

PARTICULATE MATTER MASS CONCENTRATIONS PRODUCED FROM PAVEMENT SURFACE ABRASION

Ing. **Daša Fullová**¹, doc. Ing. **Daniela Ďurčanská**, CSc.¹, Mgr. **Jitka Hígreová**, Ph.D.²

¹University of Zilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Highway Engineering, Slovakia, das.fullova@fstav.uniza.sk

²Transport Research Centre, Division of transport infrastructure and the environment, Czech Republic

Abstract. According to the latest findings particulate matter belong to the most significant pollutants in Europe together with ground-level ozone O₃ and nitrogen dioxide NO₂. Road traffic is one of the main sources of particulate matter. Traffic volume has unpleasant impact on longevity of the pavements and also on the environment. Vehicle motions cause mechanical wearing of the asphalt pavement surface - wearing course by vehicle tyres. The paper deals with abrasion of bituminous wearing courses of pavements. The asphalt mixtures are compared in terms of mechanically separated particulate matter. The samples of asphalt mixtures were rutted in wheel tracking machine. The particulate matter measurements were performed in laboratory conditions. The experimental laboratory measurements make it possible to sample particulates without contamination from exhaust emissions, abraded particles from vehicles, resuspension of road dust and climate affects. The paper offers partial results of measurements on six trial samples of asphalt mixtures with different composition. It presents particulate matter morphology and the comparison of rutted asphalt samples in terms of PM mass concentrations and chemical composition.

Key words: particulate matter (PM), wearing courses, rutting, mass concentrations

1. Introduction

Non-exhaust emissions of particulate matter from road traffic may originate from abrasion of vehicle parts (tyres, brake linings, clutch and bodywork) or from pavement surface abrasion and also from resuspension of dust. The aim of this research is to monitor the abraded particulate matter from non-combustion processes – from abrasion of pavement surface. A differentiation between PM emissions from road pavement abrasion and resuspension is very difficult due to their similar elemental composition. For this reason, the measurements are performed in the laboratory at the Department of Highway Engineering. The issue of abraded particulate matter from pavement surfaces and the contribution of those emissions to air pollution is mostly solved in the Nordic countries.

Laboratory particle sampling makes it possible to sample particulates with very low contamination from surrounding sources and meteorological factors. An important phase of the research is to determine chemical elements in the collected particulate matter and to

confront it with the representation of these elements in the chemical composition of the asphalt mixture. The next step is to attempt to determine the share of the mechanical separation of PM from the pavement by evaluating the chemical composition of the materials used for studied asphalt mixtures of wearing courses and subsequently collected particulate matter PM. The research is aimed at finding dependence between the composition of asphalt mixture and collected PM.

2. Methodology of laboratory tests

The asphalt mixture samples of wearing courses are used for laboratory measurements. The used asphalt mixture samples (plates of size 320 x 260 mm and thicknesses of 40 mm) are rutted in the wheel tracking machine DYNA-TRACK which is used to assess the resistance to rutting of asphalt materials under conditions, which simulate the effect of traffic (Fig. 1).

Air sampling from inside of the machine DYNA-TRACK during the rutting of samples is performed by equipment APS 3321

(Aerodynamic Particle Sizer) and SMPS 3080 (Scanning Mobility Particle Sizer) which intercept and distribute particle range from 0.012 to 20 μm and 2 pieces of Leckel LVS3 which intercept particulate matter $\text{PM}_{2.5}$ and PM_1 on the nitrocellulose filters for the

subsequent evaluation of mass concentrations and chemical analysis. The mixtures are rutted by typified wheel for 12 hours through the steady working conditions. It performs 20 000 cycles during the 12 hours (i.e. 40 000 running gears).

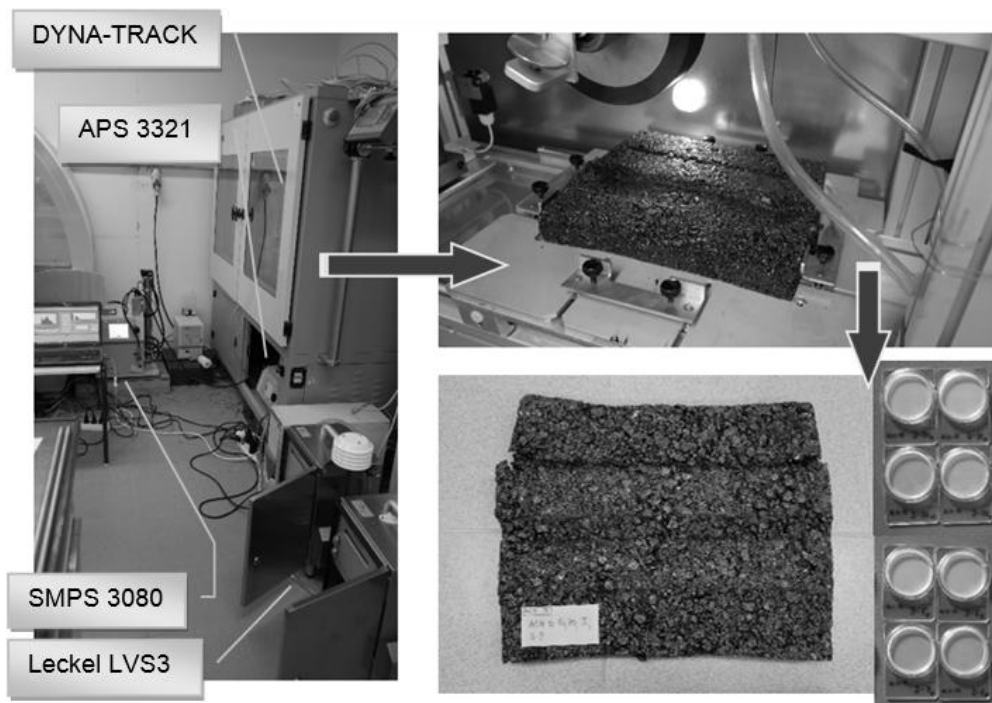


Figure 1 – The used machine technology and rutted asphalt mixture sample

The tests of chemical composition of materials (aggregates, asphalt) of samples were carried out before the rutting of these asphalt mixture samples by XRF analyzer (X-ray fluorescence spectroscopy). For the experiments was used the machine SPEKTRO iQ II (AMATEK, Germany) in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Košice. Chemical analysis of particulate matter intercepted on filters was carried out by ICP - MS - Inductively coupled plasma mass spectrometry in the laboratory at the Transport Research Centre in Brno. Imaging of PM was done by using the scanning electron microscope VEGA TS 5136 LSU (Tescan s.r.o., Czech Republic) that permits both low vacuum and high vacuum mode of measurements with resolution up to 3.5 nm.

3. Results of current laboratory tests

Till now, the measurements of particulate matter were performed on six trial samples of asphalt mixtures with different composition. Two plates of each mixture were rutted in the

laboratory and each plate was rutted two times. All six samples had the same conditions in the space of rutting during abrasion of asphalt mixtures. The total length of measurement was 12 hours. Marks of six rutted samples:

1. AC 11 O 50/70, II, D – 5
- aggregate: quarry Tunezice (siliceous limestone), asphalt: CA 50/70
2. AC 11 O 50/70, II, R – 9
- aggregate: quarry Biely Potok (dolomite), asphalt: CA 50/70
3. AC 11 O PMB 45/80 – 75, I, R – 8
- aggregate: quarry Maluzina (melaphyre), quarry Biely Potok (dolomite),
- asphalt: PMB 45/80-75
4. AC 11 O 50/70, II, K – 4
- aggregate: quarry Biely Potok (dolomite), quarry Badin (andesite),
- asphalt: CA 50/70
5. AC 11 O 50/70, II, S – 9
- aggregate: quarry Solosnica (melaphyre), quarry Trstin (dolomite),
- asphalt: CA 50/70
6. SMA 11 PMB 45/80 – 75, S – 4

- aggregate: quarry Solosnica (melaphyre), quarry Trstin (dolomite),
- asphalt: PMB 45/80-75.

3.1 PM mass concentrations during the rutting of asphalt mixture samples

The results of PM mass concentrations are shown in the following figure (Fig. 4). The

highest concentrations were measured for the mixture with the mark S – 9 (AC 11 with classic bituminous binder) and the lowest concentrations of particulate matter were measured for the sample D – 5 (AC 11 with classic bituminous binder). The mixtures differ in the use of aggregate.

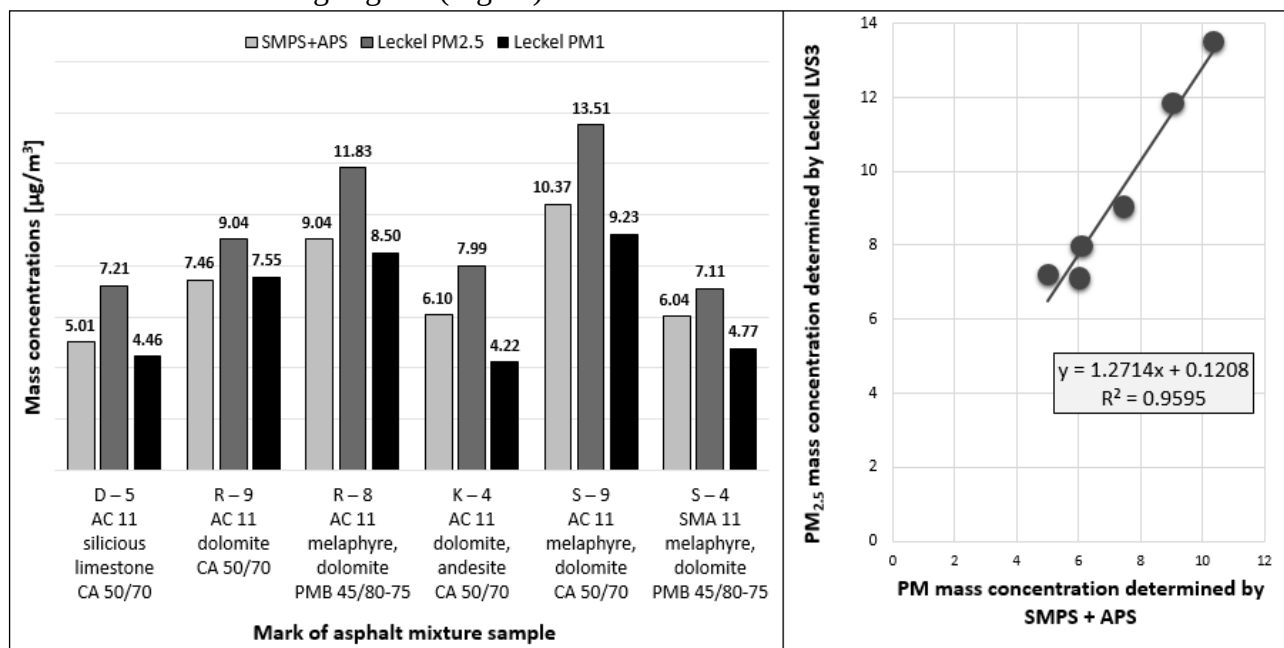


Figure 2 – The average measured PM mass concentrations and the correlation between PM mass concentrations determined by spectrometers (SMPS+APS) and low volume sampler (Leckel LVS3)

The concentrations were determined by two methods – spectrometers SMPS, APS and low volume sampler Leckel. The results correlate with each other – Leckel PM_{2.5} and SMPS+APS ($r = 0.98$) (Fig. 4). In the mixture with the highest concentrations the aggregates melaphyre and dolomite were used and in the mixture with the lowest concentrations the siliceous limestone was used. The average mass concentration of the sample S - 9 is by $6.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ higher than the average mass concentration of the sample D – 5. These concentrations were performed by means of SMPS and APS. By using gravimetric method the difference is determined at $5.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for particulates of fraction PM_{2.5} and $4.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for particulates of fraction PM₁.

3.2 Chemical composition of particulate matter

For identification of particulate matter originating from the asphalt mixture abrasion

the chemical composition of the basic materials of mixtures were carried out. The chemical elements (markers) were determined by analysis of the aggregate as a filler and the asphalt as a binder. Identified elements are subsequently confronted with the elements of the particulate matter collected on the filters. It has been found that the bituminous binder contains approximately 4.8 % of inorganic elements and organic elements are the rest. The sulphur S has the largest representation, it represents 4.19 %. The silicon Si (0.21%) and the chlorine Cl (0.17%) represent a higher share of identified inorganic elements. The tests of chemical composition were also carried out for all kinds aggregates used in tested samples. In the samples the aggregates from six quarries were used (Maluzina, Badin, Solosnica, Biely Potok, Tunezice, Zirany). For XRF spectroscopy the powder samples (crushed aggregate) were used. From the analysis of materials the percentage of each selected element has been found. The results

have shown that elements silicon Si and calcium Ca have the largest percentage in aggregates. The silicon Si predominates in aggregate from quarries Maluzina (melaphyre), Badin (andesite) and Solosnica (melaphyre) and the calcium Ca predominates in aggregate from quarries Biely Potok (dolomite), Tunezice (siliceous limestone), Zirany (limestone). The elements such as Mg, Al, P, Cl, and K represent a higher share of identified elements. Chemical analysis of the exposed filters of particulate matter PM₁ and PM_{2.5} was carried out by mass spectrometry with inductively coupled plasma ICP-MS. The principle of the device is that the samples are decomposed by

acids by the action of microwaves. The prepared (decomposed) samples (51 filters) were analyzed for the presence of selected 13 elements which have been determined by previous analyses of used aggregates and asphalt - Ca, Si, Mg, Al, Fe, P, S, Cl, K, V, Cr, Mn, Na.

The following figure (Fig. 5) presents results of analyses of selected elements. Till now, 51 filters were analyzed. Two fraction of particulate matter were intercepted on these filters – fraction PM₁ and fraction PM_{2.5}. For each mixture (2 plates, 4 ruttings) 4 filters of fraction PM₁ and 4 filters of fraction PM_{2.5} were analyzed.

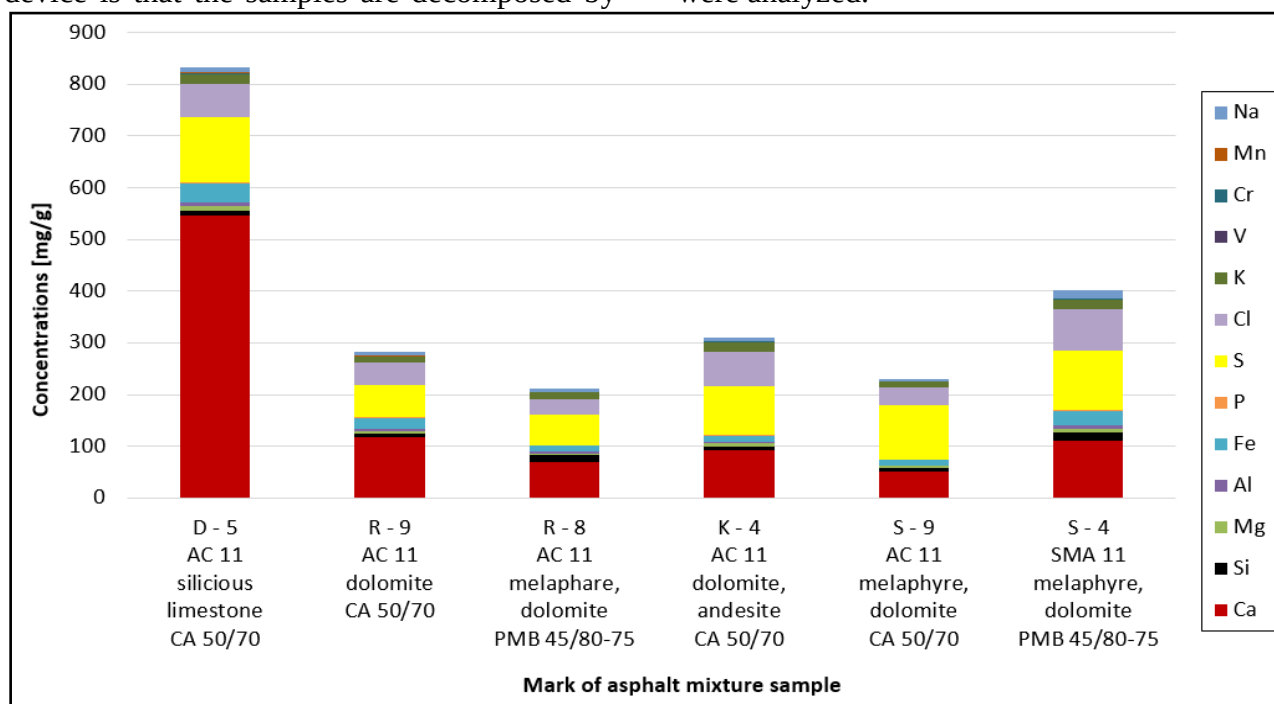


Figure 3 – The average mass concentrations of selected chemical elements in PM_{2.5} fraction

The elements Ca, S, Cl have the highest representation in the analysed filters. Calcium Ca has the highest representation in the sample with mark D – 5 and its concentration is 546.22 mg/g PM_{2.5}. In this sample of asphalt mixture aggregate siliceous limestone is used. Sulphur with mass concentration 126.15 mg/g PM_{2.5} has also the highest concentration in the sample D – 5. With regard to the chlorine the highest concentration was measured in the sample S – 4 (81.47 mg/g PM_{2.5}). On the other hand, the lowest concentrations were measured for the element vanadium V (in range from 0.01 to 0.04 mg/g PM_{2.5}) and for elements such as Cr, Mn and P. The highest concentrations of selected elements were analysed in the sample

D – 5. Despite of the fact that the sample with mark D – 5 has the lowest mass concentrations of particulate matter. Sample R - 9 presents the lowest mass concentrations of these elements and it is together 211.77 mg/g PM_{2.5}. The aggregates rich in limestones are prone to polishing of its surface, the aggregates rich in feldspars have an average polishing and the aggregates rich in quartz are quite resistant to polishing. To exemplify, the highest mass concentration of calcium was measured in the sample in which the siliceous limestone is used.

As seen from the figure all selected elements occur in the intercepted particulates. It is obvious that the released particulates from

surface abrasion have similar composition as the basic materials of asphalt mixtures (aggregate, bituminous binder).

3.3 Morphology of abraded particulate matter

Particulate matter (PM) is considered a mixture of chemical components originated from a variety of sources with specific physical parameters (such as shape, diameter, electric charge, solubility, surface of the particles) and chemical composition (organic and inorganic compounds). Sources, mechanisms of formation, meteorological conditions, distance from the source and other conditions determine these basic parameters. To gain a better understanding of PM origin and behaviour, it is necessary to describe their chemical composition and size distribution.

Imaging of PM was done by using the scanning electron microscope VEGA TS 5136 LSU (Tescan s.r.o., Czech Republic) in Transport Research Centre in Brno. Several types of filters are commonly used in sampling aerosols, but not all are compatible with SEM/EDX analysis. Particulate matter was intercepted on special filters with polycarbonate membrane.

Sharp-edged particles were observed on contaminated filters in a numerous representation. These particles can be characterized as fragments of geological materials (aggregates used in the mixtures). As a result, we can say that the particles are abraded from the mixtures during the rutting and the abrasion of aggregates used for asphalt mixtures could be the source of these particles.

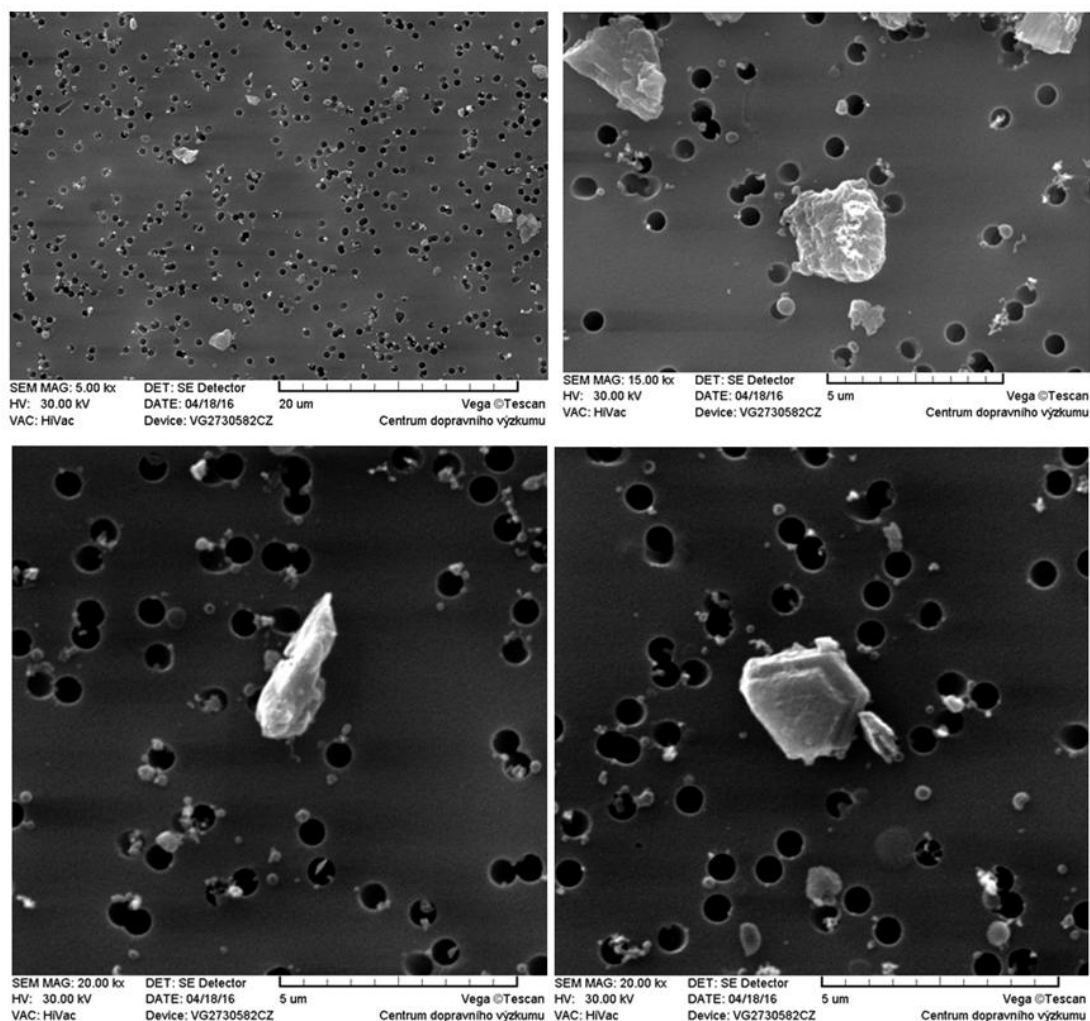


Figure 4 – Sharp-edged particles probably geological origin

Scanning electron microscope (SEM) may be used to determine the possible sources based on the size and shape of the particles. Nevertheless, for more proper PM sources identification it is suitable to combine the knowledge on separate PM morphology with the chemical composition of PM. PM origin interpretation only on the basis of morphology characterization without the chemical composition knowledge could be in some cases inaccurate or misleading.

Abrasion of individual components of the mixtures must be confirmed by means of chemical analysis of the particulates collected on nitrocellulose filters and its subsequent comparison with the composition of each tested mixture. Thus, obtained results presented in this paper were compared with data published in scientific literature in which the same PM shapes were observed and assigned to specific source.

4. Discussion to the current results

Primordial laboratory measurements of abrasion of asphalt mixture samples were carried out. Number and mass concentrations of particulate matter released during rutting of selected samples were measured. The tests of chemical composition of sample materials (aggregates, asphalt) were carried out before the rutting of these asphalt mixture samples by XRF analyzer (X-ray fluorescence spectroscopy). Also, the chemical analyses of particulate matter intercepted on filters were carried out by ICP - MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry).

So far, 24 tests were performed for 6 samples of asphalt mixtures. It follows that each asphalt mixture had 4 available measurements. The mixtures differ in the use of aggregate and bituminous binder. The highest concentrations were measured for the mixture with mark S – 9 (AC 11 with classic bituminous binder) and the lowest concentrations of particulate matter were measured for the sample D – 5 (AC 11 with classic bituminous binder). In the mixture with the highest concentrations the aggregates melaphyre and dolomite were used and in the mixture with the lowest concentrations the siliceous limestone was used.

