно влияют на химический состав снежного покрова и почв, повреждают городские посадки и приводят к коррозии металлических предметов (мостов, автомобилей, труб), разрушению исторических памятников и объектов архитектуры, наносят вред здоровью людей. Основные средства, используемые в мире для удаления снега и льда с городских магистралей и тротуаров, представлены технической поваренной солью (твердый хлорид натрия) с песком. Наиболее негативно воздействует на почвы техническая поваренная соль, которая повсеместно используется в зимних условиях при борьбе с гололедом.







## Стратегии развития кадров в дорожной отрасли: подготовка, вызовы и инновации



### Предлагаемые стратегии для решения проблемы нехватки квалифицированных кадров в автодорожной отрасли Казахстана?

Одним из стратегических направлений в дорожной отрасли является:

- обеспечение конкурентного технологического преимущества отрасли. Ее достижение невозможно без вовлечения в этот процесс научно-методического кадрового потенциала отраслевых вузов, которые занимаются подготовкой специалистов.

- программа по обеспечению социальной защиты работников автодорожной отрасли. Характер дорожно-строительных работ часто подвержен влиянию сезонных изменений. В зимний период ограничиваются строительные работы, что приводит к сезонной безработице среди работников отрасли. Такая цикличность занятости затрудняет удержание квалифицированных работников, поскольку в межсезонье они могут искать другую работу, что приводит к постоянной необходимости переобучения и найма;

- программа по обеспечению взаимодействия науки, производства и образования.

### Могли бы вы рассказать о роли Казахского автомобильно-дорожного института в решении этих проблем?

Профориентационная работа в вузе сосредоточена на двух направлениях: привлечении абитуриентов и содействию в трудоустройстве выпускников.

Вуз участвует в ярмарках учебных мест, проводит дни открытых дверей, организуют выездную работу в районах. Такие мероприятия нацелены на широкий охват учащихся из городской и сельской среды.

КазАДИ проводят олимпиады, конкурсы среди школьников и студентов вуза:

- шахматный турнир,
- Олимпиада среди школьников Young Architect 2023 в стенах КазАДИ;

- Турнир Tech Titans 2024 среди школьников в КазАДИ

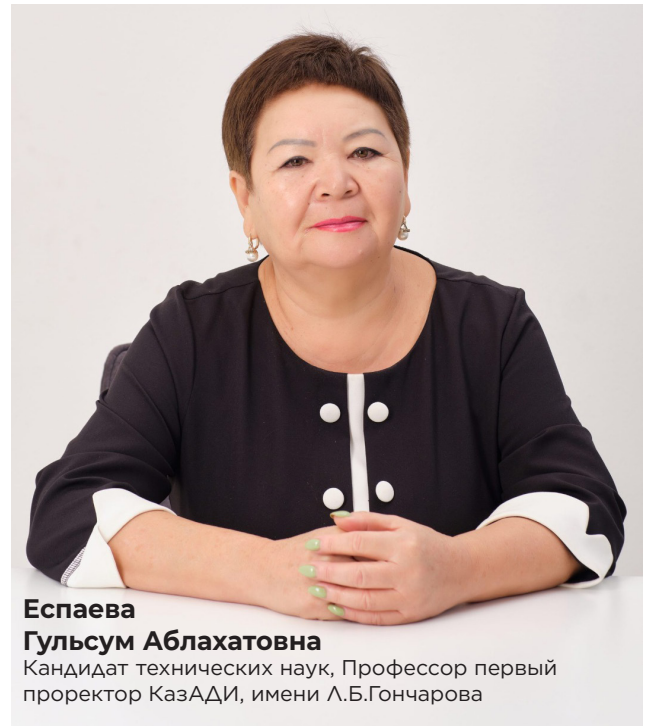
- организация выезда школьников на автодорожные предприятия;

- шефство над школами;
- рекламное продвижение вуза в СМИ и соцсетях;
- работа с их родителями, которые часто оказывают решающее влияние при выборе вуза и профессии.

- поощрение профессорско-преподавательского состава за профориентационную работу и привлечения абитуриентов в КазАДИ;

- для подготовки специалистов проводятся различные корпоративные мероприятия: тренинги, программы повышения квалификации, конференции молодых специалистов. Все направлено на то, чтобы обучать не только студентов, но и сотрудников вуза, а также выявлять талантливых молодых людей на всех стадиях обучения.

### Как изменился подход к подготовке специалистов по строительству дорог в последние годы? Как отсутствие



**Еспаева**

**Гульсум Аблахатовна**

Кандидат технических наук, Профессор первый проректор КазАДИ, имени Л.Б.Гончарова

### специальности "Строительство автомобильных дорог и аэродромов" повлияло отрасль?

В последнее время наблюдается резкое сокращение подготовки специалистов для отрасли, одной из причин этого стали изменения в Классификаторе направлений подготовки кадров с высшим и послевузовским образованием в части объединения и укрупнения направлений подготовки и группы образовательных программ по данной области.

В настоящее время в направление подготовки «6В073 «Архитектура и строительство» входят группы образовательных программ указанные в таблице 1, все специальности транспортной отрасли входят в группу В074 «Градостроительство, строительные работы и гражданское строительство», где нет ни одного слова о транспортном строительстве.

### Какие сотрудничества или партнерства формируются для повышения качества образования и подготовки в этом секторе?

Особое внимание в КазАДИ уделяется процессу взаимодействия науки, производства и образования.

Практика как элемент учебного процесса проводится с целью закрепления и расширения знаний, полученных студентами в университете; приобретения необходимых практических навыков работы по специальности в условиях производства; овладения передовыми методами технологии и труда.

Одним из приоритетных требований потенциальных работодателей сегодня является профессиональная компетентность работника. Прохождение производственной практики позволяет студенту оценить уровень своей компетентности и определить необходимость его корректировки в процессе обучения в ВУЗе.