Imaging of PM was done by using the scanning electron microscope. Scanning electron microscopy (SEM) is an effective tool for the identification of PM sources. However, for more proper PM sources identification it is suitable to combine the knowledge on separate PM morphology with the chemical composition of PM. For examination the particulate matter shapes and sizes from abrasion of asphalt mixture surfaces the electron microscope was used. In numerous representation sharp-edged particles were observed on the filters, probably fragments of geological origin. Therefore we can say that the particulate matter are abraded from asphalt mixture surfaces and it may originate from abrasion of aggregates used in the mixtures.

From chemical analyses a number of facts about content of individual elements in the investigated materials has been revealed. The elements Si and Ca have majority representation in the aggregates. The elements of the under-representation in the aggregates are Mg, Al, and Fe. The bituminous binder contains primarily elements of organic chemistry but sulphur S is majority element from inorganic elements.

From PM chemical analyses the average mass concentrations of selected chemical elements were found for each tested sample. The elements Ca, S, Cl have the highest representation in the analysed filters. Calcium Ca has the highest representation in the sample with mark D – 5 and in this sample the aggregate siliceous limestone is used. On the other hand, the lowest concentrations were measured for the element vanadium V, Cr, Mn and P. As resulting, the released particulates from surface abrasion have similar composition as the basic materials of asphalt mixtures (aggregate, bituminous binder).

The aim of experimental measurements is to confirm the abrasion of pavement surface as a source of particulate matter and to verify the impact of the composition of asphalt mixture for the PM production during the rutting of samples. The findings from chemical analyses will be further applied in the next phase of research and used for verification of this impact. The measurements are still being continued and next assessment of PM concentrations and contents of selected

elements in PM are expected in order to compare the asphalt mixtures with each other in terms of production PM.

Acknowledgements

The paper is a result of research supported by research project VEGA 1/0557/14 Effect of selected variable parameters to asphalt pavement serviceability.

References

1. ĎURČANSKÁ, D., et al., *Analysis of methods of evaluation of the air pollution from road traffic: analysis task*. Žilina: Faculty of Civil Engineering, Department of Highway Engineering (september 2014).
2. AMATO, F., et al., *Urban air quality: The challenge of traffic non-exhaust emissions*. Journal of hazardous materials, 275, 31-36. (2014). Retrieved from www.scopus.com
3. ĎURČANSKÁ, D.: *Analysis of Particulate Matter Composition*. In: Communications: scientific letters of the University of Žilina. - ISSN 1335-4205. - Vol. 12, no. 3A/2010, pp. 17-22.
4. FOLKESON, et al., SPENS: Sustainable Pavements for European New Member States, Guidelines for the environmental assessment of various pavement types including recommendations to road authorities in NMS, European commission DG research, Sixth framework programme, 29 May 2009.
5. GEHRIG, R., ZEYER, K., BUKOWIECKI, N., LIENEMANN, P., POULIKAKOS, L. D., FURGER, M., & BUCHMANN, B., *Mobile load simulators - A tool to distinguish between the emissions due to abrasion and resuspension of PM10 from road surfaces*. Atmospheric Environment, 44(38), 4937-4943, (2010).
6. GUSTAFSSON, M., BLOMQVIST, G., GUDMUNDSSON, A., DAHL, A., JONSSON, P., & SWIETLICKI, E., *Factors influencing PM10 emissions from road pavement wear*. Atmospheric Environment, 43(31), 4699-4702, (2009).
7. PIRJOLA, L., KUPIAINEN, K. J., PERHONIEMI, P., TERVAHATTU, H., & VESALA, H. *Non-exhaust emission measurement system of the mobile laboratory SNIFFER*. Atmospheric Environment, 43(31), 4703-4713, (2009).
8. TERVAHATTU, H., KUPIAINEN, K. J., RÄISÄNEN, M., MÄKELÄ, T., & HILLAMO, R., *Generation of urban road dust from anti-skid and asphalt concrete aggregates*. Journal of Hazardous Materials, 132(1 SPEC. ISS.), 39-46, (2006).
9. Wheel tracking machine DYNA-TRACK. Cernusco, Italy: Controls S.R.L., 2000.
10. LIČBINSKÝ, R., FRÝBORT, A., HUZLÍK, J., ADAMEC, V., EFFENBERGER, K., MIKUŠKA, P., VOJTĚŠEK, M., KRŮMAL, K. *Usage of Scanning Electron Microscopy for Particulate Matter Sources Identification*. Transactions on transport sciences, Number 3/2010. Ministry of Transport, p. 137-144. ISSN 1802-9876. (2010).
11. WILLIS, ROBERT D., BLANCHARD, FREDRICK T., CONNER, TERI L. *Guidelines for the Application of SEM/EDX Analytical Techniques to Particulate Matter Samples*. EPA # 600/R-02/070. (September 2002).

Рецензенти:

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Mozhoviyi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: 07.09.2016 р.

УДК 625.72

Батракова А.Г., д-р техн. наук

ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Анотація Дістав подальшого розвитку інтегральний показник техніко-експлуатаційного стану дорожнього одягу нежорсткого типу – індекс техніко-експлуатаційного стану, який містить в собі як показники, що визначають споживчі властивості автомобільної дороги, так й показники, що визначають технічний стан конструкції дорожнього одягу. Отримано кількісні оцінки часткових індексів стану дорожнього одягу для автомобільних доріг I – III категорій.

Ключові слова: дорожній одяг, індекс техніко-експлуатаційного стану, коефіцієнт запасу міцності, рівність, коефіцієнт зчеплення

UDC 625.72

Batrakova A.G., Dr. Tech. Sci.

EVALUATION OF TECHNICAL AND OPERATIONAL PAVEMENT STATE

Abstract. Integral criterion for assessing the technical and operational condition of nonrigid pavements - Index of technical and operational condition which contains parameters that define both consumer properties of the highways, and indicators that established the technical condition of pavement structures was evolved. The quantitative evaluation of partial pavement condition indexes for highways of I - III categories are obtained.

Keywords: nonrigid pavement, index of technical and operational condition, factor of safety, friction coefficient

УДК 625.72

Батракова А.Г., д-р техн. наук

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Аннотация. Получил развитие интегральный показатель технико-эксплуатационного состояния дорожной одежды нежесткого типа – индекс технико-эксплуатационного состояния, содержащий в себе показатели, определяющие как потребительские свойства автомобильной дороги, так и показатели, определяющие техническое состояние конструкции дорожной одежды. Получены количественные оценки частных индексов состояния дорожной одежды для автомобильных дорог I – III категорий.

Ключевые слова: дорожная одежда, индекс технико-эксплуатационного состояния, коэффициент запаса прочности, ровность, коэффициент сцепления.

Вступ

В умовах обмеженого фінансування ефективність ремонтної стратегії визначається, у першу чергу, рівнем розвитку систем управління станом покриття (СУСП). Фундаментом будь-якої сучасної СУСП є моделі, методи та засоби

Introduction

In the conditions of a limited budget efficiency of repair strategy is defined, first of all, by a level of Pavement Management Systems (PMS) development. Any modern PMS based on models, methods and facilities for the solution of technical and economic

вирішення техніко-економічних завдань оцінки й прогнозування стану дорожнього одягу, а також оптимізації ресурсів на його ремонт. Тому розвиток і вдосконалення СУСП у частині розроблення й реалізації нових стратегій розподілу ресурсів на ремонт і утримання, що спрямовані на забезпечення нормативного техніко-експлуатаційного стану мережі доріг загального користування є актуальним і практично значимим завданням.

Постановка задачі

Більшість моделей управління станом покриття використовують інтегральний показник стану конструкції, який у результаті оптимізації повинен прийняти максимальне значення при обмеженнях по фінансових витратах [1]. Найбільш поширеними показниками є індекс стану покриття (*PCI*) та міжнародний індекс рівності (*IRI*). Перевагою використання таких укрупнених показників є відносно прості процедури одержання їхніх значень. З іншого боку, істотним недоліком є неможливість врахування внеску кожного параметра, у тому числі й підповерхневих дефектів, у загальну оцінку стану конструкції. Тому в рамках постановки завдання оцінки стану дорожнього одягу пропонується розвиток інтегрального показника – індексу транспортно-експлуатаційного стану (*J*), запропонованого в роботі [2]. Даний показник повинний об'єднувати як показники, що отримані за результатами візуальної оцінки стану покриття та визначають у значній мірі споживчі властивості дороги [3], так й техніко-експлуатаційні показники, що визначають технічний стан конструкції дорожнього одягу. Під технічним станом дорожнього одягу будемо розуміти здатність дорожнього одягу сприймати вплив транспортного навантаження й погоднокліматичних факторів. Під експлуатаційним станом дорожнього одягу будемо розуміти здатність дорожнього одягу забезпечувати розрахункову швидкість і безпеку руху. Тоді основними техніко-експлуатаційними показниками

problems concerning an estimation and forecasting of a condition of road pavement, and also optimization of resources for its repair and reconstruction. Therefore creation and improvement of PMS regarding development and realization of new strategy of distribution of resources on repair and maintenance, **aimed at** the ensuring of a standard technical conditions of a network of public roads is actual and very significant practical problem.

Problem statement

The majority of models for managing road pavement condition use an integrated indicator of a pavement condition which should accept a maximum value at the set of restrictions on financial expenses as a result of optimization [1]. The most widespread indicators of pavement condition are Pavement Condition Index (*PCI*) and the International Roughness Index (*IRI*). Advantages of such integrated indicators use are relatively simple procedures of acquisition of their values. On the other hand, an essential drawback is the impossibility of the account of the contribution of each parameter, including subsurface defects, in a general estimation of a pavement condition. Therefore within the framework of the problem statement of the assessment of a condition of a road pavement is proposed development of an integrated indicator - an index of a transport-operational condition (*J*), offered in the paper [2]. The above indicator should consolidate both the indicators which received by results of a visual estimation of a pavement condition and defining first of all consumer properties [3] and the technical-operational indicators which defines technical condition of the road pavement. As a technical condition of a road pavement we will introduce ability of a road pavement to perceive influence of transport loads and weather/climatic factors. As an operational condition we will introduce ability of a road pavement to provide a designed speed and traffic security. Then, the basic technical-operational indicators of a condition of a road pavement are: factor of a margin of safety ($K_{\text{міц}}$), roughness of a pavement (*S*),

стану дорожнього одягу ϵ : коефіцієнт запасу міцності ($K_{\text{міц}}$), рівність покриття (S), а також коефіцієнт зчеплення (ϕ). Для прогнозування індексу техніко-експлуатаційного стану дорожнього одягу та обґрунтування ремонтної стратегії необхідно оцінити характер зміни цих показників у процесі експлуатації. Для вирішення цієї задачі скористуємося підходом до оцінки міцності дорожнього одягу, що запропонований у [4]. Згідно [4] передбачається, що в процесі експлуатації верхні шари дорожнього одягу втрачають «плитний» ефект, тобто не працюють як плита на пружній основі й втрачають розподільчу здатність. Тоді відносну втрату міцності конструкції дорожнього одягу в момент часу (t) можна оцінити за коефіцієнтом втрати розподільчої здатності:

$$k = \frac{E_{\text{заг}}^0 - E_{\text{заг}}^t}{E_{\text{заг}}^0 - E_{\text{заг}}^T}, \quad (1)$$

де $E_{\text{заг}}^0, E_{\text{заг}}^t, E_{\text{заг}}^T$ – загальний модуль пружності дорожнього одягу на початку експлуатації, у довільний момент часу t та наприкінці терміну служби відповідно, МПа.

З іншого боку, зі зміною міцності дорожнього одягу пов'язані загальні закономірності зміни рівності покриття [5, 6]. Зміна рівності покриття в часі, якщо основною причиною її погіршення є зниження загальної міцності дорожнього одягу, описується залежністю [7]:

$$S_t = S_0 + K_S \cdot \frac{\ln(1 + x \cdot t_c)}{\eta_0 \cdot x} \cdot \left[\frac{p \cdot K_t}{1 + \sqrt{2\pi} \cdot \left(\frac{h_{\text{до}}}{D} \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{заг}}^t}{E_{\text{зп}}}} \right)} + \frac{h_{\text{до}} \cdot \rho \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)}{\cos \phi} \right], \quad (2)$$

де S_0, S_t – відповідно рівність на початку експлуатації та у момент часу t , см/км;

K_S – параметр, що характеризує зв'язок між накопиченням залишкових деформацій у ґрунті й зміною рівності покриття, см/км;

and also friction coefficient. For forecast operational condition of a road pavement and a foundation of repair strategy it is necessary to estimate character of change of these indicators while service life interval. For the solution of this problem we will take advantage of the approach to an estimation of strength of the road pavement, offered in [4]. According to [4] it is supposed that while in service road pavement top layers lose «plate» effect. It means, that pavement do not work as a slab on the elastic base and thus, lose distributing ability. Then, the relative loss of a structural strength of a road pavement at the moment of time (t) can be estimated by the factor of loss of the distributing ability:

$$k = \frac{E_{\text{заг}}^0 - E_{\text{заг}}^t}{E_{\text{заг}}^0 - E_{\text{заг}}^T}, \quad (1)$$

where $E_{\text{заг}}^0, E_{\text{заг}}^t, E_{\text{заг}}^T$ – a general elastic modulus of a road pavement in the operation beginning; during any moment of time t and in the end of life cycle accordingly, МПа.

On the other hand, general laws of change of roughness of a pavement are connected with change of strength of a road pavement [5, 6]. Change of roughness of a pavement in time in the case, if a principal cause of its deterioration is diminution of general strength of a road pavement, is described by dependence [7]:

$$S_t = S_0 + K_S \cdot \frac{\ln(1 + x \cdot t_c)}{\eta_0 \cdot x} \cdot \left[\frac{p \cdot K_t}{1 + \sqrt{2\pi} \cdot \left(\frac{h_{\text{до}}}{D} \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{заг}}^t}{E_{\text{зп}}}} \right)} + \frac{h_{\text{до}} \cdot \rho \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)}{\cos \phi} \right], \quad (2)$$

where S_0, S_t – accordingly roughness in the beginning of operation period and at the moment of time t , cm/km;

K_S – the parameter, which characterize communication between accumulation of residual deformations in a ground and change of roughness of a pavement, cm/km;

K_t – коефіцієнт, що враховує збільшення напруження в ґрунті земляного полотна в процесі експлуатації внаслідок зниження загальної міцності дорожнього одягу;
 h_{do} – товщина дорожнього одягу, см;
 E_{zag}^t – еквівалентний модуль пружності дорожнього одягу в момент часу t , МПа;
 E_{ep} – модуль пружності ґрунту земляного полотна, МПа;
 ρ – середня щільність матеріалу шарів дорожнього одягу, г/см³;
 φ – кут внутрішнього тертя ґрунту земляного полотна, град.;
 η_0 – коефіцієнт в'язкого опору ґрунту, МПа;
 x – коефіцієнт зміни в'язкості ґрунту, с⁻¹;
 t_c – сумарний час впливу транспортного навантаження за період активного накопичення залишкової деформації, с.

Зношування покриття дорожнього одягу також прийнято як критерій проведення ремонту автомобільної дороги. Гранично допустимою величиною зношування покриття вважають зниження коефіцієнта зчеплення покриття (для дорожнього одягу капітального і полегшеного типів) до величин, що допускаються за умовами безпеки руху [8]. Згідно з [9] між коефіцієнтом зчеплення й шорсткістю поверхні кочення існує зв'язок, який дозволяє оцінити зміну коефіцієнта зчеплення в процесі експлуатації:

$$T = \frac{\lg \left[\frac{1}{a_1} \Delta R \left(1 - \frac{1}{q} \right) \right] - \lg \left[\frac{1}{65 N_0} \left(1 - \frac{1}{q} \right) \right]}{\lg q}, \quad (3)$$

де T – імовірний термін служби шорсткуватого покриття залежно від зміни його зчепних якостей, років;
 a_1, b_1 – коефіцієнти, що враховують фракційний склад поверхневої обробки;
 ΔR – зміна макрошорсткості за термін служби T , мм;
 q – показник щорічного приросту інтенсивності руху;
 N_0 – середньорічна добова інтенсивність руху розрахункових автомобілів на

K_t – the factor, which consider increasing of stress in a base layer of the road while in service due to the increasing of general strength of a road pavement;
 h_{do} – a thickness of a road pavement, cm;
 E_{zag}^t – an equivalent elastic modulus of a road pavement at the moment of time t , MPa;
 E_{ep} – an elastic modulus of a ground of a road bed, MPa;
 ρ – average density of a material of layers of a road pavement, g/cm³;
 φ – a corner of an internal friction of a ground of a road bed, deg.;
 η_0 – factor of viscosity of a ground variation, MPa;
 x – factor of change of viscosity of the ground, c⁻¹;
 t_c – total time of influence transport loadings during active accumulation of a residual strain, sec.

Deterioration of a road pavement also is accepted as criterion of carrying out of repair of a highway. As maximum permissible rate of deterioration of a pavement usually it is usually considered lowering of an friction coefficient of a pavement (for a road pavement of the capital and facilitated types) to the values allowed by safety conditions of movement [8]. According to [9] between friction factor and a rolling surface roughness there is the dependence, allowing to estimate friction coefficient changes while road is in service:

$$T = \frac{\lg \left[\frac{1}{a_1} \Delta R \left(1 - \frac{1}{q} \right) \right] - \lg \left[\frac{1}{65 N_0} \left(1 - \frac{1}{q} \right) \right]}{\lg q}, \quad (3)$$

where T – possible life cycle of a rough pavement which depends on change of its friction properties, years;
 a_1, b_1 – the factors considering fractional structure of a surface treatment;
 ΔR – change of the macroroughnesses during life cycle T , mm;
 q – an indicator of an annual gain of a traffic volume;
 N_0 – a mid-annual daily traffic volume of

перший рік служби шару зносу, авт./добу.

Рішення рівняння (3) зводиться до визначення гранично допустимого зменшення макрошорсткості покриття за умовою безпеки руху. Математичні моделі, що описують зміну коефіцієнта зчеплення залежно від інтенсивності руху в часі, побудовані на незначному обсязі статистичних даних і можуть бути застосовані в досить вузьких діапазонах розрахункових навантажень, що обмежує їх застосування. Тому стосовно до постановки завдання при оцінці стану дорожнього одягу на підставі інструментальної оцінки розраховується коефіцієнт забезпечення зчіпних якостей покриття [10]:

$$K_{зчеп} = \varphi_{факт} / \varphi_n, \quad (4)$$

де $K_{зчеп}$ – коефіцієнт забезпечення зчіпних якостей покриття;
 $\varphi_{факт}, \varphi_n$ – відповідно фактичне й нормативне значення коефіцієнта зчеплення.

Тоді індекс техніко-експлуатаційного стану (J) представимо у вигляді:

$$J = \Phi \left\{ \begin{array}{l} J_E = f(\overline{\epsilon}_{міц}^t) \\ J_S = f(\overline{\epsilon}_{заг}^t) \\ J_\varphi = f(\overline{\epsilon}_{зчеп}^t) \\ \hline K_{міц} = f(\overline{\epsilon}_{заг}^t, E_{нотр}) \\ S = f\left(\sum_{i=1}^n h_i, E_{заг}^t, E_{зр}, \varphi_{зр}\right) \end{array} \right\}, \quad (5)$$

де J_E, J_S, J_φ – часткові індекси стану конструкції дорожнього одягу за критеріями міцності, рівності та зчеплення відповідно.

Розрахунок індексу техніко-експлуатаційного стану

Для розрахунку компонента індексу стану за критерієм міцності (J_E) скористуємося рішенням В.Д. Казарновського [4],

settlement cars for the first year of service of a wear layer, a bus / days.

The solution of the equation (3) is reduced to evaluation of maximum permissible reduction of the macro pavement coarsenesses on a movement safety conditions. The mathematical models which describes changes of the friction coefficient on dependence from a traffic volume in time, are constructed on insignificant volume of the statistical data and can be applied in relatively narrow ranges of design loads that limits their application. Therefore during problem statement for the estimation of a condition of a road pavement, on the basis of a tool investigation estimation the factor of maintenance of friction properties of a pavement is carried out by [10]:

$$K_{зчеп} = \varphi_{факт} / \varphi_n, \quad (4)$$

where $K_{зчеп}$ – factor of maintenance of friction properties of a pavement ;
 $\varphi_{факт}, \varphi_n$ – actual and standard value of an friction factor accordingly.

Then index of a technical-operational condition (J) we will present in a such a way:

$$J = \Phi \left\{ \begin{array}{l} J_E = f(\overline{\epsilon}_{міц}^t) \\ J_S = f(\overline{\epsilon}_{заг}^t) \\ J_\varphi = f(\overline{\epsilon}_{зчеп}^t) \\ \hline K_{міц} = f(\overline{\epsilon}_{заг}^t, E_{нотр}) \\ S = f\left(\sum_{i=1}^n h_i, E_{заг}^t, E_{зр}, \varphi_{зр}\right) \end{array} \right\}, \quad (5)$$

where J_E, J_S, J_φ – partial indexes of a condition of a design of a road pavement by strength conditions, roughness and cohesion accordingly.

Calculation of an index of a technical-operational condition

For calculation of components of an index of a condition relatively to the strength

враховуючи коефіцієнт втрати розподільчої здатності (1). Тоді індекс стану конструкції за критерієм міцності може бути представлений:

$$J_{np} = \left(1 - \frac{E_{o\delta}^{t=0} - E_{o\delta}^t}{E_{o\delta}^{t=0} - E_{o\delta}^{t=T}} \right) \cdot 100\%. \quad (6)$$

Загальний модуль пружності дорожнього одягу в момент часу t ($E_{o\delta}^t$), визначається:

$$E_{o\delta}^t = 98,65 \cdot \left(\lg(N_{\Sigma} - N_{\Sigma t}) - a \right), \quad (7)$$

де $N_{\Sigma}, N_{\Sigma t}$ – загальна кількість прикладань розрахункового навантаження за строк експлуатації та за строк t відповідно, авт.;
 a – коефіцієнт, що залежить від типу розрахункового навантаження (для А1: $a = 3,20$; для А2: $a = 3,55$).

За результатами розрахунків встановлена градація індексу стану за критерієм втрати розподільчої здатності покриття [11].

Для розрахунку компонента індексу стану за критерієм поздовжньої рівності (J_s) використовуємо рішення, що узагальнює залежності швидкості руху транспортного потоку від рівності та від ступеня деформування асфальтобетонного покриття [12]:

$$S^t = \frac{1}{\eta} \cdot \left(m - \frac{1}{a + b \cdot r} \right), \quad (8)$$

де S^t – показник рівності покриття за поштовхоміром, см/км;
 m, a – емпіричні параметри, що враховують вплив початкової рівності покриття на швидкість руху транспортного потоку, ($m = 86,14$; $a = 0,0125$);
 η, b – емпіричні коефіцієнти, що впливають відповідно на швидкість руху й динаміку зміни рівності покриття залежно від імовірності пошкодження покриття (r), ($\eta = 0,123$; $b = 0,045$).

condition (J_E) we will take advantage of V.D. Kazarnovsky [4] solution, considering factor of loss of distributing ability (1). Then the index of a condition of a design, related to the strength condition can be presented:

$$J_{np} = \left(1 - \frac{E_{o\delta}^{t=0} - E_{o\delta}^t}{E_{o\delta}^{t=0} - E_{o\delta}^{t=T}} \right) \cdot 100\%. \quad (6)$$

The general elastic modulus of a road pavement in the moment of the time t ($E_{o\delta}^t$), is defined as:

$$E_{o\delta}^t = 98,65 \cdot \left(\lg(N_{\Sigma} - N_{\Sigma t}) - a \right), \quad (7)$$

where $N_{\Sigma}, N_{\Sigma t}$ – total amount of appendices of standard load for term of operation and for term t accordingly, veh.;
 a – the factor depending on a type of standard load (for А1: $a = 3,20$; for А2: $a = 3,55$).

By results of calculations the gradation of an index of a condition by criterion of loss of distributing ability of a pavement [11] is established.

For calculation components of condition index by criterion of longitudinal roughness (J_s) we use the solution which generalize dependencies of speed of movement of a traffic stream from roughness and from degree of a deformation of the asphalt pavement [12]:

$$S^t = \frac{1}{\eta} \cdot \left(m - \frac{1}{a + b \cdot r} \right), \quad (8)$$

where S^t – indicator of longitudinal roughness of a pavement by bumpometer, cm/km;
 m, a – empirical parameters which corrects influence of initial roughness of a pavement on speed of movement of a traffic stream, ($m = 86,14$; $a = 0,0125$);
 η, b – empirical factors which influence accordingly for speed of movement and dynamics of change of roughness of a pavement on depend of probability of damage

Використовуючи залежність імовірності пошкодження покриття (r) від коефіцієнту запасу міцності конструкції за допустимим пружним прогином [12], запишемо частковий індекс стану конструкції дорожнього одягу за критерієм рівності у вигляді:

$$J_s = \left(1 - \frac{S^t - S^{t=0}}{S_{об}^{t=T} - S_{об}^{t=0}} \right) \cdot 100\%, \quad (9)$$

де $S^{t=0}$ – поздовжня рівність покриття при при здачі в експлуатацію, см/км, таблиця 1;

$S^{t=T}$ – гранично допустима поздовжня рівність покриття за критерієм мінімуму сумарних наведених витрат на перевезення вантажів і ремонти дорожніх покриттів [13].

Враховуючи вимоги до рівності покриття за умовою безпеки руху (таблиця 1), запишемо коефіцієнт рівності покриття:

$$K_s = S^{без} / S^t, \quad (10)$$

де $S^{без}$ – гранично допустима рівність покриття за умовою безпеки руху, см/км.

of a pavement (r), ($\eta = 0,123$; $b = 0,045$).

Using dependence of probability of damage of pavement (r) from safety factor of the design on admissible elastic deflection [12], we will write down partial condition index of road pavement design by criterion of roughness in such form:

$$J_s = \left(1 - \frac{S^t - S^{t=0}}{S_{об}^{t=T} - S_{об}^{t=0}} \right) \cdot 100\%, \quad (9)$$

where $S^{t=0}$ – longitudinal roughness of pavement immediately after put in commission, cm/km, table 1;

$S^{t=T}$ – maximum permissible longitudinal roughness of pavement by criterion of minimum of the total resulted expenses for transportation and repairs of road pavements [13].

Considering requirements to roughness of a pavement on a safety conditions movements (table 1), we will write down factor of roughness of a pavement:

$$K_s = S^{без} / S^t, \quad (10)$$

where $S^{без}$ – maximum permissible roughness of a pavement on a movement safety conditions, cm /km.

Таблиця 1 – Нормативні значення рівності покриття [14]

Показники рівності	Категорія дороги		
	I	II	III
Рівність покриття при здачі дороги в експлуатацію $S^{t=0}$:			
– без поверхневої обробки, см/км;	40	45	50
– з поверхневою обробкою, см/км.	45	50	70
Гранична рівність покриття за умовою безпеки руху, $S^{без}$, см/км	90	100	130

Table 1 – Standard values of roughness of a pavement [14]

Roughness indicators	Roads category		
	I	II	III
Roughness of a pavement immediately after put in commission $S^{t=0}$:			
– without a surface treatment, cm km;	40	45	50
– with a surface treatment, cm/km.	45	50	70
Maximum roughness of a pavement on a movement safety conditions, $S^{без}$, cm/km.	90	100	130

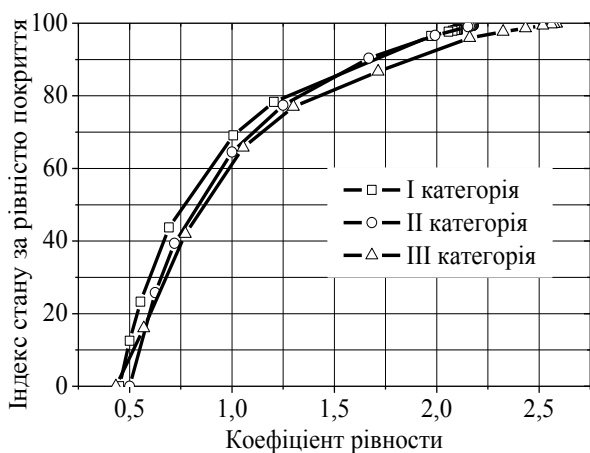


Рисунок 1 – Зв'язок коефіцієнта рівності покриття з індексом стану

Використання залежностей (9, 10) дозволяє встановити зв'язок між коефіцієнтом рівності та індексом стану покриття за критерієм рівності (рисунок 1) та отримати кількісну оцінку індексу стану дорожнього одягу за критерієм поздовжньої рівності (таблиця 2).

Як було відзначено раніше, третім фактором,

що визначає техніко-експлуатаційний стан дорожнього одягу, прийнятий коефіцієнт зчеплення. Він нормується за умовою безпеки руху й становить понад 0,35 для легких, 0,40 – для складних, 0,45 – для небезпечних умов руху. Його нормативні значення повинні бути забезпечені протягом терміну служби дорожнього одягу. Відзначимо також, що закономірності зміни коефіцієнта зчеплення в процесі експлуатації залежать від багатьох факторів, що ускладнює градацію індексу стану по п'ятибальній шкалі. Тому приймаємо значення індексу стану покриття за коефіцієнтом зчеплення:

- при забезпеченому коефіцієнті зчеплення ($\varphi \geq (0,35; 0,40; 0,45)$) $J_\varphi = 100$;
- при незабезпеченому коефіцієнті зчеплення ($\varphi < (0,35; 0,40; 0,45)$) $J_\varphi = 0$.

Тоді індекс техніко-експлуатаційного стану дорожнього одягу може бути розрахований:

$$J_\Sigma = \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot J_i / \sum_{i=1}^m \alpha_i, \quad (11)$$

де m – загальна кількість часткових індексів стану дорожнього одягу;

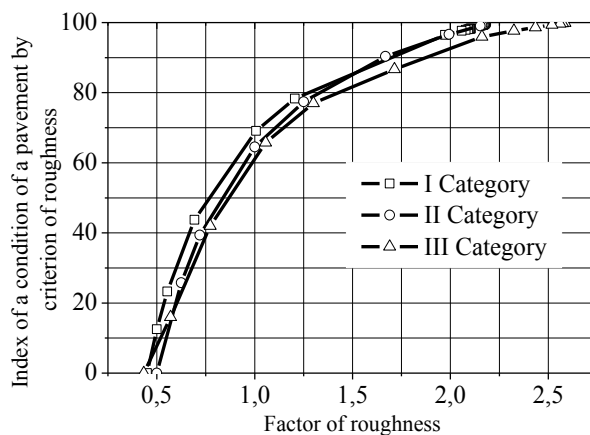


Figure 1 – Relation between factor of roughness of a pavement with a condition index

Taking advantages of dependences (9, 10) allows to establish relation between factor of roughness and index of a condition of a pavement by criterion of roughness (Figure 1) and to receive a quantitative estimation of an index of a condition of road pavement by criterion of longitudinal roughness (table 2).

As it has been noted earlier, the third factor defining a technical-operational condition of a road pavement, accepts friction factor. It is normalized on a safety conditions of movement and makes from above 0,35 for good, 0,40 - for difficult, 0,45 - for dangerous traffic conditions. Its standard values should be provided throughout road pavement life cycle. We will notice also that laws of friction coefficient change while in service depend on many factors that complicates gradation of condition index on a five-point scale. Therefore we accept value of condition index by friction factor:

- at the provided friction factor ($\varphi \geq (0,35; 0,40; 0,45)$) $J_\varphi = 100$;
- at a poor friction factor ($\varphi < (0,35; 0,40; 0,45)$) $J_\varphi = 0$.

Then the index of a technical-operational condition of a road pavement can be calculated:

$$J_\Sigma = \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot J_i / \sum_{i=1}^m \alpha_i, \quad (11)$$

where m – total amount of partial indexes of a condition of a road pavement;

α_i – ваговий коефіцієнт i -го часткового індексу стану дорожнього одягу;
 J_i – частковий індекс стану дорожнього одягу.

α_i – weight factor of i -th partial condition index of a road pavement;
 J_i – partial condition index of pavement.

Таблиця 2 – Індекс стану за критерієм рівності покриття

Категорія дороги	Коефіцієнт рівності	Індекс стану J_s	Оцінка стану покриття
I	понад 1,8	100	відмінно
	від 1,8 до 1,125	99 – 75	добре
	від 1,124 до 1,0	74 – 69	задовільно
	від 1,0 до 0,45	68 – 0	незадовільно
II	менше 0,45	менше 0	зруйновано
	понад 2,0	100	відмінно
	від 2,0 до 1,11	99 – 72	добре
	від 1,10 до 1,0	70 – 65	задовільно
III	від 1,0 до 0,50	64 – 0	незадовільно
	менше 0,50	менше 0	зруйновано
	понад 2,6	100	відмінно
	від 2,6 до 1,30	99 – 77	добре
	від 1,30 до 1,0	76 – 62	задовільно
	від 1,0 до 0,43	61 – 0	незадовільно
	менше 0,43	менше 0	зруйновано

Table 2 – A condition Index by criterion of roughness of a pavement

Roads category	Factor Roughness	Index of condition J_s	Estimation of a condition of a pavement
I	from above 1,8	100	perfectly
	from 1,8 to 1,125	99 – 75	well
	from 1,124 to 1,0	74 – 69	satisfactorily
	from 1,0 to 0,45	68 – 0	unsatisfactorily
	it is less than 0,45	it is less 0	it is destroyed
II	from above 2,0	100	perfectly
	from 2,0 to 1,11	99 – 72	well
	from 1,10 to 1,0	70 – 65	satisfactorily
	from 1,0 to 0,50	64 – 0	unsatisfactorily
	it is less 0,50	it is less 0	it is destroyed
III	from above 2,6	100	perfectly
	from 2,6 to 1,30	99 – 77	well
	from 1,30 to 1,0	76 – 62	satisfactorily
	from 1,0 to 0,43	61 – 0	unsatisfactorily
	it is less 0,43	it is less 0	it is destroyed

Висновки

Дістала подальшого розвитку модель оцінки поточного стану дорожнього одягу за індексом техніко-експлуатаційного стану, що враховує показники міцності дорожнього одягу, поздовжньої рівності покриття та коефіцієнта зчеплення та дозволяє надати кількісну оцінку стану дорожнього одягу за результатами інструментальної та візуальної оцінки. Сукупність результатів, що наведені в роботі, складають основу прогнозування стану дорожнього одягу на мережі автомобільних доріг з метою розподілу ресурсів на ремонт та утримання.

Література

1. Lamptey G. Life Cycle Cost Analysis for INDOT Pavement Design Procedures / G. Lamptey, M. Ahmad, S. Labi, K.C. Sinha // Final Report FHWA/IN/JTRP-2004/28. – Lafayette, Indiana : Purdue University, 2005. – 57 p.
2. Демишкан В. Ф. Совершенствование управления состоянием автомобильных дорог в условиях ограниченных ресурсов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / Демишкан Владимир Федорович. –

Conclusions

It has had the further development a model of estimation of the current condition of road pavements in accordance with index of a technical-operational condition which take into account indicators of strength of a road pavement, longitudinal roughness of a pavement and friction factor. That allows establish quantitative estimation of road pavement condition by results of instrumental evaluation and visual estimation. Set of results which are reported form basis for road pavement condition forecasting on a network level for the distribution of resources to its repair and the maintenance.

References

1. Lamptey G. Life Cycle Cost Analysis for INDOT Pavement Design Procedures / G. Lamptey, M. Ahmad, S. Labi, K.C. Sinha // Final Report FHWA/IN/JTRP-2004/28. – Lafayette, Indiana: Purdue University, 2005. – 57 p.
2. Demishkan V. F. Perfection of steering by a condition of highways in the conditions of restrained resources: дис. ... Cand.Tech.Sci.: 05.22.11 / Demishkan Vladimir Fedorovich. –

Харьков, 2000. – 171 с.

3. Споживчі властивості автомобільних доріг загального користування: СОУ 45.2-00018112-077:2012. – К.: Мінрегіон, 2012. – 76 с. – (Стандарт організації України).

4. Казарновский В.Д. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / В.Д. Казарновский, И.В. Лейтланд, М.Л. Попов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. – № 1. – С. 33–34.

5. Бируля А. К. Работоспособность дорожных одежд / А.К. Бируля, С.И. Михович. – М.: Транспорт, 1968. – 172 с.

6. Апестин В.К. Определение фактических модулей упругости нежестких дорожных одежд с использованием результатов визуальной оценки состояния покрытия / В. К. Апестин // Дороги и мосты. – 2006. – Вып. 16/2. – С. 47–50.

7. Бусел А.В. Ремонт автомобильных дорог: Учеб. пособие / А.В. Бусел. – Минск: Арт. Дизайн, 2004. – 208 с.

8. Апестин В.К. Новые нормы межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий / В.К. Апестин, В.М. Стрижевский // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 2. – С. 6–9.

9. Немчинов М. В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985 – 231 с.

10. Васильев А.П., Апестин А.К. Ремонт и содержание автомобильных дорог: учеб. издание / А.П. Васильев, А.К. Апестин. – М.: МАДИ(ТУ), 2009. – 65 с.

11. Батракова А.Г. Оценка состояния дорожных одежд в задачах превентивного обслуживания / А. Г. Батракова, И.Б. Галащук, С. М. Урдзік // Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільних доріг: матеріали міжнародної науково-технічної конференції, (Харків, 12-13 листопада 2013 р.). – Х.: ХНАДУ, 2013. – С. 8–12.

12. Повышение надежности автомобильных дорог / [Золотарь И. А., Некрасов В. К., Коновалов С. В. и др.]; под ред. И. А. Золотаря. – М.: Транспорт, 1977. – 183 с.

13. Слободчиков Ю. В. Обоснование оценочных показателей выбора ремонтной

Kharkov, 2000. - 171 p.

3. Consumer properties of public roads: SOU 45.2-00018112-077:2012. - K: MinRegion Ukraine, 2012. - 76 p. - (The Standard Ukraine Organization).

4. Kazarnovsky V.D. To a question on a design procedure of strengthening of road pavements / V.D. Kazarnovsky, I.V. Lejtland, M.L. Popov// the Science and technics in road branch. - 2004. - № 1. - P. 33-34.

5. Birulja A.K. The efficiency of road pavement / A.K.Birulja, S.I.Mihovich. - M: Transport, 1968. - 172 p.

6. Apestin V. K. Definition of actual elastic moduluses of nonrigid road pavements with use of results of a visual estimation of a condition of pavement / V.K. Apestin //Roads and bridges. - 2006. - Vyp. 16/2. - P. 47-50.

7. Busel A.V. Repair of highways: Studies. The Textbook / A.V. Busel. - Minsk: Art. Design, 2004. - 208 p.

8. Apestin V. K. New size standards of reserve maintenance periods of service of road clothes and pavements / V.K. Apestin, V.M. Strizhevsky // the Science and techniques in road branch. - 2008. - № 2. - P. 6-9.

9. Nemchinov M.V. Friction quality of road surfaces and car traffic safety / M.V. Nemchinov. - M: Transport, 1985 - 231 p.

10. Vasilev A.P. Repair and the maintenance of highways: Textbook. edition / A.P. Vasilev, A.K. Apestin. - M: MADI (THAT), 2009. - 65 p.

11. Batrakova A.G. Estimation of condition of road pavements in problems of preventive service / A. G. Batrakova, I.B. Galashchuk, S.M. Urdzik // Modern technologies of construction and operation of highways: Proceedings of the International Scientific Conference, (Kharkiv, 12-13 November 2013). - X: KhNARU, 2013. - P. 8-12.

12. Increase of reliability of highways / [Zolotar I. A, Nekrasov V. K, Konovalov S. V, et al.]; under the editorship of I.A. Zolotarja. - M: Transport, 1977. - 183 p.

13. Slobodchikov J.V. Justification of estimation indicators of a choice of repair strategy of highways with nonrigid road pavements in changing service conditions: Thesis. ... Doct. Techn. Sciences: 05.23.11 /

стратегии автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами в изменяющихся условиях эксплуатации : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.11 / Слободчиков Юрий Васильевич – Москва, 1995. – 333 с.

14. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану : ДСТУ 3587-97. – К. : Держстандарт України, 1997. – 23 с. – (Державний Стандарт України).

Slobodchikov Jury Vasilevich - Moscow, 1995. - 333 p.

14. Traffic safety. Highways, streets and railway crossings. Requirements to an operational condition: DSTU 3587-97. - K: State Standard Ukraine, 1997. - 23 p. - (State standard of Ukraine).

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **27.09.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 332.6: 625.7/.8

Бубела А.В., канд.техн.наук

ВИКОРИСТАННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО МЕТОДУ В ПРОЕКТАХ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ДЛЯ ОБЛІКУ ТА ОЦІНКИ АКТИВІВ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

Анотація. Дорожньо-транспортний комплекс – одна з домінуючих галузей в економіці, нові проблеми, з якими зіштовхується цей сектор, потребують раціоналізації та модернізації в області організації системи та її управління. Відповідно до діючої в дорожньому будівництві системою забезпечується всебічний контроль якісного стану доріг загального користування. Система контролю якості робіт базується на наукових засадах стандартизації, метрології та кваліметрії, що забезпечують суворе дотримання діючих нормативних документів, єдність і достовірність вимірювань.

Ключові слова: автомобільна дорога, якісні ознаки, оцінка, методи оцінки.

UDC 332.6: 625.7/.8

Bubela A.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

USING DIFFERENTIAL METHOD IN THE CONSTRUCTION OF THE HIGHWAY TO THE ACCOUNTING AND VALUATION OF ASSETS ROAD SECTOR

Abstract. Road transport complex - one of the dominant sectors of the economy, new challenges facing the sector in need of rationalization and modernization in the organization and its management system. Under the current system in road construction provided comprehensive control of the quality of public roads. The quality control system works based on scientific principles of standardization, metrology and quality control, ensuring strict compliance with existing regulations, unity and reliability of measurements.

Keywords: road, signs of quality, assessment, evaluation methods.

УДК 332.6: 625.7/.8

Бубела А.В., канд.техн.наук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИИРОВАННЫХ МЕТОДОВ В ПРОЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ УЧЕТА И ОЦЕНКИ АКТИВОВ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Аннотация. Дорожно-транспортный комплекс - одна из доминирующих отраслей в экономике, новые проблемы, с которыми сталкивается этот сектор, требуют рационализации и модернизации в области организации системы и ее управления. Согласно действующей в дорожном строительстве системой обеспечивается всесторонний контроль качественного состояния дорог общего пользования. Система контроля качества работ базируется на научных принципах стандартизации, метрологии и кваліметрії, обеспечивающие строгое соблюдение действующих нормативных документов, единство и достоверность измерений.

Ключевые слова: автомобильная дорога, качественные признаки, оценка, методы оценки.

Вступ

Держава, на теперішній час, не спроможна повністю профінансувати потреби автодорожнього сектору з держбюджету, оскільки рух транспорту, як правило, зростає значно швидше, ніж ВВП та дорожні відомства рідко підпорядковуються ринковій дисципліні для підвищення своєї ефективності, інвестиційні потреби автодорожнього сектору мають тенденцію до більш швидкого зросту, ніж здатність або готовність державної структури забезпечити його з податкових надходжень. В результаті зростає список невиконаних робіт та інвестицій з подальшими інвестиційними проблемами для традиційних методів закупівель та підштовхує державу до пошуку альтернативних джерел фінансування.

В більшості країн мережа автомобільних доріг складає один з найбільших суспільних активів і, як правило, належить державі. Багато автодорожніх відомств відповідають за управління активами, вартість яких зіставлена з ціною найбільших приватних міжнародних компаній [1].

В країнах, що розвиваються, дорожні мережі мають пропорційно більш високий вплив на національну економіку в зв'язку зі збільшенням частки приватного сектору. Країни можуть виграти від допомоги приватного сектору в цілях ефективного реагування на проблеми дорожньо-транспортного комплексу та забезпечення оптимального вкладу автодорожнього сектору в економічний розвиток.

Основна частина

Відповідно до діючої в дорожньому будівництві системою забезпечується всебічний контроль якісного стану доріг загального користування. Система контролю якості робіт базується на наукових засадах стандартизації, метрології та кваліметрії, що забезпечують суворе дотримання діючих нормативних документів, єдність і достовірність вимірювань.

Крім того, особливу увагу необхідно приділяти визначенню номенклатури показників якості з метою формування

Introduction

The state, at present, are not able to fully fund the needs of road sector budget because traffic usually increases much faster than GDP, and travel agencies are rarely subject to market discipline to improve its efficiency, the investment needs of road sector tend to be faster growth than the ability or willingness of state structures to provide it with tax revenue. As a result of growing list of outstanding work and investment of further investment challenges for traditional methods of procurement and pushing the state to seek alternative sources of funding.

In most countries, the network of roads is one of the greatest public assets and usually belongs to the state. Many road agencies are responsible for the management of assets whose value is compared with the price of the largest private multinational companies [1].

In developing countries, road networks have a proportionally greater impact on the national economy due to the increased share of the private sector. Countries can benefit from the assistance of the private sector in order to respond effectively to the challenges of road transport sector and optimize the contribution of road sector in economic development.

Presenting main material

Under the current system in road construction provided comprehensive control of the quality of public roads. The quality control system works based on scientific principles of standardization, metrology and quality control, ensuring strict compliance with existing regulations, unity and reliability of measurements.

In addition, special attention should be paid to the definition of the range of quality indicators in order to develop

майнової оцінки та складання моделі якісного стану транспортної споруди, автомобільної дороги зокрема.

Достовірність оцінки в значній мірі залежить від об'єктивності базових показників. Тому система оцінки повинна ґрунтуватися на правильному виборі еталонних значень, а при необхідності, на їх оптимальних значеннях.

Важлива роль в оцінці належить диференційованому або комплексному методу, який дозволяє всебічно врахувати різні властивості автомобільної дороги і їх вагомість в узагальнену оцінку [2].

Для перетворення якісних ознак об'єкта застосовуються диференційований або комплексний методи [3]. При диференційованому методі оцінка рівня якісних ознак здійснюється за одиничними показниками

$$K_i = P_i / P_{i6} \text{ або } K_i = P_{i6} / P_i, \quad (1)$$

де P_i - значення i -го показника якісної властивості; P_{i6} - значення i -го базового (еталонного) показника.

Згідно даної формули, збільшення одиничного показника відповідає покращенню загальної якості продукції, тобто K_i , будучи безрозмірною величиною, визначає рівень якісних ознак стану об'єкта оцінки.

Диференційований метод кількісної оцінки дозволяє однозначно оцінити якісні ознаки в двох випадках: 1) рівень якості продукції, що оцінюється вище або дорівнює рівню якості базового зразка, якщо всі показники $P_i \geq 1$; 2) рівень якості продукції, що оцінюється, нижче рівня якості базового зразка, якщо всі показники $P_i < 1$.

Застосування такої відносної кількісної оцінки якісних ознак дає можливість привести до єдиного показника моделі всі властивості, тобто трансформувати всі прості (квазіпрості) властивості за єдиною шкалою.

property evaluation and model the quality of transport facilities, in particular road.

The reliability assessment is largely dependent on the objective baseline. Therefore, the evaluation system should be based on proper choice of reference values and, if necessary, their optimal values.

An important role in the evaluation of complex belongs to a differentiated or method which allows you to fully take into account the different properties of the road and their importance to the generalized assessment [2].

To convert the qualitative features of the object used differential or complex methods [3]. With the differential method of assessment of quality signs carried by single figures

$$K_i = P_i / P_{i6} \text{ or } K_i = P_{i6} / P_i, \quad (1)$$

where P_i - value of i -th indicator of rate quality properties; P_{i6} - Value of i -th base (reference) indicator.

According to this formula, the increase in the unit rate corresponds to improving the overall quality of products, though K_i , being a dimensionless quantity determines the level of quality attributes of the object of evaluation.

Quantify the differential method allow one to assess the qualitative features in the two cases: 1) the level of product quality that is rated above or equal to the level of the base model, if all indicators $P_i \geq 1$; 2) the level of product quality, measured, below the level of the base model, if all indicators $P_i < 1$.

The uses of such relative quantify the qualitative characteristics makes it possible to bring a single indicator models all properties that transform all simple (quasi-simple) properties on a single scale.

Базові показники якісних ознак відіграють важливу роль в кількісній оцінці. Від їх правильного вибору залежить об'єктивність оцінки якості стану споруди. Значення P_{i6} можуть бути: нормативними або еталонними; економічно оптимальні, обґрунтовані відповідними техніко-економічними розрахунками.

На будь-якому рівні кожна властивість оцінюється не тільки диференційованим показником K_i , але й коефіцієнтом вагомості b_i . Останній відображає величину значимості диференційованого показника в комплексному показнику.