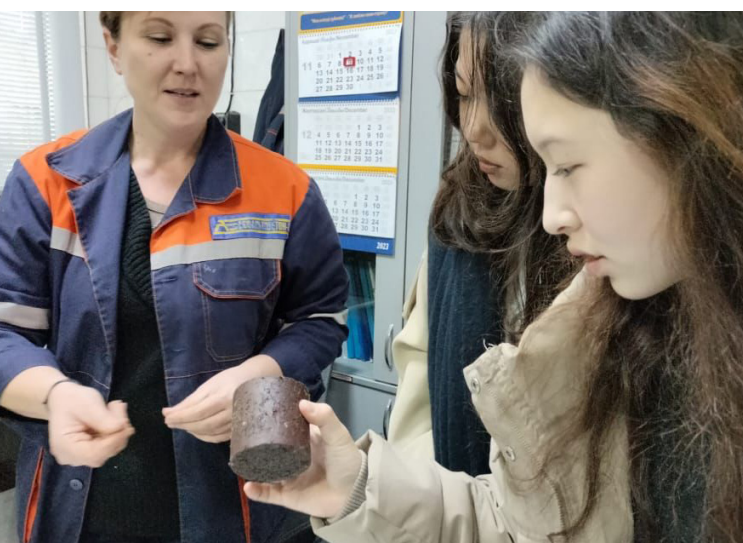
Для этого образовательная программа обсуждалась на встречах с представителями работодателей – на встрече с работодателями, а также в ходе презентаций ОП на предприятиях и организациях, которые являются базами для производственных практик.

Главными партнерами неизменно остаются -



следующие предприятия и финансовые структуры: ТОО «Асфальтобетон-1», АО «КаздорНИИ», ТОО «КазНИПИДортранс», АО «АЗМК», ТОО «Дорис», ТОО «Каздор-проект», ТОО «Каздоринновация», РГП «Национальный центр качества дорожных активов» и др.

Внешними экспертами при разработке образовательных программ являются руководители



предприятий, имеющие большой опыт работы по образовательной программе и внесшие значительный вклад в развитие дорожной отрасли, к примеру АО «Асфальтобетон», АО «АЗМК», АО «Каздор-НИИ», «Национальный центр качества дорожных активов», ТОО «Дорис», ТОО «Каздорпроект» и др. Участие во внешних оценках экспертов от работодателей позволяет получать более точную и объективную оценку соответствия программ и результатов обучения требованиям производства и рынка труда, поскольку эксперты от работодателей оценивают не столько знания обучающихся и выпускников, сколько приобретенные ими умения и компетенции.

Выпускающая кафедра имеет учебную базу в ТОО «Асфальтобетон», РГП на ПХВ «Национальный

центр качества дорожных активов», АО «КаздорНИИ» и ТОО «АЗМК» для проведения производственной и преддипломной практик.

Лабораторные занятия по дисциплине «Строительные материалы» проводятся на базе АО «Асфальтобетон», по дисциплине «Строительные конструкции» на базе ТОО «АЗМК».

ПХВ «Национальный центр качества дорожных активов» на постоянной основе устраивает ознакомительные, учебные экскурсии по своим предприятиям.

## Есть ли конкретные программы или инициативы, которые оказались успешными в привлечении студентов в дорожную отрасль?

- Идеальный абитуриент под наблюдением;
- проводить аналитику, определить, из каких сетей приходят наиболее подходящие студенты.
- шефство над школами;
- профессиональное просвещение (видеоролики, социальные сети)
- профконсультирование школьников
- анализ популярных сайтов
- на сайте вуза, должны быть четкие и лаконичные ответы на следующие вопросы: «Кем я буду работать после обучения?», «Что из себя представляет эта профессия?», «Кто меня будет учить?», «На какую зарплату я смогу претендовать?», «В какие компании я смогу устроиться?» ;
- на странице образовательной программы важно подчеркнуть её уникальное конкурентное преимущество и подкрепить все утверждения (скажем, о примерной зарплате будущего специалиста) ссылками на достоверные источники.
- использовать и на офлайн-мероприятиях вроде Дня открытых дверей, и на сайте вуза— обращаться к абитуриентам от лица ребят, которые уже учатся в вузе, и рассказывать об особенностях образовательных программ, стипендиях, общежитиях, внеучебных активностях;
- важная составляющая маркетинга вуза — присутствие вуза в социальных сетях.
- работа на родителей, родителей беспокоит, как студенты живут в общежитии, — поэтому специально для них об этом должны быть записаны видеоролики;
- на сайте разместить видеоконтент — например, прямые эфиры и записи интервью с преподавателями.
- поддержка инициативы преподавателей в развитии личных брендов, предоставление им канала вуза, создание для них авторских передач на YouTube, чтобы имена профессоров были на слуху среди студентов.
- дни открытых дверей в высших учебных заведениях, ярмарки высших учебных заведений, участие в школьных днях открытых дверей, которые дают возможность представителям вуза рассказать школьникам о направлениях подготовки, правилах приема и т.д. Данные мероприятия позволяют установить прямой контакт с учащимися и, прежде всего, с родителями.
- привлечения будущих абитуриентов является реализация на базе университета подготовительных курсов для учащихся 11-х классов
- целесообразно устанавливать партнерские отношения с профильными сайтами, на которых выпускники школ и студенты ищут информацию о карьерных возможностях или о востребованных профессиях/специальностях.