Для кожного рівня

$$\sum_{i=1}^n b_i = M = const, \quad (2)$$

де n – кількість властивостей на i -му рівні.

Величина M найчастіше приймається за 1 або 100.

З даного виразу видно, що збільшення значимості одних властивостей продукції може відбутися за рахунок зниження значимості інших. Від достовірності коефіцієнтів значимості залежить кількісна оцінка якості на кожному рівні, а також об'єкта в цілому.

Кількісна оцінка якісних ознак даного рівня або об'єкта в цілому визначається за моделлю

$$K_k = \sum_{i=1}^n b_i P_i / P_{i6} = \sum_{i=1}^n b_i K_i, \quad (3)$$

Згідно умови (2) та виразу (3):

$$b_{ik} = b_n \cdot b_{n-1} \cdot b_{n-2} \dots b_1. \quad (4)$$

На підставі цього виразу можна визначити вплив показника будь-якої простої властивості на значення групового або комплексного показника якісного стану, що має велике практичне значення.

Basic indicators of quality signs play an important role in the quantitative assessment. Their correct choice depends on the objectivity of the quality of state structures. Values P_{i6} can be: middle made in the industry; the highest achieved in the industry; perspective; matching the best foreign models; economically optimal, informed the relevant technical and economic calculations.

At any level, each property is assessed not only measure the differential K_i , but the weight factor b_i . The latter reflects the importance of the value differential indicator in the composite index.

For each level

$$\sum_{i=1}^n b_i = M = const, \quad (2)$$

where n - the number of properties on the i -th level.

The value M is often take for 1 or 100.

From this expression shows that increasing the significance of some product properties can occur by reducing the significance of others. From the reliability coefficients of significance depends quantification of quality at every level, and the facility in general.

Quantifying the qualitative characteristics of the level or for the whole model

$$K_k = \sum_{i=1}^n b_i P_i / P_{i6}, \quad (3)$$

According to (2) condition and term (3):

$$b_{ik} = b_n \cdot b_{n-1} \cdot b_{n-2} \dots b_1. \quad (4)$$

On the basis of this expression can determine the impact of index any simple properties of the value of the group or the quality of the composite indicator, which is of great practical importance

Комплексний показник техніко-функціонального стану дороги оцінюється з урахуванням не менш ніж шести елементів дороги: b_1 – дорожній одяг; b_2 – земляне полотно; b_3 – благоустрій та озеленення; b_4 – штучні споруди; b_5 – облаштування та обстановка; b_6 – будівлі та споруди дорожньої та автодорожньої служб.

Якщо на даній ділянці дороги відсутні елементи (наприклад, будівлі, штучні споруди), то коефіцієнти вагомості наявних на даному кілометрі споруд повинні бути збільшені [4]:

$$b_{in} = b_i + \frac{\sum_{i=1}^q b_i'}{n - q} \quad (5)$$

де b_{in} - нове значення коефіцієнта вагомості; q - число відсутніх на даному кілометрі елементів з коефіцієнтами вагомості b_i' .

Визначення коефіцієнтів вагомості багаторівневої моделі технічного стану автомобільної дороги проводиться на основі вартісного методу з наступним виконанням грошової оцінки об'єкта.

Вартісний метод визначення коефіцієнтів вагомості заснований на припущенні, що техніко-функціональний стан транспортної споруди пропорційний вартості, а вагомість властивості ідентична витратам, тобто між вагомистю b_i і кошторисною вартістю C_i існує функціональний зв'язок

$$b_i = f(C_i), \text{ якщо } C_i > C_{i-1} \text{ та } b_i > b_{i-1}.$$

В такому випадку

$$b_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i, \quad (6)$$

де C_i - кошторисна вартість на влаштування окремих об'єктів основного призначення та облаштування дороги; $\sum_{i=1}^n C_i$ - загальна

кошторисна вартість видів робіт.

В якості прикладу представлена багаторівнева модель технічного стану на етапі здачі в експлуатацію ділянки автомобільної дороги.

A comprehensive index of technical and functional condition of the road is estimated on the basis of at least six elements of the road: b_1 - pavement; b_2 - roadbed ; b_3 - landscaping and gardening; b_4 - artificial structures; b_5 - construction and road conditions; b_6 - buildings and structures of road and road services.

If this part of the road missing elements (such as building artificial structures), the weight ratios available on this kilometer buildings should be increased[4]:

$$b_{in} = b_i + \frac{\sum_{i=1}^q b_i'}{n - q} \quad (5)$$

where b_{in} - the new values of the weight; q - number of missing elements in this kilometer of weight coefficients b_i' .

Determining factors of importance multilevel model of technical condition of road is based on the cost method, followed by implementation of monetary valuation of the object.

Value method is based on the assumption that the technical and functional state transport facilities proportional value b_i and importance properties C_i identical costs, between the weight and the estimated value functional relationship exists

$$b_i = f(C_i), \text{ if } C_i > C_{i-1} \text{ and } b_i > b_{i-1}.$$

thus

$$b_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i, \quad (6)$$

where C_i - estimated cost for placing an individual object and purpose road improvement; $\sum C_i$ - total estimated cost of production.

As an example of multilevel model presented technical condition during commissioning of the road section.

Комплексний показник технічного стану ділянки автомобільної дороги на стадії здачі в експлуатацію можна представити в такому вигляді:

$$K_k = 0,002K_1 + 0,004K_2 + 0,004K_3 + 0,096K_4 + 0,004K_5 + 0,092K_6 + 0,003K_7 + 0,003K_8 + 0,618K_9 + 0,005K_{10} + 0,022K_{11} + 0,021K_{12} + 0,003K_{13} + 0,002K_{14} + 0,094K_{15} + 0,025K_{16} + 0,034K_{17} \quad (7)$$

K_k	0,010	Підготовчі роботи	0,002
		Перевлаштування мереж зв'язку	0,004
		Перевлаштування інженерних мереж	0,004
	Підготовка території будівництва		
		Земляне полотно	0,096
		Штучні споруди	0,004
		Дорожній одяг	0,092
		Будівлі та споруди дорожньої та автодорожньої служб	0,003
	0,790		
	Об'єкти основного призначення	Пересічення та примикання	0,003
		Естакада	0,618
		Пішохідний міст	0,005
	0,047	Облаштування та обстановка дороги	0,022
		Зовнішнє освітлення	0,021
		Влаштування шумозахисних екранів	0,003
	Благоустрій та озеленення	Дорожні знаки. Опори	0,02
	0,094		
	Тимчасові споруди та будівлі. Кошти на інші будівлі та витрати		0,094
	0,025		
	Утримання служби замовника		0,025
	0,034		
	Проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд		0,034

Рисунок 1 – Кваліметрична багаторівнева модель технічного стану на етапі здачі в експлуатацію ділянки автомобільної дороги

Загальна оцінка якості будівельно-монтажних робіт окремої ділянки дороги не може бути вище, ніж оцінка якості найбільш важливих елементів - покриття і земляного полотна. Середня оцінка якості будівельно-монтажних робіт кількох ділянок доріг

Comprehensive technical state of the road section at the stage of commissioning can be represented as follows:

$$K_k = 0,002K_1 + 0,004K_2 + 0,004K_3 + 0,096K_4 + 0,004K_5 + 0,092K_6 + 0,003K_7 + 0,003K_8 + 0,618K_9 + 0,005K_{10} + 0,022K_{11} + 0,021K_{12} + 0,003K_{13} + 0,002K_{14} + 0,094K_{15} + 0,025K_{16} + 0,034K_{17}. \quad (7)$$

K_k	0,010	Preparatory work	0,002
		The rearrangement networks	0,004
		The rearrangement of installations	0,004
	Preparation of construction area		
		Roadbed	0,096
		Artificial structures	0,004
		Pavement	0,092
		Buildings and structures of road and road services	0,003
	0,790		
	Objects of primary purpose	Intersection and adjacency	0,003
		Overpass	0,618
		Footbridge	0,005
	0,047	Construction of roads and conditions	0,022
		Outdoor lighting	0,021
		Arranging noise protection screens	0,003
	Landscaping and gardening	Road Signs. Support	0,002
	0,094		
	Temporary structures and buildings. Funds for the building and other costs		0,094
	0,025		
	Keeping customer service		0,025
	0,034		
	Design and survey work and supervision		0,034

Figure 1 – Kvalimetric multilevel model technical condition during commissioning of the road section

Overall quality of construction works of a single road section can not be higher than the rating as the most important elements - cover and subgrade.

The average assessment of the quality of construction works of several road sections

$$K_{cp} = \frac{K_1 S_1 + K_2 S_2 + \dots + K_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (8)$$

$$K_{cp} = \frac{K_1 S_1 + K_2 S_2 + \dots + K_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} \quad (8)$$

де $K_1 \dots K_n$ - оцінка якості будівельно-монтажних робіт на окремих ділянках дороги; $S_1 \dots S_n$ - кошторисні вартості відповідних ділянок; n - кількість закінчених ділянок доріг.

where $K_1 \dots K_n$ - assessment of the quality of construction works on some sections of the road; $S_1 \dots S_n$ - the estimated value of the relevant areas; n - number of completed road sections.

Висновки

Таким чином, використання диференційованого методу оцінки якісного стану ділянки автомобільної дороги – змістовний та відповідальний етап її кількісної оцінки, який визначається правильністю вибору моделі. Крім того, від цього залежить роль простих і складних властивостей в загальній оцінці і вагомість окремих властивостей та об'єктивність проведення грошової оцінки.

Conclusions

Thus, the using of differential method for assessing the quality of the road section - a meaningful and crucial stage of its quantitative assessment, defined correct model selection. In addition, it affects the role of simple and complex properties in the overall assessment and the importance of individual properties and objective of monetary value.

Література

1. Методика оцінки майна, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 10.12.2003 №1891 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 25.11.2015 №1033).
2. Транспортно-експлуатаційні властивості автомобільних доріг: навчальний посібник / В.Я. Савенко, В.В. Губа. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 229 с.
3. Управление качеством в дорожном строительстве / Сиденко В.М., Рокас С.Ю. – М.: Транспорт. 1981. – 252 с.
4. Стандартизація и контроль качества в дорожном строительстве / В.М.Сиденко. – Киев: Вища школа, 1985. – 256 с.

References

1. Methods of assessment, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 10.12.2003 №1891 (in the wording of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 25.11.2015 №1033).
2. Transportation and operational properties highways: Textbook / V. Savenko VV Lip. - Donetsk: SHEE "National Technical University", 2011. - 229 p.
3. Quality Management in road construction. / VM Sydenko Rokas S. – Moscow: Transport. 1981. – 252 p.
4. Standardization and quality control in road construction / V.M.Sydenko. Kiev: High shkola, 1985. –256 p.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдіпроддор".

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: 20.10.2016 р.

УДК 625.7/.8

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Ренейська С.В., Палешев О.С.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГАРЯЧОГО РЕСАЙКЛІНГУ
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНИХ ТА
АЕРОДРОМНИХ ПОКРИТТІВ**

Анотація. У роботі розглядався метод поліпшення якостей матеріалів, які застосовуються при технології гарячого ресайклінгу способом "на місці", а саме — визначення оптимального вмісту бітуму та спеціальних добавок природного бітуму Selenizza SLN 120 в залежності від зернового складу кам'яного матеріалу.

Об'єкт дослідження – чорний щебінь.

Мета роботи - проведення аналізу ремонту покриття з застосуванням технології гарячого ресайклінгу, та визначення шляху удосконалення технології за рахунок введення в склад суміші добавки природного бітуму Selenizza при приготуванні чорного щебеню як матеріалу для відновлення суміші.

Методи дослідження – експериментальні.

Ключові слова: технологія гарячого ресайклінгу, природний бітум selleniza, бітумоемкість, температура розм'якшення, зчеплення, чорний щебінь, в'язкість.

UDC 625.7/.8

Gameliak I.P. Dr. Tech. Sci., Reneiska S.V., Paleshev O.S.

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF HOT RECYCLING OF
ASPHALT LAYERS IN FLEXIBLE AND AIRFIELD PAVEMENTS**

Abstract. The work was considered a method of improving the quality of the materials used in the technology of hot recycling method "on site" - namely, determination of optimum bitumen content and special additives according to the grain of the stone material.

The object of study – black gravel.

Purpose – the purpose of this study — is the analysis of pavement rehabilitation including application of the hot recycling technology, and identification of a way to improve the technology by introducing a natural bitumen additive Selenizza into the mix, in the course of preparation of black crushed-stone, as a material for rehabilitation of the mix.

Research methods – experimental.

Keywords: hot recycling technology, natural bitumen selleniza, bitumoyemkist, softening temperature, coupling, black gravel, viscosity.

УДК 625.7/.8

Гамеляк И.П., д-р техн. наук, Ренейська С.В., Палешев О.С.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕГО РЕСАЙКЛИНГА
НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНИХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Аннотация. В работе рассматривался метод улучшения качества материалов, применяемых при технологии горячего ресайкллинга способом "на месте", а именно - определение оптимального содержания битума и специальных добавок природного битума Selenizza SLN 120 в зависимости от зернового состава каменного материала.

Объект исследования – чёрный щебень.

Цель работы – проведение анализа ремонта покрытия с применением технологии горячего

ресайклинга, и определение пути усовершенствования технологии за счет введения в состав смеси добавки природного битума Selenizza при приготовлении черного щебня как материала для восстановления смеси.

Методы исследования – экспериментальные.

Ключевые слова: технология горячего ресайклинга, естественный битум selleniza, битумоёмкость, температура размягчения, сцепление, черный щебень, вязкость.

Вступ

Під час реконструкції автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям ефективним способом ремонту є застосування технології горячого ресайклінгу способом "на місці", оскільки ця технологія є найбільш зручною та економічно вигідною і дає нам змогу повністю змінювати склад будь яких компонентів в суміші.

Аналіз технології

В Україні на даний час більше 90% доріг побудовані з асфальтобетонним покриттям які піддаються значним навантаженням що постійно зростає. Кошти на капітальний ремонт та реконструкцію практично не виділяються, тому більша частина мережі автомобільних доріг потребує ремонту або перебудови.

Пористі і деформовані шари поверхні можуть бути відновлені за допомогою горячого ресайклінгу - процесу, який використовується виключно в формі мобільного будівельного майданчика. Тут вкрай важливе значення має неушкоджена шарувата структура. Гарячий ресайклінг покращує всі важливі властивості поверхні і профілю дороги, а також склад фракцій в поверхневому шарі.

Поверхневий шар нагрівається до температури 150°C розігрівачем з інфрачервоними газовими нагрівальними панелями, після чого реміксер розпушує, видаляє і знову укладає розм'якшений асфальтобетон. Цей метод дозволяє відновити властивості дороги і стік води, а також усунути вибоїни. Потенційна економія коштів достатньо значна.

Плюсом цієї технології є простота у визначенні формули нової суміші. Єдине що потрібно зробити, це взяти кілька кернів для визначення кількості добавки.

Introduction

The hot recycling technology "in situ" is considered to be an efficient method of rehabilitation, applied in the course of reconstruction of asphalt-concrete pavement highways; since this technology is the most convenient and cost-effective, and it enables us to completely change composition of any mix component.

Analysis of the technology

At present more than 90% of Ukrainian roads are asphalt-concrete pavement type roads, which are subject to significant loads, which constantly increase. There are hardly any funds allocated for rehabilitation and reconstruction of these roads, therefore a major part of the highway system requires repair or reconstruction.

Porous and deformed surface layer can be rehabilitated by means of hot recycling – a process which is applied exceptionally in a form of a portable construction site. In this case an undamaged layer structure is of a great importance. The hot recycling improves all the essential properties of road surface and cross-section, as well as fraction composition in the wearing course.

The wearing course is heated to 150 ° C by a heater with infrared gas heating panels, after which a remixer loosens, removes and repaves the loosened asphalt-concrete. This method enables to reinstate the road properties and drainage, and rectify potholes. A potential saving is quite essential.

The advantage of this technology is the simplicity of a new mix formula determination. The only thing that has to be done in this case is collection of several cores for evaluation of an additive quantity.

Мінуси ж у тому, що ця технологія дуже енергоємна, що негативно позначається на собівартості робіт, і через нагрівання бітум ще більше старіє і втрачає свої корисні властивості, але цього можна частково уникнути підібравши правильний склад суміші сучасних матеріалів які запобігають старінню покриття.

Мета роботи

Проведення аналізу ремонту покриття з застосуванням технології гарячого ресайклінгу, та визначення шляху удосконалення технології за рахунок введення в склад суміші добавки природного бітуму Selenizza при приготуванні чорного щебеню як матеріалу для відновлення суміші.

Завдання

- проведення експериментальних досліджень приготування чорного щебеню з додаванням в склад суміші природного бітуму;
- визначення бітумоемкості та зчеплення бітуму з мінеральним матеріалом, визначення температури розм'якшення та в'язкості в'язучого
- виконати підбір складу регенованого асфальтобетону модифікованого природнім бітумом Selenizza;
- виконати тепловізійне обстеження приготування та ремонту покриття.

Опис методики випробування

У роботі розглянуто метод гарячої регенерації дорожнього покриття способом на місці основними перевагами якого є повне використання матеріалів старого покриття, короткий термін виконання робіт, заміна складу будь-яких компонентів у складі суміші матеріалу та повне відновлення, по якості, властивостей дороги. Схема робіт цієї технології дуже проста і виконується за три етапи: I етап - виготовляється суміш на асфальтобетонному завод, яка; II етап – суміш транспортується на місце укладання автосамоскидом,; III етап – подача суміші в реміксер який змішує, нагріває, вирівнює та укладає потрібну суміш.

Саме на другому етапі і відбувається найбільша кількість проблем, оскільки при перевезенні матеріал втрачає свої якості за

Its weakness is attributed to the fact that this technology is power-consuming, which affects the prime cost, and due to heating the bitumen deteriorates even more and loses its useful properties, however this can be partially avoided by designing of a correct mix design with modern materials preventing pavement deterioration.

Purpose of the study

The purpose of this study — is the analysis of pavement rehabilitation including application of the hot recycling technology, and identification of a way to improve the technology by introducing a natural bitumen additive Selenizza into the mix, in the course of preparation of black crushed-stone, as a material for rehabilitation of the mix.

Objectives

- undertake experimental studies in terms of preparation of black crushed-stone, with addition of natural bitumen into the mix;
- identify bitumen content and bitumen adhesion to a mineral material, identify a softening point and a binding agent viscosity;
- produce a mix design for regenerated asphalt-concrete modified by the natural bitumen Selenizza;
- undertake a thermovision inspection of pavement preparation and repair process.

Description of the testing methodology

This study presents a method of hot regeneration of road pavement “in situ”, the main advantages of which are whole utilization of the old pavement materials, short period of works execution, revision of composition of any components in the mix and a complete reinstatement of road properties, in terms of quality. The workflow under this technology is very simple and it is implemented in three stages: stage I – production of a mix on an asphalt plant; stage II – transportation of the mix to the paving area by a tipper truck; stage III – feeding of the mix into a remixer, which mixes, heats, regulates and paves the required mix.

Particularly at the second stage occur most of the problems, since in the course of transportation the material loses its properties,

рахунок прилипання до стінок кузова автосамоскиду та сповзання в'язучого з кам'яного матеріалу. Цих проблем можна уникнути визначивши оптимальне відношення компонентів шляхом приготуванні чорного щебню. Обробка щебню органічним в'язучим по гарячій технології включає сушку і нагрівання самого щебню і в'язучого, їх дозування і перемішування в змішувачах.

Для досягнення цілей удосконалення складу матеріалу в лабораторних дослідженнях було виконано компаундування бітуму БНД 90/130 з природнім бітумом Selenica SLN 120. Даний дослід починався з підбору природнього кам'яного матеріалу (щебню) фракціями 5-10, 10-20 та 20-40, так щоб всі частки були приблизно кубічної форми для максимальної упаковки зерен. Матеріал попередньо очищався та висушувався до постійної маси в сушильній шафі. Для цього щебінь був зважений двома способами та у двох станах. Спочатку зважувався у такому стані яким він був взятий "з складу", зважування проходило на повітрі та гідравлічним способом, що дозволяє підвищити точність розрахунку. Потім аналогічно щебінь зважувався у висушеному до постійної маси стані. Для точності розрахунків кожне зерно матеріалу зважували окремо, а потім сумарно по кожній фракції. В подальшому було проведено визначення середнього значення діаметру часток щебню по заданому зерновому складу, ці величини використовувались при обчисленні товщини плівки в'язучого матеріалу.

Далі виконувалось змішування бітуму БНД 90/130 з природнім бітумом у пропорціях додавання природнього бітуму спочатку 10% потім 20, 30, 40 і 50 % зверх маси вихідного бітуму, для визначання оптимального вмісту добавки. Компаундування виконувалось шляхом розплавлення бітуму БНД 90/130 до однорідної маси з додаванням бітуму Selenica SLN 120, у вигляді порошку фр. – 4 мм, до їхнього повного розтавання при періодичному перемішуванні. Після чого суміш бітумів заливалась у ємкість та витримувалась у сушильній шафі при

for it sticks to the tipper truck body, and the binding agent runs off the stone material. These problems can be avoided by means of identification of an optimal proportion of the components by preparation of black crushed-stone. Treatment of aggregate with an organic binding agent, as part of the hot technology, includes drying and heating of the aggregate itself and the binding agent, batching and mixing.

For achieving the goals of improvement of the material composition, compounding of bitumen BND 90/130 with the natural bitumen Selenica SLN 120 was undertaken in the course of laboratory trials. This trial started with selection of natural stone material (crushed-stone) of fractions 5-10, 10-20 and 20-40, ensuring approximate cubic shape of all the particles, for the purpose of maximal compaction of grains. The material was cleaned and dried to a stationary mass in a drying box. For this purpose the aggregate was weighed in two ways and in two conditions. First it was weighed in a condition as taken from the "stock pile", weighing was undertaken in the open air and by a hydraulic method, which enables to enhance accuracy of calculations. After that the aggregate was weighed in a dried to the stationary mass condition. For the purpose of accuracy of calculations every grain was weighed separately, and after that it was weighed by fractions. Later on an average diameter of crushed stone particles was identified on the established granulometric composition; these figures were used while calculating the binding agent film thickness.

Upon that we undertook mixing of the bitumen BND 90/130 and the natural bitumen, at first proportioning the natural bitumen at 10%, and after that at 20, 30, 40 and 50 % over the mass of the original bitumen, for the purpose of identification of an optimal additive content. The compounding was undertaken by means of melting the bitumen BND 90/130 to a homogeneous mass, with addition of the bitumen Selenica SLN 120, in a form of powder fr. – 4 mm, to their complete fusion, with periodic stirring. After this the bituminous mix was poured into a container and kept in a

температурі 120 °С до тих пір поки вона не стала повністю однорідною, коли не видно крупинок природнього бітуму. У залежності від кількості добавки час який потрібний на повне розставання бітуму був різним, тоді коли при вмісті 10% добавки суміш ставала однорідною за 30-40 хв., то при вмісті 50% на це було потрібно 4 год.

Отримавши однорідні маси уже модифікованого бітуму визначали його вязкість та температуру розм'якшення. Умовна в'язкість бітуму визначалась на пенетрометрі при температурі 25 °С, а температура розм'якшення за методом кільце і куля згідно ДСТУ Б В.2.7-81-98. Результати випробування наведені в табл. 1, залежність проникнення голки пенетрометра та температури розм'якшення в залежності від вмісту добавки на рис.1 - 2.

Далі визначення бітумоемкості різних фракцій щебеню, виконали нумерування всіх зразків щебінок, попередньо підвішених на мідні дротики (однакової довжини і маси), для зручності занурювання їх в бітум до повного обволікання. Потім уже всі готові зразки занурювались в бітум, по 10 зразків кожної фракції щебінок в розплавлений модифікований бітум відповідно з різним відсотком добавки. Після занурення всіх зразків вони підвішувались до повного стікання надлишку бітуму та повного висихання. Після чого проводилось зважування зразків з бітумом, тим самим методом у воді та звичайним зважуванням, та розрахунковим методом встановлено яка кількість бітуму в залежності від фракцій щебінок і вмісту добавки залишається на зразку. Кінцевим випробуванням було визначення зчеплення в'язучого з мінеральною частиною чорного щебеню. Для цього кожне зерно опускається в хімічний стакан, який наповнений дистильованою водою і встановлений на електроплиту, доводячи воду до кипіння (але не до бурного), так щоб зразки не торкнулись ні дна ні стінок стакана і витримуємо в стадії кипіння 5 хв. Після цього дістаємо зразок та занурюємо у холодну воду 1 - 2 хв. для того, щоб закріпилась плівка бітуму і проводимо візуальну оцінку.

drying box at the temperature 120 °С, until it became completely homogeneous, and no crumbs of the natural bitumen could be observed. Depending on the quantity of the additive the time required for complete fusion of the bitumen varied, in the case of 10% additive content the mix became homogeneous in 30-40 minutes, and in the case of 50% additive content, it took 4 hours.

Having received homogeneous mass of modified bitumen, we identified its viscosity and softening point. The funnel viscosity of the bitumen was identified by means of a consistency gauge at the temperature 25 °С, and the softening point was identified by means of a ring-and-ball method in accordance with DSTU B V.2.7-81-98. The results of the trial are shown in table 1, the correlation between the consistency gauge penetration and the softening point, depending on the additive content, is shown on pictures 1 - 2.

Upon that was identified bitumen content for various fractions of aggregate, we numbered all the samples of aggregate, pre-hanged them on copper wires (of similar length and weight), for the purpose of convenient dipping into the bitumen until complete coating. After that all the prepared samples were dipped into the bitumen, 10 samples of each fraction were dipped into the melted modified bitumen, with various proportions of the additive. After dipping all the samples were hanged until all the excessive bitumen ran off and the samples dried up. Upon that the samples with bitumen were weighed, by means of the same method in water and ordinary weighing, and by means of a computational method we identified the quantity of bitumen remaining on each sample, depending on a fraction of the aggregate and on the content of the additive. The final testing was identification of the binding agent adhesion to the mineral part of the black crushed-stone. For this purpose every grain was dipped into a cylindrical vessel, which was filled up with distilled water and put on an electric hot plate, the water was brought to the boil (however not vigorous boil), so that the samples did not touch the bottom or the sides of the vessel, and was kept boiling for 5 minutes. Upon that the samples were taken out

У процесі приготування асфальтобетонної суміші чи чорного щебеню кожне мінеральне зерно щебеню, піску, мінерального порошку повинно бути покрито бітумною плівкою. При неповному покритті частинок бітумною плівкою асфальтобетон чи чорний щебень руйнується при роботі у вологому середовищі, в результаті проникнення води через відкриті місця на зернах під бітумну плівку і витіснення її з поверхні. У ході дослідів було виявлено що щебінь менших фракцій покриваються бітумною плівкою швидше ніж великі, але товщина плівки менша.

Підбір складу чорного щебеню

В'язучим матеріалом в складі суміші був прийнятий бітум БНД 90/130 модифікований природною добавкою Selenizza SLN-120. Вміст добавки на 100% бітуму був прийнятий таким чином: перший зразок без добавки; другий зразок - 10% вмісту добавки; третій зразок - 20%; четвертий зразок - 30%; п'ятий зразок - 40%; шостий зразок - 50% вмісту добавки. В якості заповнювача був підібраний щебінь фракціями: 5-10; 10-20; 20-40 мм у співвідношенні для отримання суміші максимальної щільності.

Результати випробувань та їх аналіз

Результати випробувань по визначенню температури розм'якшення та умовної в'язкості бітуму наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань в'язкості та температури розм'якшення

Вміст добавки SLN-120, зверх 100% бітуму	1-й укол	2-й укол	3-й укол	Середнє значення		Темпера тури розм'як- шення
				100 %	>100 %	
%	дмм			дмм	дмм	°C
0	106	92	91	96,3	96,3	49,5
10	76	59	60	65,0	65	54,25
20	53	52	49	51,3	51,3	57,75
30	38	43	42	41,0	41	60,5
40	32	31	34	32,3	32	63
50	33	30	33	32,0	32	65,5

На рисунку 1 та рисунку 2 графічно показано як змінюється в'язкість та температура розм'якшення бітуму в залежності від відсотка вмісту добавки.

and dipped into cold water for 1 - 2 minutes to ensure curing of the bituminous film and carry out a visual assessment.

In the process of preparation of an asphalt-concrete mix or black crushed-stone every mineral grain of crushed stone, sand, mineral filler should be coated with bituminous film. In case the particles are not entirely covered with bituminous film, the asphalt-concrete or the black crushed-stone will deteriorate while performing in humid environment, as the result of penetration of water under the bituminous film through the gaps on the grains, and its displacement from the surface. In the course of the trial it was discovered that smaller fractions of crushed stone get coated with the bituminous film faster than bigger fractions, however the film is not as thick.

Black crushed-stone mix design

The binding agent in the mix was represented by bitumen BND 90/130 modified by the natural additive Selenizza SLN-120. Content of the additive for 100% of bitumen was established as follows: the first sample – no additive; the second sample - 10% additive content; the third sample - 20%; the fourth sample - 30%; the fifth sample - 40%; the sixth sample - 50% additive content. The aggregate was represented by crushed stone of the following fractions: 5-10; 10-20; 20-40 mm in the ratio appropriate for receiving a maximum density mix.

Test results and their analysis

The results of the testing for identification of softening point and funnel viscosity of bitumen are shown in table 1.

Table 1 - Results of viscosity and softening point testing

Content of additive SLN-120, over 100% of bitumen	1 st injec tion	2 nd injec tion	3 rd injec tion	Average		Softeni ng point, RAB
				100 %	>100 %	
%	dmm			dmm	dmm	°C
0	106	92	91	96,3	96,3	49,5
10	76	59	60	65,0	65	54,25
20	53	52	49	51,3	51,3	57,75
30	38	43	42	41,0	41	60,5
40	32	31	34	32,3	32	63
50	33	30	33	32,	32	65,5

Figure 1 and 2 show the change of bitumen viscosity and softening point depending on the

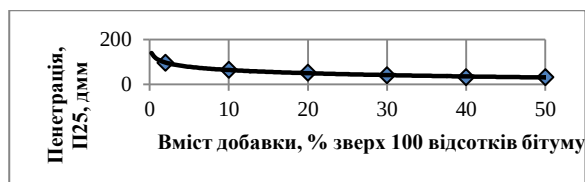


Рисунок 1 – Графік залежності глибини проникнення голки від відсотку вмісту добавки Selenizza-SLN 120 зверх 100% бітуму

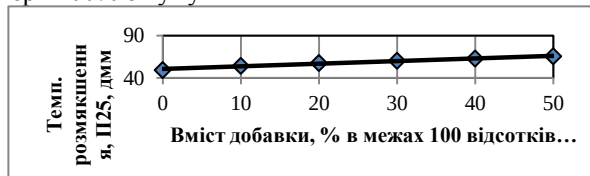


Рисунок 2 – Графік залежності температури розм'якшення від відсотку вмісту добавки Selenizza-SLN 120 зверх 100% бітуму

На основі отриманих експериментальних даних (рис. 3 – 4) встановлена математична модель залежності бітумоємкості різних фракцій щебеню від вмісту добавки природного бітуму Selenizza SLN-120 (в долях одиниці) та площі поверхні часток для вологого кам'яного матеріалу.

Математична модель залежності бітумоємкості різних фракцій щебеню від вмісту добавки природного бітуму Selenizza SLN-120 (в долях одиниці) та площі поверхні часток для промитого кам'яного матеріалу має вигляд:

$$m_b = A_a(S_d) + B_b(S_d) \cdot F_{ch}, \quad (1)$$

$$A_k(S_d) = -0,303617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2,$$

$$R^2 = 0,9957, \quad (2)$$

$$B_b(S_d) = 0,004179 + 0,002562 \cdot S_d,$$

$$R^2 = 0,7578, \quad (3)$$

де D – діаметр часток, мм;

$$F_{ch} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ – площа поверхні часток, мм}^2; S_d$$

– вміст добавки

Selenizza SLN-120, % зверх 100% бітуму за

$$\text{масою; } S_d = \frac{S_d \cdot 0,01}{1 + \frac{S_d}{100}}$$

SLN-120, в межах одиниці, в долях.

percentage of the additive content.

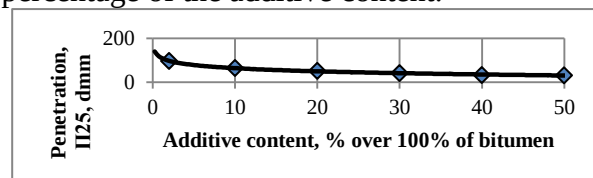


Figure 1 – Dependence Diagram showing correlation between needle penetration depth and Selenizza-SLN 120 additive content percentage over 100% of bitumen

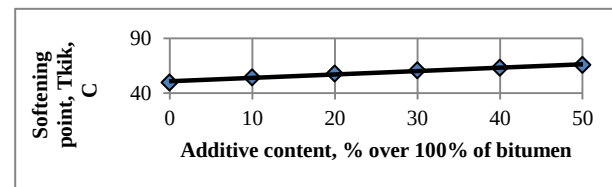


Figure 2 – Dependence Diagram showing correlation between softening point and Selenizza-SLN 120 additive content percentage over 100% of bitumen

Based on the received experimental data (Fig. 3 – 4) we established a mathematical model representing correlation between bitumen content in various fractions of aggregate and content of the natural bitumen Selenizza SLN-120 additive (as a decimal fraction), and the area of particle surface for wet aggregate.

The mathematical model representing correlation between bitumen content in various fractions of aggregate and content of the natural bitumen Selenizza SLN-120 additive (as a decimal fraction), and the area of particle surface for washed aggregate, is as follows:

$$m_b = A_a(S_d) + B_b(S_d) \cdot F_{ch}, \quad (1)$$

$$A_k(S_d) = -0,303617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2$$

$$R^2 = 0,9957, \quad (2)$$

$$B_b(S_d) = 0,004179 + 0,002562 \cdot S_d,$$

$$R^2 = 0,7578 \quad (3)$$

here D – particle diameter, mm

$$F_{ch} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ – particle surface area, mm}^2;$$

S_d – content of the additive Selenizza SLN-120, % over 100% of bitumen by weight;

$$S_d = \frac{S_d \cdot 0,01}{1 + \frac{S_d}{100}} \text{ – recalculation of content of Selenizza SLN-120, as a decimal fraction.}$$

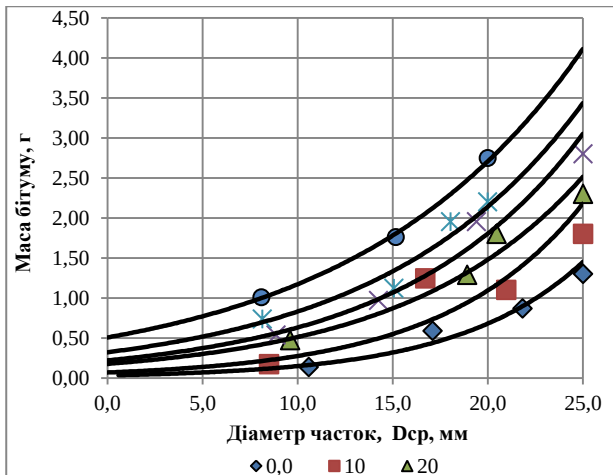


Рисунок 3 – Результати встановлення залежності вмісту бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та середнього діаметру поверхні часток для сухого кам'яного матеріалу

Після підстановки та спрощення отримується залежність для розрахунку додатково утриманої маси бітуму

$$m_b = 0,225 + (-0,303617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2) + (0,004179 + 0,002562 \cdot S_d) \cdot F_{ch}$$

або у вузьких межах зміни вмісту добавки (від 5 до 20%) модель можна спростити

$$m_b = 0,004179 \cdot F_{ch} + 4,61658 \cdot S_d + 0,002562 \cdot F_{ch} \cdot S_d - 0,92765 \quad (5)$$

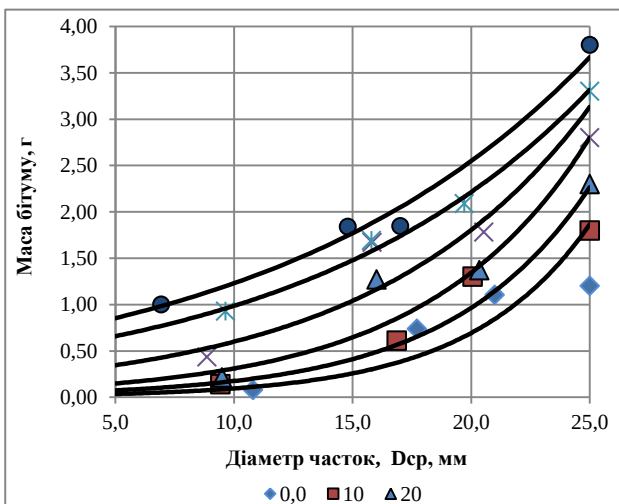


Рисунок 4 – Результати встановлення залежності вмісту бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та середнього діаметру поверхні часток для кам'яного матеріалу після його промивання та висушування
Математична модель залежності вмісту додаткового бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та площі поверхні часток для

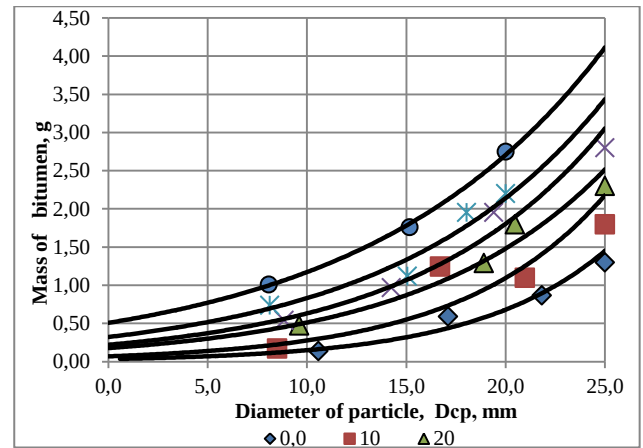


Figure 3 – Results of establishment of correlation between bitumen content and the additive content (as a decimal fraction) and an average diameter of particle surface for dry aggregate

After plugging in and simplification we receive a correlation for calculation of additionally retained mass of bitumen

$$m_b = 0,225 + (-0,303617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2) + (0,004179 + 0,002562 \cdot S_d) \cdot F_{ch}$$

or, within narrow limits of the additive content variation (from 5 to 20%), the model can be simplified

$$m_b = 0,004179 \cdot F_{ch} + 4,61658 \cdot S_d + 0,002562 \cdot F_{ch} \cdot S_d - 0,92765 \quad (5)$$

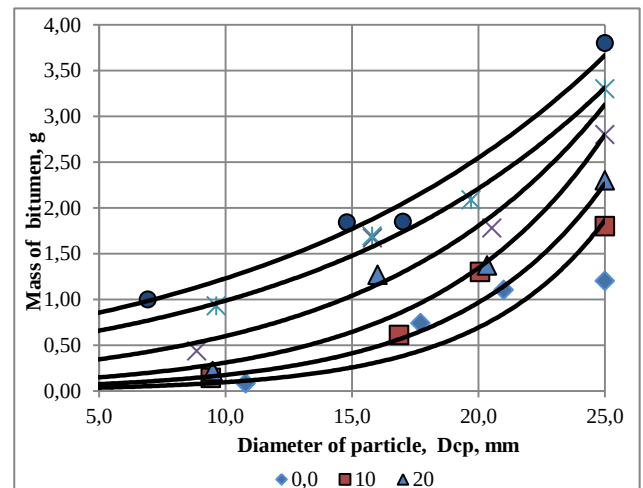


Figure 4 – Results of establishment of correlation between bitumen content and the additive content (as a decimal fraction) and an average diameter of particle surface for washed and dried aggregate
The mathematical model representing correlation between additional bitumen and the additive content (as a decimal fraction), and the

сухого кам'яного матеріалу має вигляд:

$$m_b = (0,001866 \cdot e^{17,984091 \cdot S_d}) + (0,002185 + 0,016899 \cdot S_d) \cdot F_{ch}$$

$$R^2 = 0,933, \quad (6)$$

Результати розрахунків за математичною моделлю залежності вмісту бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та площі поверхні часток наведені на рис. 5. для а) сухого та б) промитого кам'яного матеріалу (в діапазоні від 7 до 50% добавки).

Перевішивши площу в діаметр отримуються математичні моделі залежності маси бітуму від діаметру часток.

- для сухого кам'яного матеріалу

$$m_d = 0,225 + (-0,03617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2) + (0,004179 + 0,002562 \cdot S_d) \times \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

$$(7)$$

для промитого кам'яного матеріалу:

$$m_d = 0,38985 \cdot S_d + 0,003282 \cdot D^2 + 9,5565 \cdot S_d^2 + 0,002012 \cdot D^2 \cdot S_d - 0,07862$$

Порівняння з експериментальними даними вказує на хорошу відповідність озрахункових і фактичних значень вмісту бітуму на поверхні кам'яного матеріалу.

Математична модель розрахункової товщини плівки модифікованого бітуму отримується у вигляді

$$h_b = \frac{m_b}{\rho_s \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}, \quad (8)$$

де залежність щільності модифікованого бітуму від вмісту добавки Selenizza SLN-120 визначається за правилом сумішей

$$\rho_s = \rho_b \cdot (-V_d) + \rho_d \cdot V_d, \quad (9)$$

де $\rho_b = 1,03$ – щільність вихідного бітуму, г/м³;

$\rho_d = 1,16$ – щільність природного бітуму, г/м³.

area of particle surface for dry aggregate is as follows:

$$m_b = (0,001866 \cdot e^{17,984091 \cdot S_d}) + (0,002185 + 0,016899 \cdot S_d) \cdot F_{ch}$$

$$R^2 = 0,933, \quad (6)$$

The results of calculations conducted under the mathematical model representing correlation between bitumen content and the additive content (as a decimal fraction), and the area of particle surface, are shown on Fig. 5. for a) washed and dry b) aggregate (within the range of 7 - 50% of the additive).

Having converted area into diameter we deduced mathematical models representing correlation between bitumen mass and particles' diameter

$$m_d = 0,225 + (-0,03617 + 0,389854 \cdot S_d + 9,556462 \cdot S_d^2) + (0,004179 + 0,002562 \cdot S_d) \times \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

$$(7)$$

For washed aggregate

$$m_d = 0,38985 \cdot S_d + 0,003282 \cdot D^2 + 9,5565 \cdot S_d^2 + 0,002012 \cdot D^2 \cdot S_d - 0,07862$$

Comparison with the experimental data indicates a close agreement of estimated and actual figures representing bitumen content on aggregate surface.

The mathematical model of the estimated modified bitumen film thickness is deduced as follows

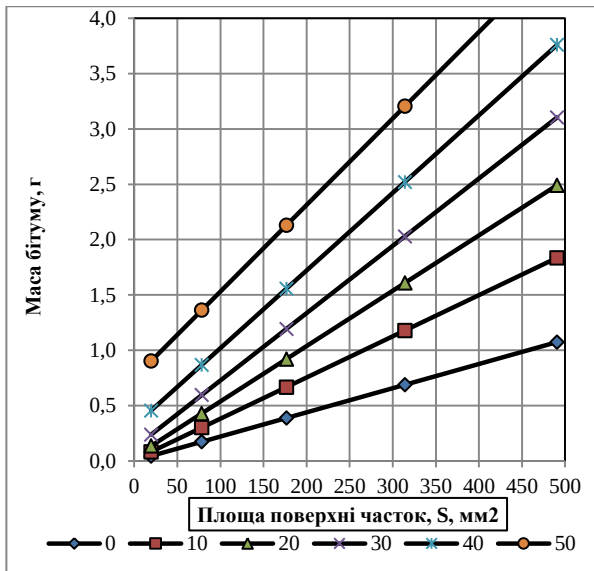
$$h_b = \frac{m_b}{\rho_s \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}, \quad (8)$$

where correlation between density of modified bitumen and content of Selenizza SLN-120 additive is identified by means of the mixture rule

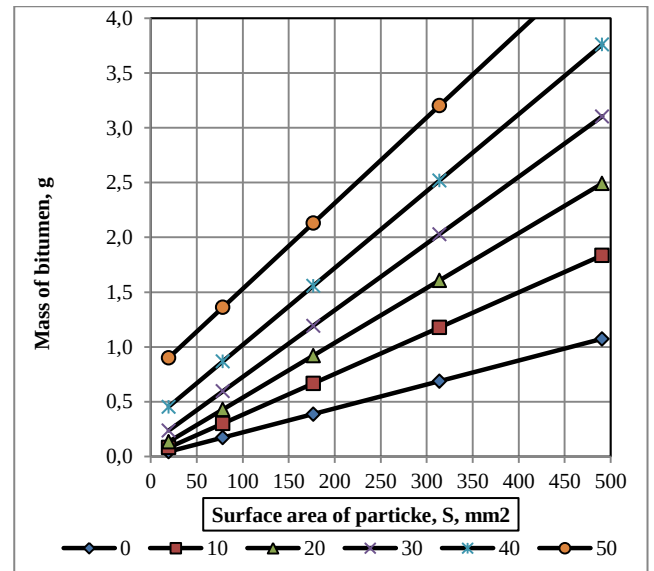
$$\rho_s = \rho_b \cdot (-V_d) + \rho_d \cdot V_d, \quad (9)$$

where $\rho_b = 1,03$ – density of the original bitumen, g/m³;

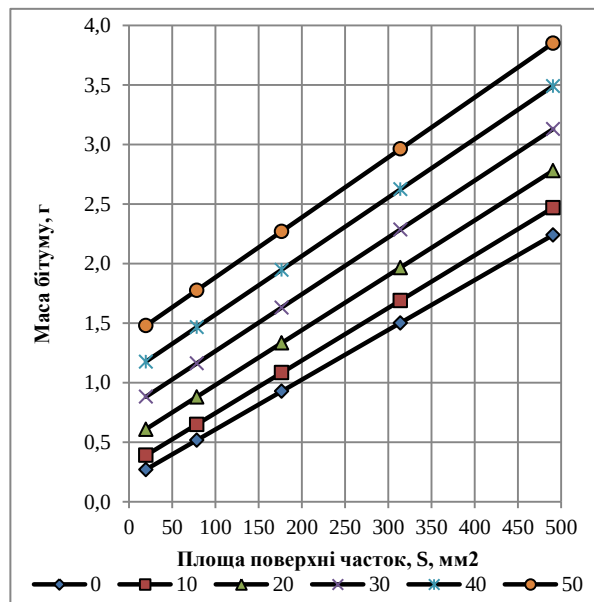
$\rho_d = 1,16$ – density of the natural bitumen, g/m³.



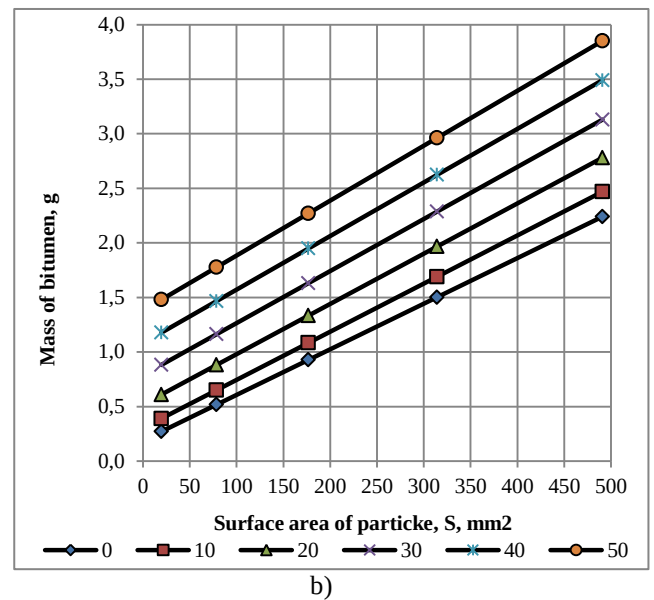
а)



а)



б)



б)

Рисунок 5 – Модель залежності вмісту бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та площі поверхні часток для а) сухого; та б) промитого та кам'яного матеріалу (в діапазоні від 7 до 50% добавки)

Figure 5 – The model representing correlation between bitumen content and the additive content (as a decimal fraction), and the area of particle surface for a) washed and dry b) aggregate (within the range of 7 - 50% of the additive)

Результати визначення зчеплення в'язучого з мінеральною часткою оцінюються візуально. В ході експерименту було встановлено, що плівка практично на 95 % зберігається, а лише незначно відділилась на гострих кутах зразка який був занурений в бітум модифікований природною добавкою на 30% та фракцією 10-20. Найменше збереглась плівка при модифікації до 10% добавки в усіх зразках.