ҚАЗАҚСТАН ЖОЛ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ИНСТИТУТЫ

КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ



QAZJOLGZI

65  
ЖЫЛ  
ЖОЛ  
ҒЫЛЫМЫНДА

# НОВОСТИ









# ДОРОЖНАЯ ОТРАСЛЬ: ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ НАЧИНАЕТСЯ СЕГОДНЯ



*Сотрудники АО «КаздорНИИ» в рамках форума представили цифровые решения по улучшению качества автомобильных дорог.*

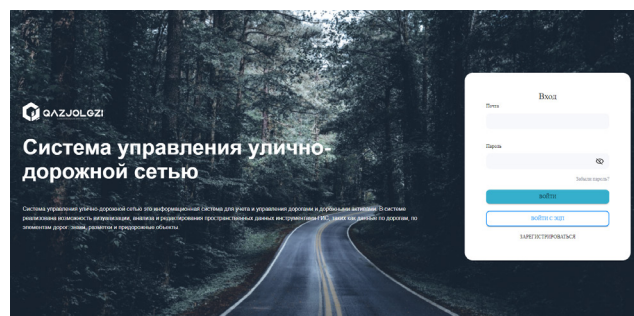
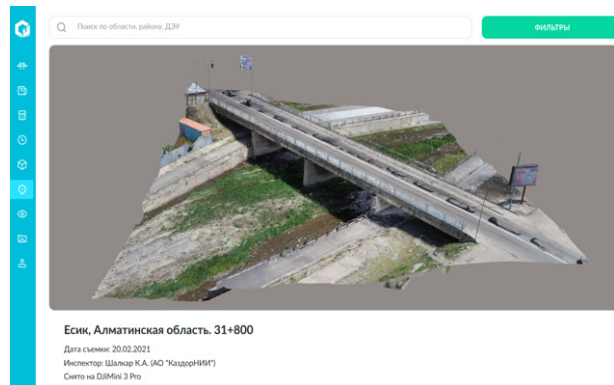
На форуме "Digital Almaty - 2024" специалисты АО "КаздорНИИ" представили инновационные цифровые решения для автодорожной отрасли:

"База Дорожно-строительных материалов и новых технологий" (rcmbase.kz), представленная на форуме, меняет подходы к строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог. С помощью rcmbase.kz подрядчики и проектировщики могут быстро находить ближайшие к объекту строительства карьеры, асфальтовые и битумные заводы, а также ознакомиться с их качественными характеристиками. Использование данной базы не только упростит процесс строительства, но и ускорит проектирование дорог, повысив тем самым качество строительства благодаря прозрачности данных.

Система управления эксплуатацией мостов (СУЭМ) призвана унифицировать и перевести в электронный формат все существующие данные о мостовых сооружениях Республики. Разработчики из "КаздорНИИ" утверждают, что после формирования данных о мостах, пользователи получают доступ ко всей необходимой информации о каждом мосте, включая проектно-технические документы, текущее состояние, данные о деформациях и ремонтах. Электронный вид мостов, доступный в системе, позволит увидеть даже труднодоступные места. В будущем СУЭМ будет автоматически формировать отчеты по объектам, оповещать о необходимости регламентных или капитальных ремонтов, а также помогать в планировании бюджета на ремонтные работы. Напомним, в Казахстане насчитывается более 3,5 тысячи мостов, которые должны подвергаться диагностированию каждые пять лет, а старые мосты — каждые три года.

СУДС — это интегрированный инструмент, позволяющий осуществлять многопользовательское управление, редактирование и визуализацию дорожных активов, с целью повышения эффективности управления инфраструктурой города и дорог областного значения. Система позволяет, не выходя из кабинета получить мгновенный доступ к информации о дороге или улице, что дает дорожным

специалистам уникальные возможности для принятия обоснованных решений при планировании ремонтов и содержания дорог. Эти решения гарантируют полную прозрачность в выборе материалов и планировании работ, способствуя высокому качеству строительства и эксплуатации дорожной сети.



## РЕФОРМИРОВАНИЕ НОРМАТИВНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ В АВТОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

С прошлого года Министерством транспорта ведутся работы по реформированию нормативно-технической базы и разработке новых стандартов, которые отвечали бы современным требованиям. В данных стандартах будут применены новые технологии, цифровые продукты и инновационные механизмы, позволяющие изменить подход к проектированию, строительству и содержанию автомобильных дорог.

В 2023 год внесены изменения в следующие нормативно-технические документы:

1. «Технические спецификации по производству работ при устройстве оснований и покрытий при строительстве, реконструкции и среднем ремонте автомобильных дорог», в 2-х томах;

2. ПР РК 218-162-2023 «Инструкция по осуществлению технического надзора и определению затрат на него при среднем и текущем ремонте автомобильных дорог общего пользования»;

3. «Сборник сметных цен в текущем уровне на эксплуатацию строительных машин и механизмов, используемых при среднем, текущем ремонте и содержании автомобильных дорог»;

4. «Сборник сметных цен на затраты труда на работы по среднему, текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог»;

5. «Порядок определения стоимости среднего, текущего ремонта и содержания автомобильных дорог в Республике Казахстан»;

6. ПР РК 218-19-2023 «Инструкция по оценке качества содержания автомобильных дорог при весенних и осенних обследованиях»;

7. Р РК 218-119-2014 «Рекомендации по ремонту и содержанию цементобетонных покрытий автомобильных дорог».

В текущем году планируется внедрение новых видов ведомственных нормативно-технических документов, таких как ВН РК (ведомственные нормы) и ВСП (ведомственный свод правил) РК, которые будут разделяться по принципу обязательности и добровольности.

Также запланирована разработка, переработка и внесение изменений и/или дополнений в следующих нормативных документах:

1. СТ РК 1218-2003 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний»

2. СТ РК 1225-2019 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»;

3. СТ РК 1284-2004 «Щебень и гравий из плотных пород для строительных работ. Технические условия»;

4. ВН РК «Автомобильные дороги»;

5. «Норматив финансирования на ремонт и содержание улиц столицы, городов республиканского значения, автомобильных дорог областного и районного значения» (приказ от 17 июня 2015 года № 711)»

6. ВН РК «Контроль качества и приемка работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог»;

7. ВСП РК «Системы мониторинга мостовых сооружений»;

8. ВН РК «Зимнее содержание автомобильных дорог общего пользования»;

9. ВСП РК «Методика расчета сметных цен на затраты труда и сметных цен на эксплуатацию строительных машин и механизмов по среднему, текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог»;

10. СТ РК 1274-2014 «Битумы и битумные вяжущие. Эмульсии дорожные. Технические условия»;

11. ВСП РК «Методика оценки транспортно-эксплуатационного состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах», в т.ч. исследования оценки транспортно-эксплуатационного состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах;

12. ВН РК «Процедуры безопасности движения на автомобильных дорогах»;

13. ВН РК «Ведомственные нормативы автодорожной отрасли»;

14. СТ РК «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования»;

15. СТ РК «Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Методы определения динамического модуля упругости и числа текучести с использованием установки динамического нагружения (АМРТ)»;

16. СТ РК «Битумы нефтяные дорожные вязкие и битумные вяжущие. Метод определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)».