The results of identification of adhesion between the binding agent and the mineral part are assessed visually. In the course of the experiment it was discovered that the film was virtually 95 % preserved, and only insignificantly came off on sharp points of a sample which was dipped into the bitumen modified by the natural additive at 30%, fraction 10-20. The worst preservation of the film occurred in the case of modification at 10% additive proportion, for all the samples.

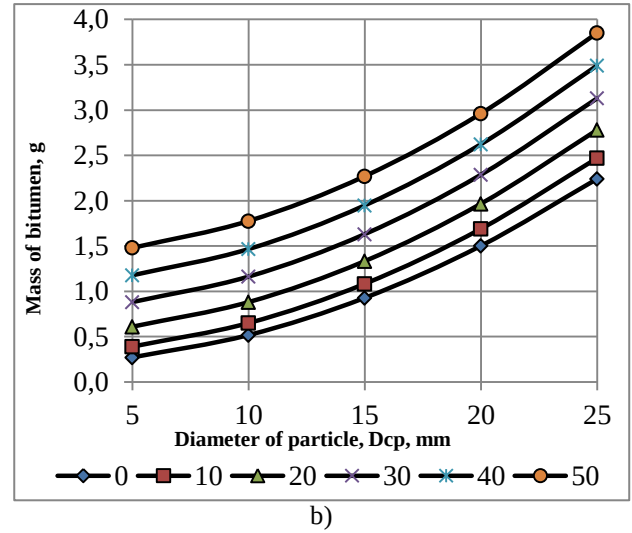
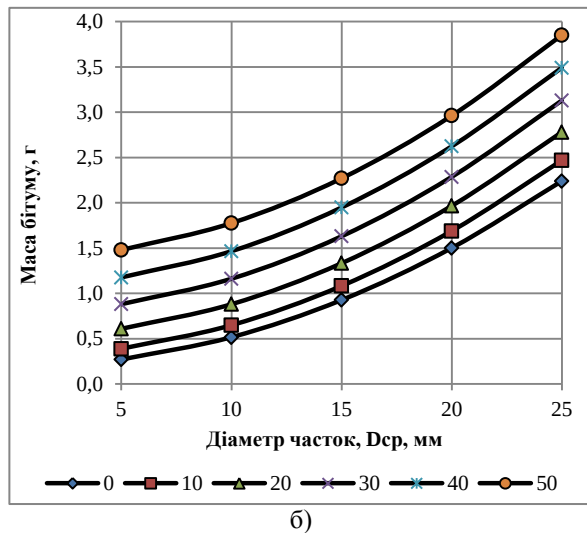
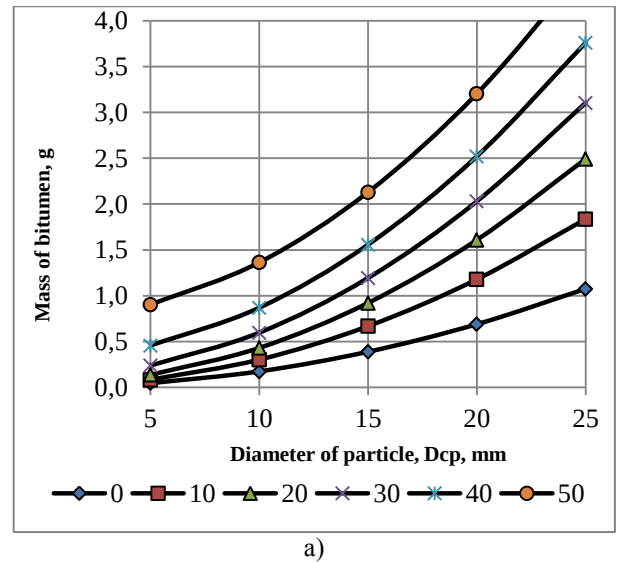
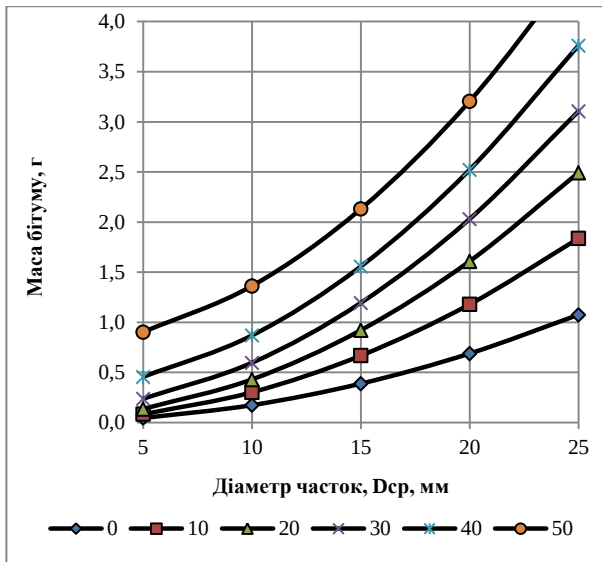


Рисунок 6 – Квадратична модель залежності маси утриманого бітуму від вмісту добавки (в долях одиниці) та діаметру часток для а) сухого кам'яного матеріалу; б) промитого (в діапазоні 0, 10, 20, 30, 40 та 50% добавки на графіках знизу – до верху)

Figure 6 – The quadratic model representing correlation between mass of the retained bitumen and the additive content (as a decimal fraction), and particles' diameter for a) washed and b) dry aggregate (within the range of 0, 10, 20, 30, 40 and 50% of the additive, on the graph from the bottom upwards)

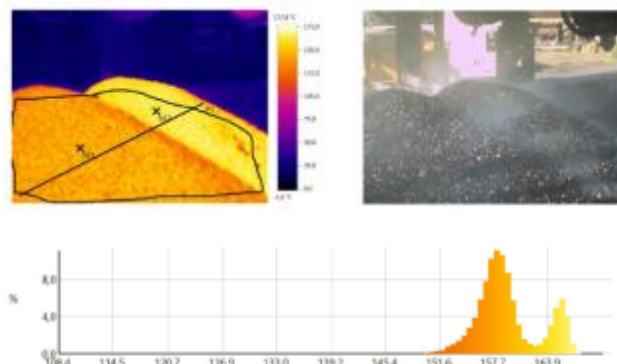
Впровадження

Результати досліджень були впровадженні при приготуванні асфальтобетонних сумішей на основі чорного щебню для будівництва та при ремонті нежорстких покриттів з використанням методу ресайклінгу. В процесі виконання робіт виконано тепловізійний контроль температурних режимів приготування асфальтобетонних сумішей та влаштування асфальтобетонного покриття. Результати контролю на АБЗ, при транспортуванні суміші та в процесі виконання робіт наведено нижче на рис. 7 - 10.

Implementation

The results of the studies were introduced in the course of preparation of asphalt-concrete mixes, based on black crushed-stone, for construction purposes and for repair of flexible pavements, using recycling method. In the process of the works we undertook a thermovision control of temperature range of asphalt-concrete mixes preparation and construction of asphalt-concrete pavement. The results of the control on asphalt plant, during transportation of the mix and in the process of the works are shown on Fig. 7 – 10 below.

1. Асфальтобетонний завод

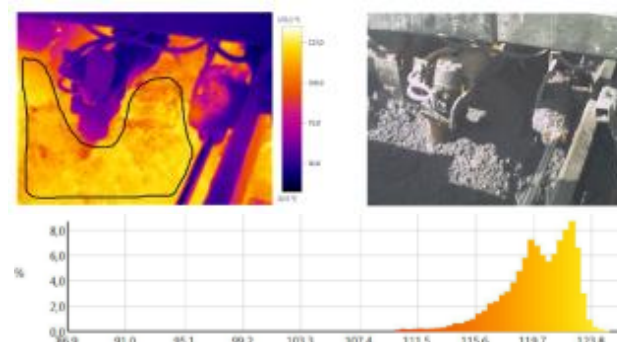


Пряма Р1 - температурний профіль остигання суміші в процесі завантаження суміші в кузов автосамоскида в декілька прийомів. Мінімум: 108,4 °С; Максимум: 170,1 °С; Середнє значення 146,5 °С

Рисунок 7 – Зміна температури асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида на асфальтобетонному заводі

В умовах виробництва асфальтобетонної суміші та влаштування асфальтобетонного покриття для досягнення якості покриття важливо витримувати регламентовані температурні режими а саме 170 ± 5 °С.

2. Температура суміші в ресайклері після її транспортування до місця будівництва та введення чорного щебеню

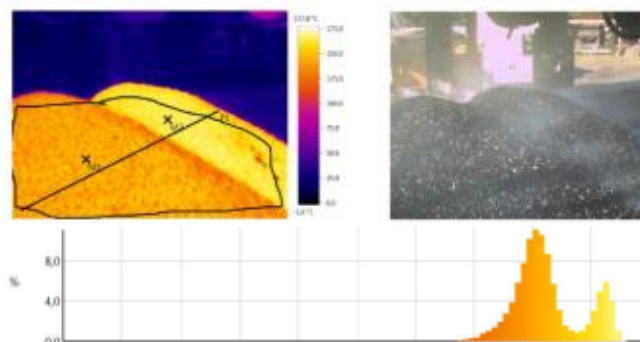


Мінімум: 86,9 °С; Максимум: 127,9 °С; Середнє значення 115,3 °С.

Рисунок 8 – Температура суміші в змішувачі ресайклера введення чорного щебеню.

3. Температура суміші на виході з ресайклера

1. Asphalt plant

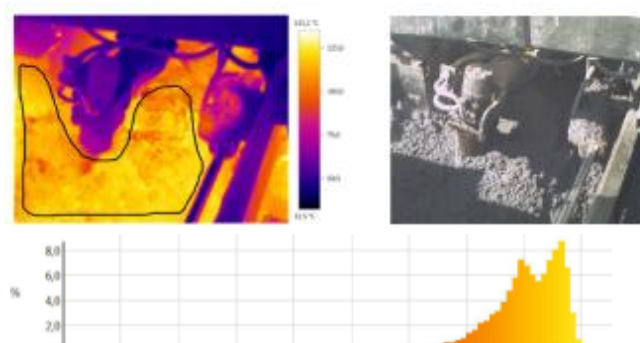


Right line P1 – temperature profile of the mix cooling down in the process of its loading into a tipper truck body in stages. Minimum: 108,4 °С; Maximum: 170,1 °С; Average value 146,5 °С

Figure 7 – Variation of the asphalt-concrete mix temperature in the tipper truck's body on the territory of the asphalt plant

In the conditions of production of asphalt-concrete mix and construction of asphalt-concrete pavement, for the sake of pavement quality, it is critical to keep to the regulatory temperature range, namely 170 ± 5 °С.

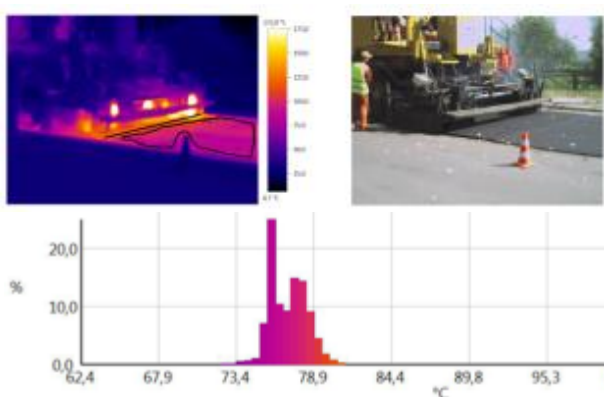
2. Temperature of the mix in the recycler, after its transportation to the construction area and introduction of black crushed-stone



Minimum: 86,9 °С; Maximum: 127,9 °С; Average value 115,3 °С.

Figure 8 – Temperature of the mix in the recycler's mixer, introduction of black crushed-stone.

3. Temperature of the mix as it leaves the recycler

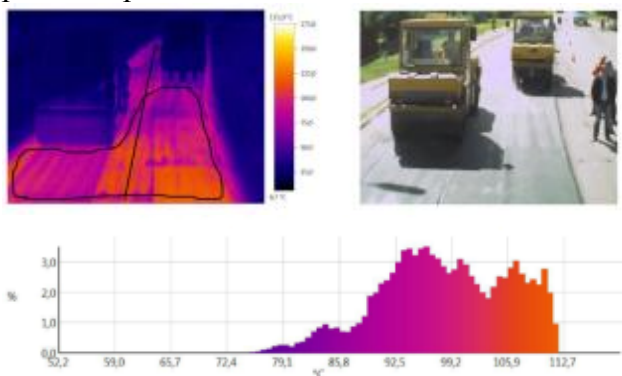


Мінімум: 62,4 °C; Максимум: 117,3 °C; Середнє значення 92,5 °C.

Пряма P1 – розподіл температури на виході з ресайклера.

Рисунок 9 – Температура відновленого покриття після ресайклера

4. Температура відновленого покриття після ресайклера



Мінімум: 52,2 °C; Максимум: 119,4 °C; Середнє значення 94,8 °C.

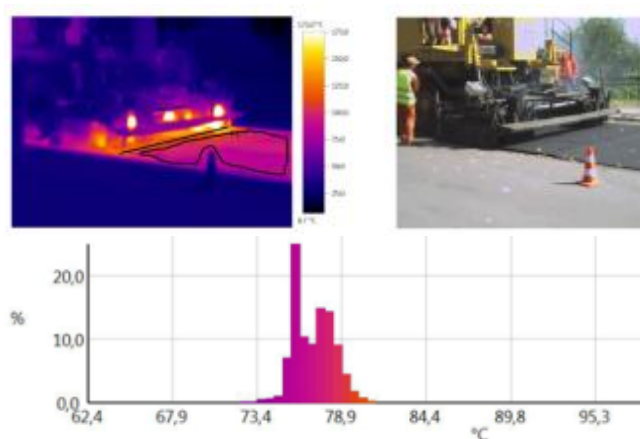
Лінія P1 - температурний профіль остигання суміші в процесі укочування.

Рисунок 10 – Укочування відновленої суміші ланкою котків

Загальні висновки

Оскільки майже всі дороги України побудовані з асфальтобетонним покриттям, то технологія гарячого ресайклінгу, має велику перспективу застосування. Її удосконалення є актуальним та важливим питанням.

Дане дослідження було направлене саме на визначення оптимального складу суміші чорного щебню, що значною мірою може вплинути на економічну вигідність застосування даної технології, оскільки дає поняття про те як змінюються технічні характеристики вихідного матеріалу в

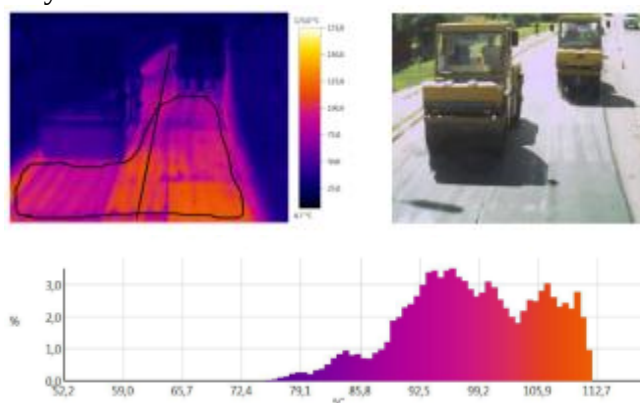


Minimum: 62,4 °C; Maximum: 117,3 °C; Average value 92,5 °C.

Right line P1 – temperature distribution on exit from the recycler.

Figure 9 – Temperature of the regenerated pavement behind the recycler

4. The temperature recovery after covering recyclers



Minimum: 52,2 °C; Maximum: 119,4 °C; Average value 94,8 °C.

Right line P1 – temperature profile of the mix cooling down in the process of compaction.

Figure 10 – Compaction of the regenerated mix by means of a row of compactors

General conclusions

Since almost all Ukrainian roads are constituted of asphalt-concrete pavement, the technology of hot recycling has a wide range of possibilities for application. Its improvement is a topical and an important matter.

This study was designed particularly to identify an optimal composition of the black crushed-stone mix, which can assert a significant influence on the economic benefit from application of this technology, since it suggests how the technical characteristics of the original material vary depending on the content of the

залежності від відсотку вмісту добавок природного бітуму та фракційності заповнювача.

1. Дослідження бітуму модифікованого природною добавкою Selenizza SLN-120 показують що пенетрація зменшується за логарифмічним законом і є можливість отримувати бітуми більш в'язких марок, наприклад для отримання бітуму марки БНД 60/90 вміст добавки становить до 10%. Для отримання бітуму марки БНД40/60 потрібно від 10 до 23% вмісту добавки Selenizza SLN-120. Температура розм'якшення бітуму модифікованого природною добавкою Selenizza SLN-120 збільшується за лінійним законом в залежності від відсотку вмісту добавки, та є можливість отримувати бітуми більш стійких до температурних показників. Верхня межа при максимальному відсотку вмісту добавки (50%) досягла значення 66°C.
2. Отримано експериментальні дані та математичні – залежності для розрахунку утриманої маси бітуму на поверхні часток щебеню в залежності від вмісту добавки природного бітуму та площі або діаметру часток для сухого та промитого кам'яного матеріалу різного діаметру (від 5 до 25 мм). Ці залежності дозволяють розрахувати товщини бітумної плівки та розхід в'язучого і добавки для заданих умов будівництва.

3. У процесі приготування асфальтобетонної суміші кожне мінеральне зерно щебеню було покрито бітумною плівкою. В ході дослідів було виявлено що щебілки менших фракцій покриваються бітумною плівкою швидше ніж великі, але товщина плівки менша.

4. За результатами тепловізійної зйомки видно, що температура суміші при подачі на АБЗ близька до регламентованої, а саме 170 ±5 °C. При перевезенні до місця укладання температура суміші майже не зменшувалась.

Температура асфальтобетонної суміші в бункері ресайклера та на початку ущільнення відповідала регламенту, але сама конструкція асфальтоукладача має бути удосконалена, оскільки по краях стінок бункера температура зменшується, що негативно впливає на надійність регенованого покриття.

natural bitumen additive and the aggregate fraction.

1. The survey of the bitumen modified by the natural additive Selenizza SLN-120 shows that penetration is reduced logarithmically and there is a possibility to obtain more viscous types of bitumen, say for obtaining of bitumen BND 60/90 the additive content should be up to 10%. For bitumen BND 40/60 it takes from 10 to 23% of Selenizza SLN-120 additive content. The softening point for the bitumen, modified by the natural additive Selenizza SLN-120, is linearly increased depending on the content of the additive; therefore there is a possibility to obtain more heat-resisting types of bitumen. The upper limit at the maximum content of the additive (50%) reaches the value of 66 °C.

2. We have deduced experimental data and mathematical relations for calculation of the retained mass of the bitumen on the aggregate particles surface, depending on the natural bitumen additive content and the area or diameter of particles, for dry and washed aggregate of various diameters (from 5 to 25 mm). These relations enable us to calculate the bituminous film thicknesses and consumption of the binding agent and the additive for specified criteria of construction.

3. In the process of preparation of asphalt-concrete mix every mineral grain was coated with bituminous film. In the course of the trial it was discovered that the smaller fractions of aggregate get coated with the bituminous film quicker than the larger fractions, however the film becomes thinner.

4. The results of the thermovision survey show that the temperature of the mix, while being fed on the asphalt plant, is close to the regulatory one, namely 170 ±5 °C. In the course of transportation to the paving area the temperature of the mix basically did not fall.

The temperature of the asphalt-concrete mix in the hopper of the recycler and at the beginning of compaction was in accordance with the regulations, however it meant that the asphalt paver had had to be modified, since on the sides of the hopper the temperature falls down, which negatively affects reliability of the regenerated pavement.

The critical temperature of compaction is the

Критичною температурою укатки є температура поверхні $+85^{\circ}\text{C}$. Укочування суміші має бути більш інтенсивним, і його потрібно починати відразу ж після укладання суміші та тримати дистанцію в 35-40 м., з відповідною кількістю проходів по одному сліду.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-81-98 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Метод визначення показника зчеплення з поверхнею скла і кам'яних матеріалів. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних В'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.
3. Регенерація матеріалів. Стабілізація, гарячі суміші, гарячий ресайклінг: [Перспект фірми Wirtgen]. - 1998. - № 49-12, РУ-11/98.
4. Гамеляк Ігор Павлович. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис... д-ра техн. наук: 05.22.11 / Національний транспортний ун-т. - К., 2005.
5. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу. - Навч. посібник. К.: НТУ. - 2012. - 206 с.
6. Костин В. И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий, Учебное пособие, Нижний Новгород, 2009. - 67 с.
7. Бочаров В.С. Битумосодержащие породы в дорожном строительстве: технология и механизация. - М.: Транспорт, 1987. - 190 с.
8. Королев И.В. Дорожный теплый асфальтобетон: Учеб. пособие для вузов / И.В. Королев. - К.: Вища шк., 1975.- 155 с.

surface temperature of $+85^{\circ}\text{C}$. Compaction of the mix should be more intense, it should start immediately after paving of the mix, keeping the distance at 35-40 m., ensuring a corresponding number of passages along each track.

Literature

1. ISO B V.2.7-81-98 road viscous bitumen. The method of determination of grip glass and stone materials. Specifications
2. B V.2.7-89-99 GOST (GOST 12801-98) Building materials. Materials based on organic binders for road and airfield construction. test methods
3. The regeneration materials. Stabilization, hot mix, hot recycling [Avenue company Wirtgen]. - 1998. - № 49-12, RU-11/98.
4. Gameliak I.P. Basics of pavement construction reliability ensuring. Doctor of technical sciences dissertation: 05.22.11. National Transport University. Kyiv. 2005.
5. Dmitrichenko M.F., Dmitriev M.M., Gamelyak I.P., Raykovskij V.F., Yakimenko J.M. Reliability of pavement construction. National Transport University. Kyiv. 2012. 206 p. Ukraine
6. Kostin V.I. Stone mastic asphalt for road pavement. Nizhniy Novgorod. 2009. 67 p. (RUS)
7. Bocharov V.S. Bituminous formations in highway construction: technology and mechanization. - M.: Transport, 1987. - 190 p.
8. Korolev IV Road warm asphalt: Proc. manual for schools / IV Korolev. -K.: Vishcha wk., 1975. - 155 p.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.
Nahaichuk V.M. Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **10.10.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 681.03

Гусєв О.В., канд. тен.наук, Герасименко А.В., Маковська Ю.А.

**РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ВНУТРІШНЬО-АЕРОДРОМНИХ ДОРІГ: ВИЗНАЧЕННЯ
ТА АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ**

Анотація. Стаття присвячена актуальному питанню забезпечення екологічної безпеки внутрішньо-аеродромних доріг. Розглянутий сучасний стан питання, наданий аналіз екологічних ризиків. Зроблені висновки.

Ключові слова: екологічна безпека, внутрішньо-аеродромні дороги, фактори, які впливають на екологічну безпеку, ризики

UDC 681.03

Gusiev O.V., Ph.D, Gerasimenko A.V., Makovska Yu.A.

**DEVELOPMENT OF THE PRINCIPLES FOR SECURING THE
ECOLOGICAL SAFETY OF AIRPORTS INTERNAL ROADS:
TERMS AND ANALYSIS OF ECOLOGICAL RISKS**

Summary. The article is devoted to the issue of environmental safety for airport internal roads. The current status of the problem is outlined, environmental risk analysis carried. Conclusions are presented

Key words: environmental safety, airports internal roads, safety factors, risks

УДК 681.03

Гусєв А.В., канд. тен.наук, Герасименко А.В., Маковська Ю.А.

**РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ВНУТРИ-АЭРОДРОМНЫХ ДОРОГ:
ТЕРМИНЫ И АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**

Анотация. Статья посвящена актуальному вопросу обеспечения экологической безопасности внутренне аэродромных дорог. Рассмотрен современное состояние вопроса, предоставленный анализ экологических рисков. Сделанные выводы.