# РЕФОРМЫ В ЦЕНООБРАЗОВАНИИ НА СРЕДНИЙ, ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ КАЗАХСТАНА: НОВЫЕ СТАНДАРТЫ И ИННОВАЦИИ

Развитие всей дорожной отрасли напрямую зависит от решения проблем ценообразования.

В рамках выполнения государственного задания была проведена обширная работа по утверждению нормативных документов, регулирующих ценообразование при среднем, текущем ремонте и содержании автомобильных дорог.

В соответствии с подпунктом 24) пункта 2 статьи 12 Закона Республики Казахстан «Об автомобильных дорогах» приказом № 134 от 28 декабря 2023 года, были утверждены следующие документы:

«Порядок определения стоимости среднего, текущего ремонта и содержания автомобильных дорог в Республике Казахстан» (далее-Порядок);

«Инструкция по осуществлению технического надзора и определению затрат на него при среднем и текущем ремонте автомобильных дорог общего пользования» (далее-Инструкция);

«Сборник сметных цен в текущем уровне на эксплуатацию строительных машин и механизмов, используемых при среднем, текущем ремонте и содержании автомобильных дорог»;

«Сборник сметных цен на затраты труда на работы по среднему, текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог».

Система определения сметной стоимости среднего, текущего ремонта и содержания автомобильных дорог в Республике Казахстан претерпела значительные изменения с введением нового Порядка, разработанного АО «КаздорНИИ». Новый документ способен стандартизировать процесс определения

стоимости ремонта автомобильных дорог, которая позволит решить задачу формирования для заказчика и подрядчика единой методологии при определении стоимости среднего, текущего ремонта и содержания автомобильных дорог.

Важными изменениями в переработанной Инструкции стали:

- Расширение прав и обязанностей службы технического надзора, группировка их контрольных функций на входной, операционный и приемочный контроль.

- Внедрение механизма определения количественного состава службы технадзора и требований к их квалификации.

- Изменение подхода к определению стоимости услуг технадзора, основанного на продолжительности ремонтных работ и методике калькулирования нормативных затрат.

- Применение методов региональной дифференциации оплаты труда инженерного состава на основе сборника сметных цен на затраты труда на работы по среднему, текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог.

Так же разработан «Калькулятор расчета услуг технического надзора», доступный по ссылке <https://gazjol.formp.kz/front/>

Внедрение новых нормативных документов в области ценообразования и сметного нормирования будет способствовать более эффективному распределению строительных ресурсов и позволит повысить уровень качества дорожной инфраструктуры в Казахстане.



## ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»



В автодорожной отрасли Казахстана занято порядка более 200 тысяч человек.

Во всех регионах страны имеет место острая нехватка квалифицированных кадров автодорожной отрасли.

В Казахстане подготовку специалистов автодорожной отрасли осуществляют 8 высших учебных заведений. При этом, ежегодный выпуск составляет порядка 100 специалистов, при потребности

АО «НК «КазАвтоЖол» и РГП на ПВХ «Национальный центр качества дорожных активов» посетила ряд учебных заведений южной столицы.

Цель визита - обсуждение перспектив подготовки кадров в автодорожной отрасли и установление тесного сотрудничества с образовательными учреждениями.

Также для решения кадрового вопроса и повышения уровня специалистов автодорожной отрасли Казахстанским дорожным научно-исследовательским институтом создана база специалистов дорожной отрасли «Jolshy». Система содержит информацию о всех специалистах дорожной отрасли, начиная с выпускников вузов и включая специалистов, работающих в строительстве, проектировании и эксплуатации автомобильных дорог. Система имеет функционал по подбору кадров для работодателей и поиску вакансии для работников отрасли. В базе отражаются сведения о квалификации специалистов, опыте их работы и наличии сертификатов о прохождении курсов повышения квалификации.

Целью создания базы является формирование статистических данных о кадрах автодорожной отрасли, для понимания актуальных цифр нехватки кадров, для выявления дефицита тех или иных специалистов в отрасли, в конечном итоге для открытия новых возможностей молодым специалистам дорожникам. В данное время ведется тестирование и наполнение базы.



отрасли в кадрах - 2 500 специалистов. Одной из причин малого выпуска является отсутствие отдельной группы образовательной программы «Транспортное строительство». В связи с чем, была проведена результативная, совместная работа Министерства транспорта РК и Министерства науки и высшего образования РК по открытию группы образовательных программ «Транспортное строительство» в направлении подготовки «Архитектура и строительство».

По результатам этой работы, в рамках стратегического взаимодействия и укрепления партнерства с образовательными учреждениями, рабочая группа из представителей Комитета автомобильных дорог Министерства транспорта РК, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»,







## МЕЖДУНАРОДНОЕ ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ISO/TK 241 «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ»

С 11 по 14 декабря в г. Астана состоялось 17-е ежегодное заседание международного технического комитета ИСО/ТК 241 «Безопасность автомобильных дорог». Ранее заседания Техкомитета проходили в Канаде, Швеции, Китае, Японии, Великобритании и, не так давно, в Непале.

Пленарное заседание открыл Председателя Комитет автомобильных дорог Толеген Турсынович Абдуллин. С приветственным словом выступили Председатель Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции РК (КТРМ) Еликбаев Куаныш Нурланович, и.о. гендиректора Казахстанского института стандартизации и метрологии КТРМ МТИ РК Еркежан Амирханова, председатель ИСО\ТК 241 Вивека Одлен (Шведский институт стандартизации).

Кроме того, в заседании приняли участие около 12 специалистов из Швеции, Южной Африки, Уругвая, Малайзии, Индии и Непала.

На заседании обсудили два новых стандарта - 39003 и 39004, предусматривающих этический протокол

автономных транспортных средств и внедрение практических решений по дорожной безопасности. Итоги каждого мероприятия под флагом ИСО/ТК 241 вносят значительный вклад в развитие мировой транспортной отрасли.

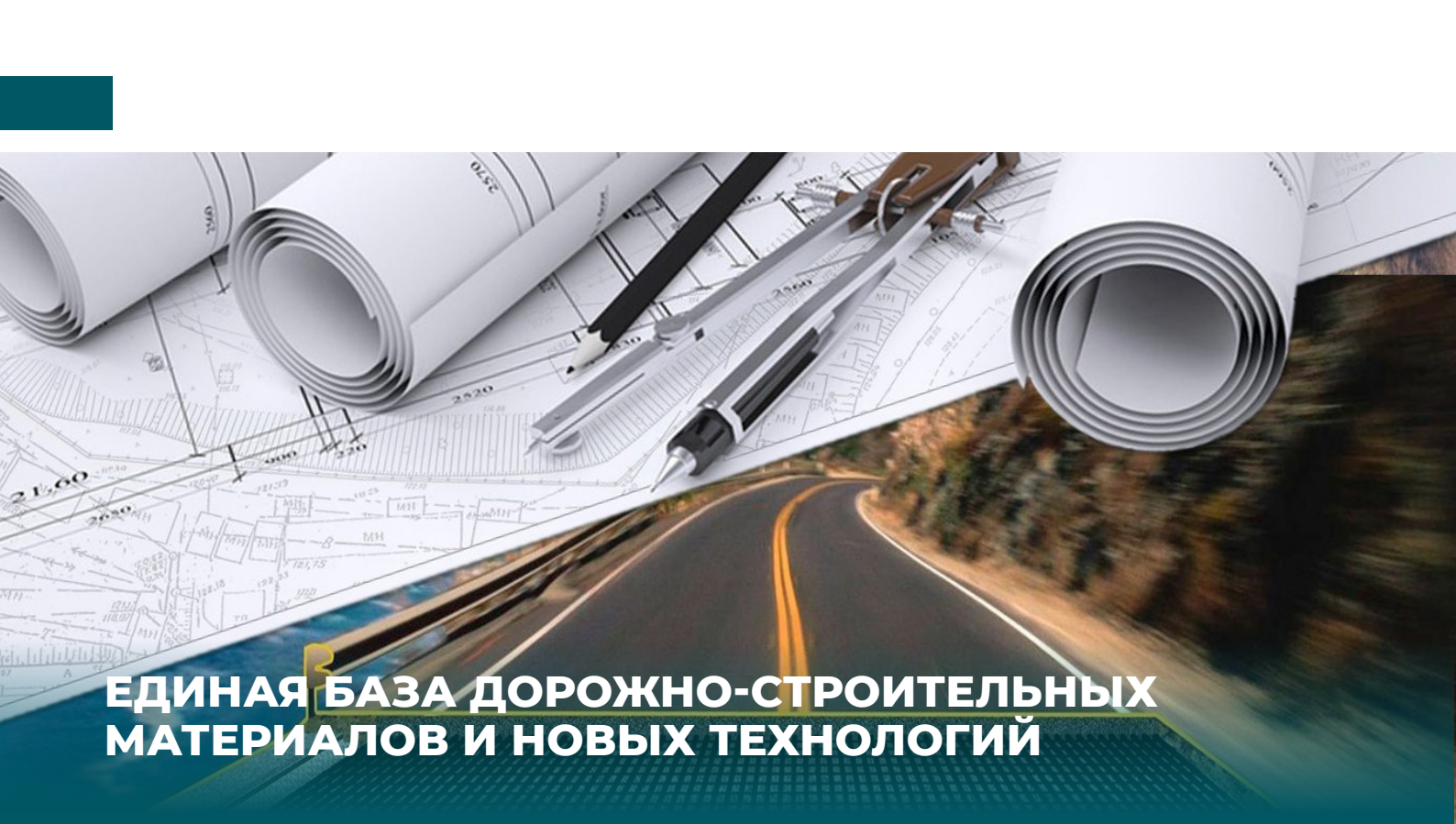
Комитет ИСО/ТК 241 является важной площадкой для разработки и внедрения международных стандартов, касающихся безопасности на автодорогах. Благодаря активным усилиям его членов, включающих более 150 представителей из 56 стран, дорожная безопасность не стоит на месте - специалистами комитета постоянно проводится аналитика и выводятся корреляции статистики по внедренным стандартам.

Ранее подобные заседания проходили в Казахстане всего дважды:

- в 2008 году прошло заседание ИСО/ТК 90 «Природный газ»;
- в 2019 г. - ИСО/ТК 40 «Железнодорожный транспорт».

Ведение дискуссий и обмен опытом на территории Казахстана развивает сотрудничество с международным сообществом и содействует активному переходу на мировые стандарты.





# ЕДИНАЯ БАЗА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Если каждый день ходить по одной и той же дороге, всякий раз можно заметить что-то новое.  
Мамору Осии, японский драматург*

В 2024 году Институт празднует знаменательную дату - 65-летие своего существования. За эти годы было достигнуто много значимых успехов. Одним из значительных достижений является запуск «Единой базы дорожно-строительных материалов и новых технологий», которая за год своего функционирования была пополнена более чем 160 материалами из карьеров и свыше 90 новыми технологиями. В прошлом году специалисты института осуществили обследование карьеров в восьми регионах страны, и в текущем году начали изучение недр в оставшихся девяти областях.