Ключевые слова: экологическая безопасность, внутриаэродромные дороги, факторы влияющие на экологическую безопасность, риски

Представлені результати спрямовані на розробку методики кількісної оцінки екологічної безпеки внутрішньоаеродромних доріг і доріг загального користування та здійснюється на основі аналізу матеріалів досліджень впливу доріг та транспорту на природне і соціальне середовище прилеглих до доріг територій, методів і норм проектування, будівництва, реконструкції, утримання та

The article includes the results aimed at developing techniques quantify the environmental safety airports internal roads and public roads and is based on material analysis studies of the impact of roads and transport in natural and social environment surrounding roads areas, methods and standards of design, construction, reconstruction, maintenance and repair of roads, environmental assessment, territory, living conditions, taking into account

ремонту доріг, оцінки стану навколишнього середовища, території, умов життя населення з урахуванням чинних нормативних та методичних документів.

Одним з важливих етапів досліджень систематизація та аналіз сучасного стану питання щодо екологічної безпеки. Відзначимо також, що поняття "екологічна безпека" має широке тлумачення (наприклад, екологічна безпека населення міста, екологічна безпека держави, екологічна безпека технологій і виробництва тощо). Екологічна безпека є важливою складовою функціонування промисловості, сільського та комунального господарства, сфери послуг, галузі міжнародних відносин та актуальність зростає щорічно.

Говорячи про фактори небезпеки, іноді розрізняють техногенну та екологічну небезпеку. Під екологічною небезпекою розуміють екологічні впливи, в результаті яких можуть відбутися зміни в навколишньому середовищі і внаслідок цього змінитися умови існування людини і суспільства. Але в глобальному масштабі природні джерела небезпеки зараз відносно не великі в порівнянні з антропогенними. Тим більше, що людина швидко вчиться їх прогнозувати і попереджати.

Екологічна безпека це – комплекс, заходів спрямованих на зниження шкідливих наслідків сучасного промислового виробництва і викидів в атмосферу.

Екологічна безпека – стан захищеності біосфери і людського суспільства, а на державному рівні – стан захищеності держави від загроз виникають в результаті антропогенних і природних впливів на навколишнє середовище. У поняття екологічна безпека входить система регулювання і управління, що дозволяє прогнозувати її та не допускати або мінімізувати ризики, а в разі виникнення – ліквідувати розвиток надзвичайних ситуацій.

existing regulations and guidance documents.

One of the important stages of research systematization and analysis of the current state of the issue of environmental safety. Note also that the term "environmental safety" has a broad interpretation (e.g. population ecological safety, ecological safety, ecological safety technologies and industries, etc.). Environmental safety is an important part of the functioning of industry, agriculture and public utilities, services, international relations and the urgency is growing every year.

Speaking about the hazards sometimes distinguish between man-made and environmental hazard. When environmental hazard understand environmental impacts that result may be a change in the environment and thereby change the conditions of existence of man and society. But in the global natural hazard natural sources is relatively large compared with man-made. The more that people quickly learn to predict and prevent.

Environmental safety is a complex of measures aimed at reducing the harmful effects of modern industrial production and emissions.

Environmental safety is the state of protection of the biosphere and human society, and at the state level - the state of protection of the state against threats arising from man-made and natural impacts on the environment. The concept of environmental safety is a system of regulation and control that allows her to predict and prevent or minimize risks in case of - to eliminate the development of emergency.

Екологічна безпека та управління нею реалізується на наступних рівнях:

- глобальному;
- регіональному;
- локальному.

Глобальний рівень управління екологічною безпекою передбачає прогнозування і відстеження процесів в стані біосфери в цілому і складових її сфер. У другій половині минулого століття ці процеси виражаються в глобальному змін клімату, виникненні "парникового ефекту", руйнування озонового екрану, опустелювання планети і забруднення світового океану тощо. Суть глобального контролю та управління у збереженні та відновленні природного механізму відтворення довкілля біосферою, який направляється сукупністю входять до складу біосфери живих організмів. Управління глобальної екологічної безпекою є прерогативою міждержавних відносин на рівні ООН, ЮНЕСКО, ЮНЕП та інших міжнародних організацій методи управління на цьому рівні включають прийняття міжнародних актів щодо захисту навколишнього середовища в масштабах біосфери, реалізацію міждержавних екологічних програм, створення міжурядових сил з ліквідації екологічних катастроф, що мають природний або антропогенний характер.

Регіональний рівень включає великі географічні або економічні зони, а іноді території декількох держав. Контроль і управління здійснюються на рівні уряду держави і на рівні міждержавних зв'язків (об'єднана Європа, союз африканських держав). На цьому рівні система управління екологічною безпекою включає в себе:

- екологізацію економіки
- нові екологічно безпечні технології
- витримування темпів економічного

розвитку, які не перешкоджають відновленню якості навколишнього середовища і сприяють раціональному використанню природних ресурсів.

Локальний рівень включає міста, райони, підприємства металургії, хімічної,

Environmental safety and management is implemented at the following levels:

- global;
- regional;
- local.

Global level of ecological safety management involves forecasting and tracking process in the state of the biosphere as a whole and its constituent areas. In the second century polovynimynuloho these processes are expressed in global climate change, the emergence of the "greenhouse effect" ozone screen, desertification and pollution of the planet oceans and more. The essence of global control and management in the conservation and restoration of the natural environment biosphere playback mechanism, which sent a set part of the biosphere organisms. Managing global ecological safety is the prerogative of international relations at the United Nations, UNESCO, UNEP and other international organizations management practices at this level include the adoption of international instruments for the protection of the environment across the biosphere, the implementation of international environmental programs, the establishment of inter-forces to eliminate the environmental disasters that have natural or anthropogenic character.

Regional level includes a large geographic or economic zones, and sometimes territory of several states. Control and management are carried out at the state government level and in international relations (united Europe, African Union). At this level of ecological safety management system includes:

- environmentalizing economy;
- new environmentally friendly technology;
- maintaining the pace of economic development that does not impede the restoration of environmental quality and promote the rational use of natural resources.

The local level includes cities, districts, metallurgy, chemical, oil, mining and

нафтопереробної, гірничодобувної промисловості та оборонного комплексу, а також контроль викидів, стоків, та ін. Управління екологічною безпекою здійснюється на рівні адміністрації окремих міст, районів, підприємств із залученням відповідних служб, відповідальних за санітарний стан та природоохоронну діяльність.

Розробка рекомендацій щодо рішення конкретних локальних проблем визначає можливість досягнення мети управління екологічною безпекою регіональному і глобальному рівнях. При цьому мета управління досягається при дотриманні принципу передачі інформації про стан довкілля від локального до регіонального та глобального рівнями.

Незалежно від рівня управління екологічної безпеки об'єктів управління обов'язково є навколишнє середовище, тобто, комплекси природних екосистем, і соціоприродним екосистеми. Саме тому в схемі управління екологічною безпекою будь-якого рівня обов'язково присутній аналіз економіки, фінансів, ресурсів, правових питань, адміністративних заходів, освіти та культури.

Розглянемо критерії екологічної безпеки. Наукові джерела, різні рекомендаційні та нормативні документи містять безліч критеріїв безпеки, у тому числі і екологічної безпеки. При цьому часто неможливо судити, по якому з цих критеріїв можна винести остаточне судження про безпеку того чи іншого об'єкта. Тому виникає необхідність розробки і використання невеликого числа інтегральних критеріїв безпеки та отримання на їх основі узагальненої оцінки стану об'єкта. Для екосфери і її частин – біомов, регіонів, ландшафтів, тобто більш-менш великих територіальних природних комплексів, включаючи адміністративні утворення може служити рівень еколого-економічного, або природно-виробничого паритету, тобто ступеня відповідності загальної техногенного навантаження на територія її екологічної техноємких –

defense industry, and control of emissions, effluents, and others. Management of ecological safety is at the administrations of individual cities, regions, enterprises with the involvement of relevant services in charge of health status and environmental activities.

Recommendations on specific local problem solution determines the possibility of achieving the goal of environmental safety regional and global levels. This goal is achieved management subject to the principle of the transfer of environmental information from local to regional and global levels.

Regardless of the level of environmental safety management facilities management necessarily the environment, that is, complex natural ecosystems, and social and natural environment. That is why the environmental safety management scheme at any level is necessarily present an analysis of the economy, finance, resources, legal issues, administrative measures, education and culture.

Considering criteria for environmental safety. Scientific sources, different recommendation and regulations contain many safety criteria, including environmental safety. It is often impossible to judge on which of these criteria can make a final judgment on the safety of a facility. Therefore there is a need to develop and use a small number of integrated safety criteria and receive on the basis of a generalized assessment of the object. For ecosphere and its parts - byomov, regions and landscapes, that is more or less large local natural systems, including administrative entities may be the level of ecological, economic or natural production of parity, that is, the extent to total anthropogenic impact on the territory of environmental tehnoyemkyh - limit endurance regarding damaging anthropogenic influences.

граничної витривалості стосовно ушкоджувальним техногенних впливів.

Для окремих екологічних систем головними критеріями безпеки виступає цілісність, збереженість їх видового складу, біорізноманіття та структури внутрішніх взаємозв'язків. Подібні критерії відносяться і до техніко-економічних системам.

Нарешті для індивідумів головним критерієм безпеки є збереження здоров'я і нормальної життєдіяльності.

Важливим питанням є також оцінка екологічних ризиків. Забруднення природного середовища газоподібними, рідкими і твердими речовинами та відходами виробництва, що викликає деградацію середовища проживання і завдає шкоди здоров'ю населення, залишається найбільш гострою екологічною проблемою, має пріоритетне соціальне і економічне значення.

Для об'єктивної кількісної оцінки, порівняння, аналізу, управління впливом забруднювачів різної і різноманітної природи в останні десятиліття за кордоном і в Україні активно розвивається методологія ризиків. Ризик впливу забруднювача того чи іншого виду визначається як ймовірність виникнення у людини або його потомства будь-якого шкідливого ефекту в результаті цього впливу. Методологія аналізу ризиків дозволяє побудувати "шкалу", за допомогою якої, можна проводити оцінки та порівняння впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини несприятливих факторів. Методологія оцінки та порівняння ризиків в даний час не просто інструмент наукових досліджень, але й офіційно визнаний Міністерством охорони здоров'я метод аналізу.

Екологічний ризик – ймовірність настання події, що має несприятливі наслідки для природного середовища і викликаного негативним впливом господарської та іншої діяльності, надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру.

For some of the main criteria of environmental safety advocates integrity and preservation of their species composition, biodiversity and the internal structure of relationships. Such criteria relating to technical and economic systems.

Finally, the main criterion for individuals is to preserve the safety and health of normal life.

An important issue is an assessment of environmental risks. Contamination of the environment gaseous, liquid and solid substances and industrial waste that causes degradation of the environment and harm human health, remains the most acute environmental problem is a priority social and economic importance.

For an objective quantitative evaluation, comparison, analysis, control and influence of different pollutants of various nature in recent decades abroad and in Ukraine is actively developing the methodology of risk. The risk of pollutant exposure of a species is defined as the probability of a person or progeny of any adverse effects as a result of this action. Risk analysis methodology allows to build a "scale" by which can assess and compare the impact on the environment and human health unfavorable. The methodology of evaluation and comparison of risks is now not just a tool of research, but also officially recognized by the Ministry of Health analysis method.

Environmental risk - the probability of an event that has adverse effects on the environment and the negative impact caused by economic and other activities, emergencies, natural and man-made.

Екологічний ризик характеризується наступними нормативними рівнями:

Прийнятний екологічний ризик – це ризик, рівень якого виправданий з точки зору як екологічних, так і економічних, соціальних та інших проблем в конкретному суспільстві і в конкретний час.

Гранично допустимий екологічний ризик – максимальний рівень прийнятного екологічного ризику. Він визначається по всій сукупності несприятливих екологічних ефектів і не повинен перевищуватися незалежно від інтересів економічних чи соціальних систем.

Нехтуємий екологічний ризик – мінімальний рівень прийнятного екологічного ризику. Екологічний ризик знаходиться на рівні флуктуацій рівня фонового ризику або визначається як 1% від гранично допустимого екологічного ризику. У свою чергу, фоновий ризик – це ризик, обумовлений наявністю ефектів природи і соціального середовища проживання людини.

Широке застосування знаходить таке поняття, як індивідуальний екологічний ризик. Це ризик, який зазвичай отожднюється з імовірністю того, що людина в ході своєї життєдіяльності випробує несприятливий екологічний вплив. Індивідуальний екологічний ризик характеризує екологічну небезпеку в певній точці, де знаходиться індивідуум, тобто характеризує розподіл ризику в просторі. Це поняття може широко використовуватися для кількісної характеристики територій, на які мають вплив негативні фактори.

Таким чином, поняття екологічного ризику дозволяє для широкого класу явищ і процесів дати кількісний опис екологічних небезпек.

Поняття ризику поєднує в собі, як мінімум, дві ймовірності: імовірність реалізації несприятливого впливу і ймовірність ураження, втрат, завданих цим впливом

Environmental risk is characterized by the following normative levels:

Acceptable environmental risk - the risk level is justified in terms of both environmental and economic, social and other problems in a particular society and at a particular time.

Maximum allowable environmental risk is the maximum acceptable level of environmental risk. It is determined by the totality of adverse environmental effects and should not be exceeded regardless of the interests of economic or social systems.

Omitted environmental risk is the minimum acceptable environmental risk. Environmental risk is at risk of fluctuation of the background or defined as 1% of the maximum allowable environmental risk. In turn, the background risks is the risk due to the presence of nature and social effects of the human environment.

Widespread use is such a thing as an individual environmental risk. This risk is usually identified with the probability that a person in the course of their life will experience an adverse environmental impact. Individual environmental risk describes the environmental hazard at a certain point where the individual, that describes the distribution of risk in space. This concept can be widely used for the quantitative characteristics of the territories in which influence negative factors.

Thus, the concept of environmental risk allows for a broad class of phenomena and processes of a quantification of the environmental hazards.

Risk combining at least two probabilities: the probability of realization of the adverse effects and the likelihood of damage, losses caused by these objects influence the

об'єктам навколишнього середовища і населенню. Ризик означає ймовірність виникнення конкретного ефекту протягом певного часу або за певних обставин. При цьому ризик відрізняється як від ймовірності впливу, так і від ймовірності заподіяного збитку. Ризик може бути близький до нуля, незважаючи на те, що ймовірність реалізації несприятливої події (постійно діючі негативні фактори) або ймовірність ураження (надзвичайно рідкісні явища руйнівної сили) близькі до одиниці. У загальному випадку величина ризику змінюється в межах від нуля до одиниці.

Ризик – це кількісна або якісна оцінка небезпеки; відповідно, екологічний ризик – це кількісна або якісна оцінка екологічної небезпеки несприятливих впливів на навколишнє середовище.

Висновки

Безпека складної системи визначається не тільки суб'єктами захисту або факторами зовнішнього захищеності, скільки внутрішніми властивостями – стійкістю, надійністю, здатністю до авторегуляції. Найбільшою мірою це відноситься саме до екологічної безпеки. Людина, суспільство, держава не можуть бути гарантами власної екологічної безпеки доти, поки продовжують порушувати стійкість і біотичну регуляцію навколишнього природного середовища.

Для об'єктивної кількісної оцінки, порівняння, аналізу, управління впливом забруднювачів різної і різноманітної природи в останні десятиліття за кордоном і в Україні активно розвивається методологія ризиків. Ризик впливу забруднювача того чи іншого виду визначається як ймовірність виникнення у людини або його потомства будь-якого шкідливого ефекту в результаті цього впливу. Методологія аналізу ризиків дозволяє побудувати "шкалу", за допомогою якої, можна проводити оцінки та порівняння впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини несприятливих факторів.

environment and the population. Risk means the likelihood of a specific effect over time or under certain circumstances. The risk is different from both the likelihood of impact and likelihood of the damage. The risk may be close to zero, even though the probability of realization of adverse events (permanent negative factors) or the probability of damage (extremely rare destructive forces) are close to unity. In general, the magnitude of risk varies from zero to one.

Risk is the quantitative or qualitative assessment of risk; respectively, environmental risk - a quantitative or qualitative assessment of the environmental hazard of adverse effects on the environment.

Conclusions

Safety complex system depends not only subjects of protection or safety of external factors as internal properties - stability, reliability, ability to autoregulation. The greatest extent it relates specifically to environmental safety. Man, society, the state can not be guarantors own environmental safety as long as continue to violate stability and biotic regulation of the environment.

For an objective quantitative evaluation, comparison, analysis, control and influence of different pollutants of various nature in recent decades abroad and in Ukraine is actively developing the methodology of risk. The risk of pollutant exposure of a species is defined as the probability of a person or progeny of any adverse effects as a result of this action. Risk analysis methodology allows to build a "scale" by which can assess and compare the impact on the environment and human health unfavorable.

Література

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В., Пендерецький О. В., Зорін Д. О., Зоріна Н.О. «Пропозиції по створенню геоінформаційної системи екологічної безпеки ієрархічних рівнів східної Європи, України, карпатського регіону, області, районів і населених пунктів»
2. Сухарев С. Основи екології та охорони довкілля: Навчальний посібник/ Мін-во освіти і науки України, Ужгородський нац. ун-т. - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 391 с.
3. Основи екології: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів/ О. М. Адаменко, Я. В. Коденко, Л. М. Консевич; Ін-т менеджменту та економіки "Галицька академія". - 2-е вид.. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 314 с.

Literature

1. Adamenko O.M., Mischenko L.V., Penderecki V. V., Zorin D. O., Zorina N.O. "Proposals for the creation of geoinformation system of ecological security of hierarchical levels in Eastern Europe, Ukraine, the Carpathian region, region, districts and settlements"
2. Sukharev, S., Fundamentals of ecology and environmental protection: textbook/ Ministry of education and science of Ukraine, Kharkov NAT. University - K.: Center of educational literature, 2006. – 391 p.
3. Fundamentals of ecology: textbook for higher educational institutions/ V. M. Adamenko, J. V. Kodenko, L. M. Kontsevich, Institute of management and Economics "Galician Academy". - 2nd ed.. - M.: Center of educational literature, 2005. - 314 p.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **25.10.2016 р.**

УДК 625.8

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Циркунова К.В., канд. техн. наук.

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОПЛАСТУ «SUPERPLAST» НА ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

Анотація. У статті розглянуто питання підвищення якості гарячих асфальтобетонів різних типів та видів за рахунок використання добавки «Superplast». Оцінку якості асфальтобетонів виконано за показниками фізико-механічних властивостей, що визначалися стандартизованими методами, діючими на сьогоднішній день в Україні. В ході досліджень оцінено властивості асфальтобетонів як з добавкою, так і без неї. Також досліджено вплив різних марок нафтового дорожнього бітуму на фізико-механічні властивості асфальтобетонів.

Об'єкт дослідження — гарячі асфальтобетонні суміші.

Мета роботи — порівняльні дослідження впливу добавки «Superplast» на властивості асфальтобетонів різних типів та видів.

Методи дослідження — аналітико-експериментальні.

Ключові слова: дорожній одяг, модифікація, бітум, термопласт, щебенево-мастиковий асфальтобетон, дрібнозернистий асфальтобетон, фізико-механічні властивості.

UDC 625.8

Zhdanyuk V.K., Dr. Tech. Sci., Tsyrukunova K.V., Ph.D.

COMPARATIVE RESEARCH OF THERMOPLASTIC POLYMER “SUPERPLAST” INFLUENCE ON ASPHALT CONCRETE PROPERTIES

Abstract. The paper deals with issue of improvement of hot asphalt concretes of different types by means of additive “Superplast” application. The quality of asphalt concretes was estimated by physical and mechanical properties determined using current standardized test methods valid in Ukraine. The properties of asphalt concretes with and without the additive have been determined. The influence of different road petroleum bitumen grades on physical and mechanical properties of asphalt concretes has also been evaluated.

The object of study — hot asphalt concrete mixes.

Purpose — comparative research of additive “Superplast” influence on properties of asphalt concretes of different types.

Research methods — analytical and experimental.

Key words: pavement, modification, bitumen, thermoplastic polymer, stone mastic asphalt concrete, fine-grained asphalt concrete, physical and mechanical properties.

УДК 625.8

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Циркунова Е.В., канд. техн. наук.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОПЛАСТА «SUPERPLAST» НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос повышения качества горячих асфальтобетонов разных типов и видов за счет использования добавки «Superplast». Оценку качества асфальтобетонов выполнено по показателям физико-механических свойств, которые определялись стандартизированными методами, действующими на сегодняшний день в Украине. В ходе исследований оценено свойства асфальтобетонов как с добавкой, так и без нее. Также исследовано влияние разных марок нефтяного дорожного битума на физико-механические свойства асфальтобетонов.

Объект исследования — горячие асфальтобетонные смеси.

Цель работы — сравнительные исследования влияния добавки «Superplast» на свойства асфальтобетонов разных типов и видов.

Методы исследования — аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: дорожная одежда, модификация, битум, термопласт, щебеночно-мастичный асфальтобетон, мелкозернистый асфальтобетон, физико-механические свойства.

Вступ

Підвищення якості асфальтобетонів сприяє збільшенню строків їх служби в шарах дорожніх одягів, покращенню транспортно-експлуатаційних характеристик покриття, зменшенню витрат на ремонтні роботи. Відомо, що довговічність асфальтобетонних шарів дорожнього одягу суттєво залежить від якості вихідних матеріалів (особливо дорожніх бітумів), які використовуються для приготування асфальтобетонних сумішей. Сучасні технології підвищення якості асфальтобетонів переважно полягають у модифікації нафтових дорожніх бітумів полімерами, латексами, синтетичними восками, поверхнево-активними речовинами, або одночасно комплексом добавок, перед їх використанням для приготування асфальтобетонних сумішей. Серед полімерів різних класів для модифікації бітумів найбільше застосовуються термоеластоласти типу SBS, які надають їм еластичності. Модифікація бітумів добавками різного походження традиційно здійснюється змішуванням їх у спеціальних мішалках. Така технологія модифікації бітумів вимагає додаткових енерговитрат. Відома також технологія введення модифікуючих добавок безпосередньо в асфальтозмішувач в процесі перемішування асфальтобетонної суміші. В країнах Європейського союзу за такою технологією приготавливаються переважно литі гарячі асфальтобетонні суміші з використанням природних бітумів, як модифікуючих добавок. Відомі також способи модифікації асфальтобетонних сумішей додаванням синтетичних восків або термопластів безпосередньо в асфальтозмішувач. До однієї з полімерних добавок, яку можливо вводити безпосередньо у асфальтозмішувач при приготуванні асфальтобетонних сумішей, відноситься термопласт «Superplast», який представляє собою аморфний поліолефін з температурою плавлення 150 °C.

Introduction

Improvement in quality of asphalt concretes results in increase of their service life in pavement layers, improvement of performance characteristics of the pavement, reduction of costs for repair works. It is well known that durability of asphalt concrete pavement layers significantly depends on quality of initial materials (especially of road bitumen) used to produce asphalt concrete mixes. Modern techniques of improvement in quality of asphalt concretes mainly involve modification of petroleum road bitumen with polymers, latexes, synthetic waxes, surface active substances, or simultaneously with combination of additives, before introduction in asphalt concrete mixes. The most widely used type of polymers for bitumen modification is SBS thermoplastic elastomers providing them with elasticity. Modification of bitumen with additives of different origin is traditionally performed by blending in special mixers. Such technique of bitumen modification requires additional energy consumption. Technology of modifiers introduction directly in asphalt mixer during asphalt concrete mix blending is also known. In European Union such technology of mix production is mostly applied for mastic asphalt concrete using natural bitumen as modifiers. Methods of asphalt concrete mixes modification introducing synthetic waxes or thermoplastic polymers directly in asphalt mixers are also known. One of polymer additives which can be added directly in asphalt mixer during asphalt concrete mix production is thermoplastic polymer “Superplast”, which is an amorphous polyolefine with melting point 150 °C.

Результати експериментальних досліджень

Для приготування асфальтобетонних сумішей використовували гранітний щебінь, гранітний відсів та вапняковий мінеральний порошок. При приготуванні щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей як стабілізуючу добавку використовували «Viatop-66». Як в'язучі використовували бітуми нафтові дорожні в'язкі марки БНД 60/90 (виробник Лисичанський НПЗ) та БНД 90/130 (виробник Мозирський НПЗ), які за показниками властивостей відповідали вимогам ДСТУ 4044. Гранулометричні склади мінеральної частини асфальтобетонних сумішей, прийнятих для дослідження, наведені на рис. 1 – 3.