Институт активно занимается анализом нововведений в сфере дорожного строительства, оценивая их эффективность и целесообразность применения для минимизации рисков. В планах института - продолжение пополнения базы данными о всех аспектах дорожного строительства, включая асфальтобетонные заводы, реестр машин и механизмов, а также технические средства

дорожной безопасности. Доступ к базе открыт для всех участников отрасли, достаточно просто зарегистрироваться по указанной ссылке <http://www.rcmbase.kz/ru/>.

Будущее базы включает в себя создание типовых рекомендованных конструкций для каждого региона, основываясь на данных о климатических изменениях за последние 30 лет. Поднятие среднегодовой температуры и сокращение периода залегания снега предполагают необходимость адаптации конструкций к новым условиям.

В департаменте дорожно-строительных материалов, который состоит из управления новых технологий и отдела ДСМ, работает опытная команда профессионалов, которая несмотря на возникающие вызовы, остается преданной своему делу - обеспечению актуальной и надежной информации. Институт желает всем участникам отрасли благоприятных условий для строительства и успешной реализации проектов.



## ЕДИНАЯ БАЗА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Усовершенствование и стандартизация материалов, применяемых в содержании, ремонте и строительстве дорог, а также внедрение новых передовых методов и технологий с целью улучшения эффективности, долговечности и безопасности дорожной инфраструктуры.

[ОТПРАВИТЬ ЗАЯВКУ](#)

### КОНТАКТЫ

г. Астана, ул. Железобатыр 35/1  
+7 (7172) 72-98-17  
[kense@qazjolqz.kz](mailto:kense@qazjolqz.kz)



Активация Windows

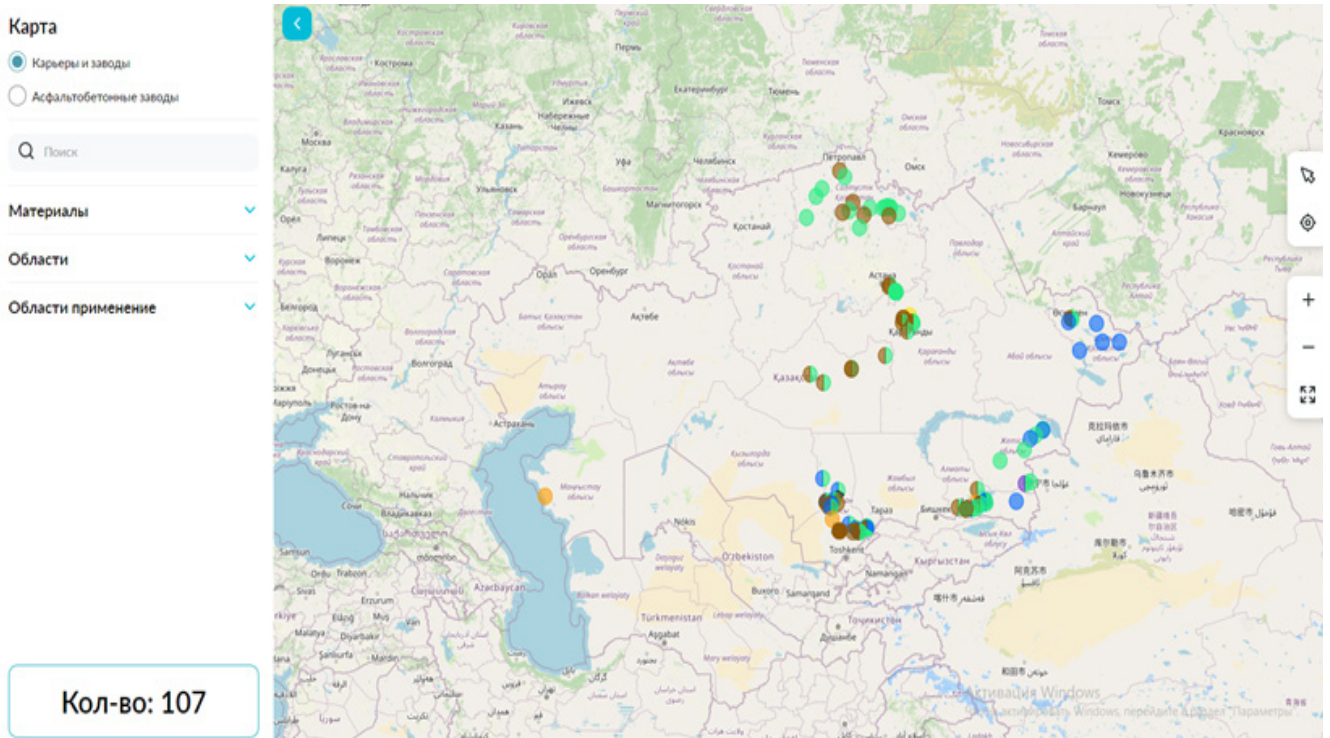
Чтобы активировать Windows, перейдите в раздел "Параметры".

АО "ҚаздорНИИ"

© Все права защищены



# КАРТА КАРЬЕРОВ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ЗАВОДОВ



## Реестр новых технологий

**Фильтры**

Статус

Категория

Область применения

Поставщики

Производители

Поиск...

Все | По категориям | По областям применения | По поставщикам | По производителям | Количество: 83

апробирован

**Полимерная добавка для модификации битума Elvaloy**

Область применения: Асфальтобетонное покрытие

Поставщик: ТОО Элдава Технологии

Производитель: Компания DOW, США

апробирован

**Полимерная-дисперсная армирующая добавка Forta FI**

Область применения: Асфальтобетонное покрытие

Поставщик: ТОО UneedUs Group

Производитель: Forta Corporation, США

апробирован

**Пропитывающий омолаживающий состав Реджувасил**

Область применения: Защитный слой, Асфальтобетонное покрытие

Поставщик: ТОО Азия roads

Производитель: PRI Company

Активация Windows  
Чтобы активировать Win







## УЧЁНЫЕ КАЗДОРНИИ ВЫВОДЯТ НА РЫНОК ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПОЛИМЕР

В состав асфальтобетона в мире все чаще добавляют полимерные модификаторы. Они придают материалу новые свойства с повышенной сопротивляемостью к механическим и температурным нагрузкам.

Применение полимеров в профессиональной среде считается наиболее эффективным и рациональным способом улучшения эксплуатационных свойств дорожного покрытия.

В связи с растущим на рынке спросом группа казахстанских ученых создала собственный полимер. Разработанный состав успешно прошел этапы длительных испытаний и внедрения в промышленное производство.

Модифицированный асфальтобетон меньше подвер-

жен механическому износу, усталости и старению, деформациям и колееобразованию, имеет упругую и пластичную форму, а также отличную водостойкость.

Ученые отмечают, что новинка лучше подходит для климатических условий Казахстана и выгодно отличается от зарубежных аналогов более доступной ценой.

Казахстанский полимер QSmart PM по виду представляет собой черный мелкодисперсный порошок, который можно дозировать прямо в смесители асфальтобетонных заводов, при этом дополнительное переоборудование не требуется.

В настоящий момент ученые договорились о промышленном производстве полимера на казахстанском предприятии.

### МОДИФИКАТОР БИТУМА Q-SMART-PM

#### ОПИСАНИЕ

Многокомпонентный полимер, модификатор битума, асфальтобетона Q-Smart-PM. Внешний вид: порошок. Цвет: чёрный.

#### МЕТОД ПРИМЕНЕНИЯ

Полимер дозируется в смеситель АБЗ, не требует дополнительного оборудования как для пбв.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА

Улучшает свойства битума. Повышает эффективность сопротивления дорожного полотна деформациям, увеличивает жесткость и водостойкость асфальтобетона, повышает показатель устойчивости к колееобразованию

Полимер Q-Smart-PM разработан и производится в Республике Казахстан. Цена не зависима от курса иностранных валют.

Одно из преимуществ - это возможность адаптировать, изменить формулу полимера Q-Smart-PM под условия климата, интенсивности движения, битумов в регионах Казахстана.

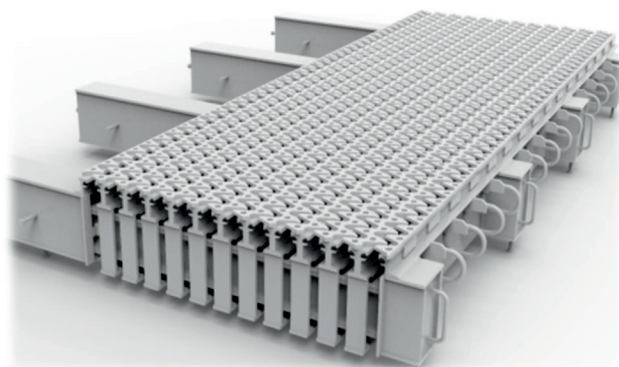
*Упаковка - мешки 20-25 кг.*



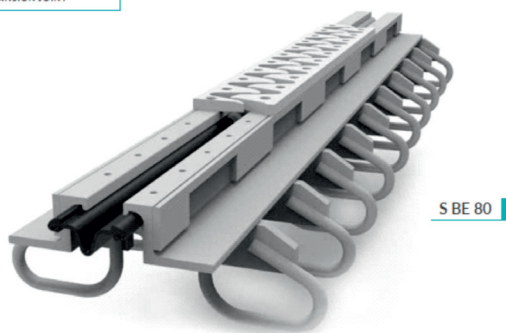


## СТАЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ С ШУМОИЗОЛЯЦИЕЙ

Модели двухбалочного шумоизоляционного деформационного шва предназначена для снижения шума от проезда транспорта, возникающего при ударе колес о шов. В этой модели синусовидная накладка призвана значительно снизить уровень шума транспорта. Колеса автотранспорта не падают в зазор, поскольку в любой точке зазор расположен не перпендикулярно движению колеса, а под значительным углом, таким образом проезд по шву становится комфортным и минимальным шумом. Допустимые перемещения составляют от  $\pm 25$  мм до  $\pm 50$  мм.



EXPANSION JOINT



SBE 80

Обеспечивает плавный и бесшумный проезд

Модели модульного шумоизоляционного деформационного шва как и предыдущем случае предназначена для снижения шума от проезда транспорта. Допустимые перемещения составляют от  $\pm 80$  мм до  $\pm 560$  мм и т.д. по проектному заданию

Преимущества:

- Снижение шума;
- Комфортность проезда;

- Меньше износ уплотнителя;
- Долговечность эксплуатации;
- Соответствие предыдущим нормативным документам





## АНТИГОЛОЛЕДНЫЙ РЕАГЕНТ «ICEMIX»

- Антигололедные реагенты «ICEMIX» - это специальные современные материалы для эффективной борьбы с гололедом и снежным накатом.
- Каждая партия реагентов проходит предварительный контроль качества в лабораториях на предмет соответствия ТУ.
- Не содержит технической поваренной соли! Экологически безопасен.
- Наличие полного пакета разрешительной документации позволяет использовать реагенты даже там, где другие материалы запрещены, например, в детских учреждениях.



Экологически безопасные антигололедные реагенты «ICEMIX» не представляют угрозы для домашних животных.

Широкая линейка «ICEMIX» позволяет выбрать реагенты для любых погодных условий, реагенты работают в диапазоне даже самых низких температур.

Разработанный состав реагентов обладает улучшенной формулой, которая, в отличие от других противогололедных материалов, позволяет экономично использовать материал, снижая его расход.

### ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

- Противогололедные материалы «ICEMIX» обладают свойствами эко-продукта, за счет наличия биофильных элементов, благодаря которым минимизируются последствия применения антигололедных реагентов.

- Биофильные элементы оказывают позитивное влияние на минеральное питание растительности. Благодаря их наличию ионы хлора быстро вымываются

из почвы, и засоления не происходит.

- Составные элементы материала служат ингибитором коррозии, снижая агрессивную активность антигололедного реагента к металлическим деталям мостов и машин.

- Материал также не оказывает вредного влияния на резиновые детали машин, на дорожно-строительные материалы и покрытия, не вымывает щелочных компонентов из бетона.

- Кальций, магний и карбамида, входящие в состав реагентов, способствуют увеличению содержания крупнозернистых фракций в земле, повышая, тем самым, их водо- и воздухопроницаемость.

- Антигололедные материалы «ICEMIX» пожаро- и взрывобезопасны, не содержат тяжелых примесей и не загрязняют окружающую среду.





## МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ / СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ

Характеристика:

Твердый противогололедный материал в виде растворимых гранул на основе смеси солей бескислородных кислот.

Действие:

Действует при контакте со снегом и льдом. Эффективно разрушает лед, снежный накат и предотвращает образование ледяной корки. Разрушает связь льда с поверхностью, после чего поверхность легко очищается.

Необходимые инвентарь и техника:

Антигололедный реагент «ISEMIX» готов сразу к применению и не требует дополнительных расходов по приготовлению смеси. Для использования реагентов

«ISEMIX» не требуется приобретения дорогой специальной техники, возможно использование действующей техники коммунальных хозяйств.

Способ применения:

1. Очистить поверхность от рыхлого снега.
2. Равномерно нанести средство на обрабатываемую поверхность.
3. После разрушения льда, произвести механическую очистку.

## ДЕЙСТВИЕ «ISEMIX»

- Антигололедные реагенты «ISEMIX» начинают действовать в течение 3-5 минут

- Молекулы реагента начинают быстро плавить гололедную корку до поверхности асфальтного покрытия

- В результате, образуются участки таяния и отслоения ледяной корки, после чего разрушенный лед легко убирается механизированным способом.





# ЦЕНТР РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИИ АО «КАЗДОРНИИ» ПРОВОДИТ КУРСЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ КВАЛИФИКАЦИИ КАДРОВ В АВТОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАСЛИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫМИ КАДРАМИ  
УТВЕРЖДЕНЫ СЛЕДУЮЩИЕ УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ КУРСОВ ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ:

№	Темы	Объем учебной нагрузки	Формат проведения
1.	Дорожно-строительные материалы	3 дня	Лекция
2.	Контроль качества дорожно-строительных материалов и работ	14 дней	Лекция, Практические занятия
3.	Контроль качества дорожно-строительных материалов и работ	8 дней	Лекция, Практические занятия
4.	Цемент и подбор состава бетона	10 дней	Лекция, Практические занятия
5.	Цемент и подбор состава бетона	7 дней	Лекция, Практические занятия
6.	Практический семинар «Грунты земляного полотна и песок» (классификация, стандартные испытания)	3 дня	Лекция, Практические занятия
7.	Практический семинар «Контроль качества каменных материалов» (щебня из горных пород, шлакового щебня)	3 дня	Лекция, Практические занятия
8.	Практический семинар «Контроль качества каменных материалов» (гравийно-песчаных, щебеночно-гравийно-песчаных смесей, песка)	3 дня	Лекция, Практические занятия
9.	Практический семинар «Контроль качества минерального порошка»	3 дня	Лекция, Практические занятия
10.	Практический семинар по испытанию битумов и битумных вяжущих	4 дня	Лекция, Практические занятия
11.	Практический семинар	4 дня	Лекция, Практические занятия
12.	«Асфальтобетон» (подборы составов смесей, стандартные испытания)	4 дня	Лекция, Практические занятия
13.	Практический семинар по испытанию асфальтобетона и щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА)	2 дня	Лекция
14.	Передовой опыт и новые технологии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог	3 дня	Лекция
15.	Дорожные условия и безопасность движения	3 дня	Лекция, Практические занятия
16.	Ценообразование и сметное дело при ремонте и содержании автомобильных дорог с применением ресурсного метода	2 дня	Лекция, Практические занятия
17.	Ценообразование и сметное дело при строительстве автомобильных дорог с применением ресурсного метода	3 дня	Лекция, Практические занятия
18.	Расчет сметной документации автодорожных проектов в сметных программах	3 дня	Лекция, Практические занятия

19.	Современные методы диагностики и паспортизации автомобильных дорог	3 дня	Лекция, Практические занятия
20.	Обследование мостовых сооружений	3 дня	Лекция, Практические занятия
21.	Курсы начальника участка	3 дня	Лекция, Практические занятия
22.	Курсы прораба	3 дня	Лекция, Практические занятия
23.	Курсы мастера участка	3 дня	Лекция, Практические занятия
24.	Курсы технического надзора	3 дня	Лекция, Практические занятия
25.	Курсы Инженера ПТО	5 дней	Лекция, Практические занятия
26.	Обучение FIDIC	2 дня	Лекция, Практические занятия
27.	Устройство покрытия из щебеночномастичной асфальтобетонной смеси (ЩМА)	3 дня	Лекция, Практические занятия
28.	Расчет конструкции нежестких дорожных одежд	3 дня	Лекция, Практические занятия
29.	Эксплуатация автомобильных дорог	3 дня	Лекция, Практические занятия
30.	AutoCAD для инженеров в дорожном строительстве	3 дня	Лекция, Практические занятия
31.	Паспортизация автомобильных дорог	4 дня	Лекция, Практические занятия
32.	Экологические аспекты строительства автомобильной дороги	1 день	Лекция



г. Астана, ул. Жекебатыр, 35  
г. Алматы, ул. Нурпеисова, 2а



[kense@qazjolgzi.kz](mailto:kense@qazjolgzi.kz)  
[filial.kazdornii@inbox.ru](mailto:filial.kazdornii@inbox.ru)



+7-701-387-48-28  
+7-777-747-43-25  
+7 (727) 246-33-67



<https://qazjolgzi.kz/ru/obuchenie-i-perepodgotovka>





КАЗАХСТАНСКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
Республика Казахстан  
Адрес: Z05G9P4, г. Астана, ул. Жекебатыр 35/1  
Телефон: +7 (7172) 72-98-17 / 8 (775) 688 20 94  
E-mail: jolshy-journal@qazjolgi.kz