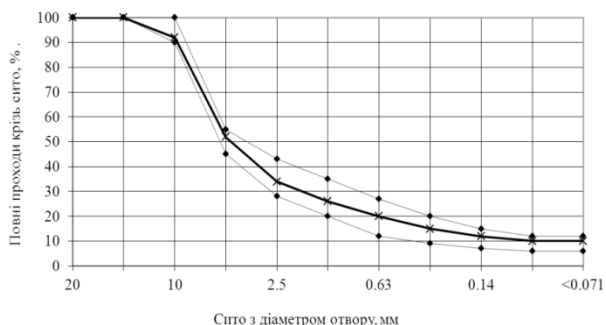


Рисунок 1 – Гранулометричний склад мінеральної частини щільного дрібнозернистого асфальтобетону типу А не переривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 10 мм

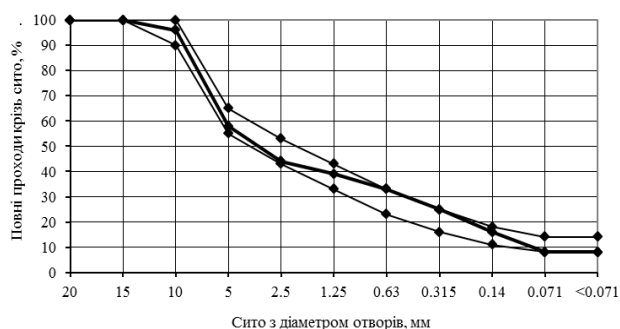


Рисунок 2 – Гранулометричний склад мінеральної частини щільного дрібнозернистого асфальтобетону типу Б непереривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 10 мм

Research results

Granite coarse aggregate, granite siftings and limestone mineral filler were used to prepare asphalt concrete mixes. To prepare stone mastic mixes stabilizing additive “Viatop-66” was applied. Petroleum road viscous bitumen BND 60/90 (produced by Lysychansk refinery) and BND 90/130 (produced by Mozyr refinery), meeting the requirements of DSTU 4044 by their properties, were applied as binders. Gradation curves of asphalt concrete mixes taken for the research are shown on Figures 1 – 3

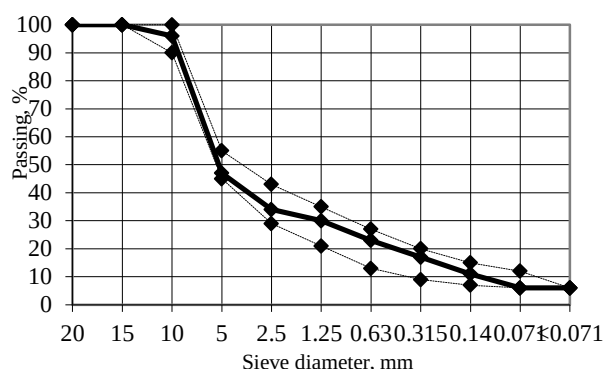


Figure 1 – Gradation of dense fine-grained asphalt concrete type A with continuous gradation and maximum aggregate size 10 mm

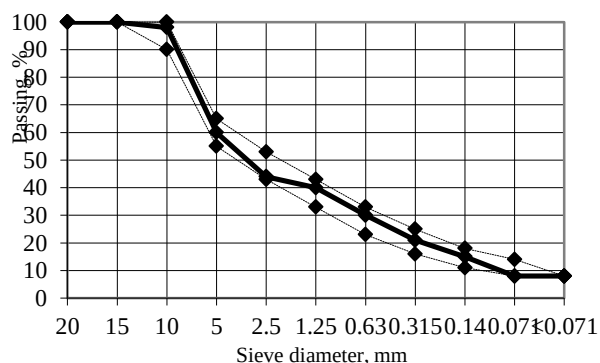


Рисунок 2 – Gradation of dense fine-grained asphalt concrete type B with continuous gradation and maximum aggregate size 10 mm

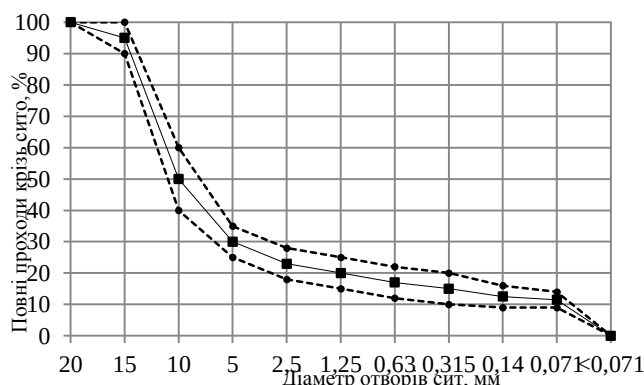


Рисунок 3 – Гранулометричний склад мінеральної частини щебенево-мастикового асфальтобетону виду ЩМА-15

Аморфний поліолефін «Superplast» у кількості 4 % від маси бітуму додавали безпосередньо в суміш перед введенням бітуму. Дослідження фізико-механічних властивостей та розрахункових характеристик асфальтобетонів виконували згідно [1,2].

Результати порівняльних досліджень фізико-механічних та розрахункових характеристик гарячих асфальтобетонів без добавки та з добавкою «Superplast» наведені в таблицях 1 – 3.

Таблиця 1 – Властивості дрібнозернистого асфальтобетону типу А неперервчастої гранулометрії

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	18,2	18,5	18,2	18,4
Залишкова пористість, % за об'ємом	4,2	4,1	4,3	4,3
Водонасичення, % з об'ємом	2,5	2,6	2,5	2,6
Границя міцності при стиску, МПа, при:				
0 °C	7,7	7,4	9,1	8,0
20 °C	3,2	2,7	4,6	4,2
50 °C	1,2	1,1	1,5	1,3

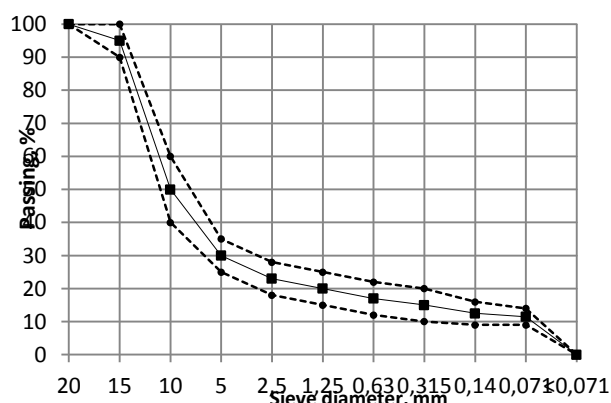


Рисунок 3 – Gradation of stone mastic asphalt concrete SMA-15

Amorphous polyolefine “Superplast” at a rate of 4 % by mass of bitumen was added directly to the mix before introduction of bitumen. Determination of physical and mechanical properties and design characteristics of asphalt concretes was performed according to [1,2].

Results of comparative research of physical and mechanical properties and design characteristics of hot asphalt concretes without additive and containing additive “Superplast” are shown in Tables 1 – 3.

Table 1 – Properties of fine-grained asphalt concrete type A with continuous gradation

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	18.2	18.5	18.2	18.4
Air voids content, % by volume	4.2	4.1	4.3	4.3
Water saturation, % by volume	2.5	2.6	2.5	2.6
Compressive strength, MPa, at:				
0 °C	7.7	7.4	9.1	8.0
20 °C	3.2	2.7	4.6	4.2
50 °C	1.2	1.1	1.5	1.3

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,89	0,84	0,90	0,8
Вміст в'язучого, %	5,5	5,4	5,7	5,5
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °С:				
0	9,3	9,0	11,5	10,9
10	6,3	6,0	8,0	7,4
20	3,8	3,6	5,0	4,5
30	2,0	1,9	2,8	2,4
Модуль пружності, МПа, при, °С:				
0	4400	3400	5000	3940
10	3050	2200	3500	2650
20	1700	1100	2100	1400
30	850	630	1000	780

Наведені в таблиці 1 результати досліджень свідчать про те, що введення до складу дрібнозернистої асфальтобетонної суміші типу А 4 % добавки «Superplast» викликає зростання як показників границі міцності при стиску за температури 0, 20 та 50 °С, так і границі міцності при згині та модуля пружності.

Таблиця 2 – Властивості дрібнозернистого асфальтобетону типу Б непереривчастої гранулометрії

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	17,4	17,5	17,4	17,6
Залишкова пористість, % за об'ємом	3,5	3,7	3,7	3,5
Водонасичення, % за об'ємом	2,0	2,2	2,0	2,2

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5
Water resistance after long-term water saturation	0.89	0.84	0.90	0.86
Binder content, %	5.5	5.4	5.7	5.5
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	9.3	9.0	11.5	10.9
10	6.3	6.0	8.0	7.4
20	3.8	3.6	5.0	4.5
30	2.0	1.9	2.8	2.4
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	4400	3400	5000	3940
10	3050	2200	3500	2650
20	1700	1100	2100	1400
30	850	630	1000	780

Research results shown in Table 1 indicate that introduction of 4 % of additive “Superplast” in the composition of fine-grained asphalt concrete mix (type A) results in increase of both compressive strength at 0, 20 and 50 °C, and bending tensile strength and elasticity modulus.

Table 2 – Properties of fine-grained asphalt concrete type B with continuous gradation

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	17.4	17.5	17.4	17.6
Air voids content, % by volume	3.5	3.7	3.7	3.5
Water saturation, % by volume	2.0	2.2	2.0	2.2

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
Границя міцності при стиску, МПа, при, °C:				
0	7,9	7,6	10,0	8,4
20	4,1	4,0	5,0	4,8
50	1,4	1,2	1,7	1,4
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,90	0,86	0,92	0,87
Вміст в'язучого, %	6,5	6,2	6,8	6,4
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °C:				
0	9,8	9,5	11,9	11,2
10	6,8	6,5	8,3	7,7
20	4,2	4,0	5,2	4,7
30	2,4	2,2	3,0	2,6
Модуль пружності, МПа, при, °C:				
0	4500	3600	5600	4500
10	3200	2400	3900	3000
20	1800	1200	2200	1500
30	900	660	1100	830

При зниженні температури у досліджуваному діапазоні від 30 °C до 0 °C спостерігається зростання границі міцності при згині та модуля пружності досліджуваних асфальтобетонів.

Асфальтобетону з добавкою «Superplast» на основі бітуму БНД 60/90 в досліджуваному діапазоні температур властиві в 1,2 – 1,4 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,14 – 1,24 рази більші значення модулів пружності. Дрібнозернистий асфальтобетон з 4 % добавки «Superplast» на основі бітуму БНД 90/130 в досліджуваному діапазоні температур має в 1,21 – 1,26 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,16 – 1,27 рази більші значення модулів пружності.

Дані таблиці 2 показують, що при застосуванні добавки «Superplast» аналогічні закономірності властиві також дрібнозернистому асфальтобетону типу Б. При цьому, серед досліджуваних дрібнозернистих асфа-

Continuation of Table 2

1	2	3	4	5
Compressive strength, MPa, at, °C:				
0	7.9	7.6	10.0	8.4
20	4.1	4.0	5.0	4.8
50	1.	1.2	1.7	1.4
Water resistance after long-term water saturation	0.90	0.86	0.92	0.87
Binder content, %	6.5	6.2	6.8	6.4
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	9.8	9.5	11.9	11.2
10	6.8	6.5	8.3	7.7
20	4.2	4.0	5.2	4.7
30	2.4	2.2	3.0	2.6
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	4500	3600	5600	4500
10	3200	2400	3900	3000
20	1800	1200	2200	1500
30	900	660	1100	830

When the temperature within the research range is reduced from 30 °C to 0 °C bending tensile strength and elasticity modulus of the asphalt concretes under research tend to increase.

Asphalt concrete with additive “Superplast” and bitumen BND 60/90 within the accepted temperature range is characterized by 1.2 – 1.4 times higher values of bending tensile strength and 1.14 – 1.24 times higher values of elasticity modulus. Fine-grained asphalt concrete containing 4 % of additive “Superplast” and bitumen BND 90/130 within the accepted temperature range has 1.21 – 1.26 times higher values of bending tensile strength and 1.16 – 1.27 times higher values of elasticity modulus.

Data shown in Table 2 indicate that application of additive “Superplast” gives similar trends typical for fine-grained asphalt concrete (type B). In addition to the above, the highest absolute values of bending tensile strength and elasticity

льтобетонів найбільші за абсолютною величиною значення границі міцності при згині та модуля пружності властиві дрібнозернистому асфальтобетону типу Б.

modulus among the fine-grained asphalt concretes under research are typical for fine-grained asphalt concrete (type B).

Таблиця 3 – Властивості ЦМА-15

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	13,4	13,5	13,3	13,6
Залишкова пористість, % за об'ємом	3,8	3,9	3,7	3,9
Водонасичення, % за об'ємом, лабораторних зразків	1,5	1,6	1,9	2 0
Границя міцності при стиску, МПа, при, °C:				
20	3,1	2,8	3,5	3,2
50	0,9	0,7	1,2	1,0
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,93	0,93	0,92	0,93
Зчеплення при зсуві при 50 °C, МПа	0,17	0,16	0,23	0,18
Границя міцності на розтяг при розколі при 0°C, МПа	,9	,5	6,8	5,8
Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні	0,92	0,91	0,92	0,91
Показник стікання в'язучого	0,07	0,10	0,05	0,09
Вміст бітуму, %	5,5	5,4	5,7	5,5

Table 3 – Properties of SMA-15

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	13.4	13.5	13.3	13.6
Air voids content, % by volume	3.8	3.9	3.7	3.9
Water saturation, % by volume, laboratory samples	1.5	1.6	1.9	2.0
Compressive strength, MPa, at, °C:				
20	3.1	2.8	3.5	3.2
50	0.9	0.7	1.2	1.0
Coefficient of internal friction	0.93	0.93	0.92	0.93
Cohesion at shear at 50 °C, MPa	0.17	0.16	0.23	0.18
Splitting tensile strength at 0°C, MPa	3.9	3.5	6.8	5.8
Coefficient of water resistance at long-term water saturation	0.92	0.91	0.92	0.91
Binder draindown	0.07	0.10	0.05	0.09
Bitumen content, %	5.5	5.4	5.7	5.5

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °С:				
0	3,9	3,5	4,9	4,4
10	2,8	2,5	3,7	3,2
20	1,7	1,6	2,4	2,1
30	1,0	0,9	1,5	1,3
Модуль пружності, МПа, при, °С:				
0	3600	3200	4300	3900
10	2600	2100	3100	2800
20	1600	1100	2000	1800
30	900	600	1100	1000

Наведені в таблиці 3 результати досліджень свідчать про те, що ЩМА-15 на основі бітуму БНД 60/90 характеризується більш високими значеннями границі міцності при стиску, на розтяг при розколі, на розтяг при згині та модуля пружності, порівняно з ЩМА-15 на основі бітуму БНД 90/130. При підвищенні температури від 0 °С до 30 °С спостерігається зменшення значень, як границі міцності при згині, так і модуля пружності досліджуваних асфальтобетонів. В досліджуваному діапазоні температур ЩМА-15 на основі бітуму БНД 60/90 властиві більші в 1,06 - 1,12 рази значення границі міцності при згині та в 1,13 - 1,50 рази більші значення модулів пружності, порівняно з ЩМА-15 на основі бітуму БНД 90/130.

Введення 4 % добавки «Superplast» до складу ЩМА-15 викликає зростання показників границі міцності при стиску, на розтяг при розколі, на розтяг при згині та модуля пружності, порівняно з ЩМА-15 без добавки «Superplast». Асфальтобетону з добавкою «Superplast» на бітумі БНД 60/90 в досліджуваному діапазоні температур властиві в 1,26 - 1,50 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,19 - 1,25 рази більші значення модулів пружності.

ЩМА-15 з 4 % добавки «Superplast» на основі бітуму БНД 90/130 в досліджуваному діапазоні температур має в 1,26 - 1,44 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,21 - 1,67 рази більші значення модулів пружності.

Continuation of Table 3

1	2	3	4	5
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	3.9	3.5	4.9	4.4
10	2.8	2.5	3.7	3.2
20	1.7	1.6	2.4	2.1
30	1.0	0.9	1.5	1.3
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	3600	3200	4300	3900
10	2600	2100	3100	2800
20	1600	1100	2000	1800
30	900	600	1100	1000

Research results presented in Table 3 indicate that SMA-15 with bitumen BND 60/90 is characterized by higher values of compressive strength, splitting tensile strength, bending tensile strength and elasticity modulus, compared to SMA-15 with bitumen BND 90/130. When raising temperature from 0 °C to 30 °C one can observe reduction of values of both bending tensile strength and elasticity modulus of the asphalt concretes under research. Within the accepted temperature range SMA-15 with bitumen BND 60/90 is characterized by 1.06 – 1.12 times higher values of bending tensile strength and 1.13 – 1.50 times higher values of elasticity modulus, compared to SMA-15 with bitumen BND 90/130.

Introduction of 4 % of additive “Superplast” to the composition of SMA-15 results in increase of values of compressive strength, splitting tensile strength, bending tensile strength and elasticity modulus, compared to SMA-15 without “Superplast”. Asphalt concrete with “Superplast” and bitumen BND 60/90 within the accepted temperature range has 1.26 – 1.50 times higher values of bending tensile strength and 1.19 – 1.25 times higher values of elasticity modulus.

SMA-15 with 4 % of additive “Superplast” and bitumen BND 90/130 within the accepted temperature range has 1.26 – 1.44 times higher values of bending tensile strength and 1.21 – 1.67 times higher values of elasticity modulus.

Висновок

Результати виконаних досліджень показують, що серед досліджених асфальтобетонів на основі бітумів різних марок найбільші показники міцності властиві дрібнозернистому асфальтобетону типу Б, а найменші ЩМА-15. Введення до складу асфальтобетонних сумішей полімерної добавки «Superplast» забезпечує зростання як показників границі міцності при стиску, так і розрахункових характеристик всіх досліджуваних асфальтобетонів.

Conclusion

The results of the research demonstrate that within the accepted asphalt concretes based on bitumen of different grades the highest values of strength are observed for fine-grained asphalt concrete type B, and the lowest – for SMA-15. Introduction of polymer additive “Superplast” to the compositions of asphalt concretes provides increase of both compressive strength and design characteristics of all asphalt concretes under research.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801 – 98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань. К.: Держбуд України, 2000. – 45с.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.

Literature

1. DSTU B V.2.7-89-99 (GOST 12801 – 98) Construction materials. Materials containing organic binders for road and airdrome construction. Test methods. K.: Derzhbud of Ukraine, 2000. – 45p.
2. VBN B.2.3-218-186-2004. Transport structures. Flexible pavement. K.: Ukravtodor, 2004. – 176 p.

Рецензенти:

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Mozhovi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **23.09.2016 р.**

УДК 625.7/.8:338

Заворотний С.М.

МОНІТОРИНГ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ДОВГОСТРОКОВИХ КОНТРАКТІВ НА УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. В даній статті розглядаються питання, пов'язані з моніторингом показників якості довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках (ДККП). Виконано аналіз класифікації моніторингу та його основних видів. Визначені виконавці моніторингу і періодичність його проведення. Коротко розглянуто питання пов'язані з стимулюванням роботи виконавця контракту, зокрема накладання штрафів за недотримання умов контракту (показників якості) та наведений приклад їх розмірів в Аргентині.

Об'єкт дослідження – довгострокові контракти, засновані на кінцевих показниках (надалі - ДККП).

Предмет дослідження – моніторинг ДККП.

Мета дослідження – проаналізувати основні способи моніторингу показників якості для ефективного використання довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках в дорожній галузі України.

Методи дослідження – аналітичний.

Ключові слова: довгострокові контракти, засновані на кінцевих показниках; моніторинг; показники якості; дефекти; підрядник; замовник; виконавець.

UDC 625.7/.8:338

Zavorotnyi S.M.

MONITORING OF OUTPUT PERFORMANCE BASED ROAD MAINTENANCE CONTRACTS

Abstract. This article addresses issues related to monitoring Output Performance Based Road Maintenance Contracts (OPRC). Analysis of classification monitoring and its the main types. Defined responsible for monitoring and the periodicity of its. Briefly discussed issues related to the stimulation of the performer of contract, including the imposition of fines for failure to comply contract terms (performance indicators) and shown the example of their size in Argentina.

The object of study – Output Performance based Road Contracts. (in the future - OPRC).

Subject of study – monitoring of OPRC.

The purpose of the study – analyze the basic ways of monitoring of performance indicators for effective use of Performance Based Road Contracts in the road sector in Ukraine.

Research methods – analytical.

Key words: output performance based road maintenance contracts; monitoring; performance indicators; defects; contractor; customer; performer.

УДК 625.7/8:338

Заворотный С.М.

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДОЛГОСРОЧНЫХ КонтРАКТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с мониторингом показателей качества долгосрочных контрактов, основанных на конечных показателях (ДККП). Выполнен анализ классификации мониторинга и его основные виды. Определены исполнители мониторинга и периодичность его проведения. Кратко рассмотрены вопросы, связанные со стимулированием работы исполнителя контракта, в том числе наложение штрафов за несоблюдение условий контракта (показателей качества) и приведен пример их размеров в Аргентине.

Объект исследования – долгосрочные контракты, основанные на конечных показателях (ДККП).

Предмет исследования – мониторинг ДККП.

Цель исследования – проанализировать основные способы мониторинга показателей качества для эффективного использования долгосрочных контрактов, основанных на конечных показателях в дорожной отрасли Украины.

Методы исследования – аналитический.

Ключевые слова: долгосрочные контракты, основанные на конечных показателях; мониторинг; показатели качества; дефекты; подрядчик; заказчик; исполнитель.

Постановка проблеми

Відповідно до процесу реформи системи державного управління автомобільними дорогами загального користування в Україні спостерігається поступовий перехід від традиційних контрактів експлуатаційного-утримання автомобільних доріг до довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках (надалі - ДККП) [1]. Даний тип контрактів відрізняється від попереднього тим, що головним критерієм оцінки буде не обсяг виконаної роботи, а належний рівень показників якості, які визначаються на стадії розробки контракту [1]. Внаслідок цього цей підхід потребує зовсім іншого відношення до процесу управління та контролю процедури прийняття контракту та проведення робіт.

Для забезпечення якісної і ефективної роботи ДККП потрібно виконувати моніторинг показників якості. За допомогою цієї процедури контролюється відповідність наданих послуг і забезпечується можливість прогнозування розвитку подій, що дозволяє виконувати заходи для утримання достатнього рівня показників якості та усунення можливості їх зниження за допустимі показники вказані в контракті [2].

Тому моніторинг потребує великого досвіду, врахування значної кількості аспектів та

Formulation of the problem

According to the process of reform of the system of state administration of motor roads of General use in Ukraine there is a gradual transition from traditional contract maintenance and maintenance of roads to Output Performance Based Road Maintenance Contracts (in the future - OPRC) [1]. This type of contracts differs from previous ones in that the main criterion is not the amount of work done, and the appropriate level of quality indicators, which are determined at the stage of contract drafting [2]. Consequently, this approach requires a completely different attitude to the process of control and monitoring procedure for the adoption of the contract and the work.

To ensure quality and efficient work OPRC need to monitor performance indicators. With this procedure, is possible to control compliance services rendered and provide the ability to predict future developments that allows to perform maintenance activities for a sufficient level of performance indicators and eliminate opportunities of their lowering the permissible indicators specified in the contract [2].

Therefore, monitoring requires a lot of experience, given the significant number of

ефективної управлінської діяльності для нормальної роботи проекту, особливо на початкових етапах впровадження (реалізації) ДККП [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Підчас аналізу основних досліджень та публікацій було визначено, що даним питанням займалися такі дослідники як: Н. Станкевич, А. S. Al-Kathairi, Z. Alyami та інші. Велику увагу даному питанню було присвячено в методичних рекомендаціях з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування, розробниками яких є: О.П. Канін, А.М.Харченко.

Постановка завдання

Завданням цієї статті є розгляд та аналіз основних видів моніторингу ДККП та умов його проведення. А також визначення потреби створення системи штрафів та преміювання виконавця.

Виклад основного матеріалу

Для кращого розуміння даного питання спочатку потрібно краще зрозуміти значення поняття «моніторинг» в форматі ДККП та дорожнього господарства загалом. Для цього розглянемо його найбільш поширені визначення [3, 4]:

1) Моніторинг – це безперервний процес спостереження і реєстрації параметрів об'єкта, в порівнянні з заданими критеріями [3].

2) Моніторинг - це комплекс наукових, технічних, технологічних, організаційних та інших засобів, які забезпечують систематичний контроль (стеження) за станом та тенденціями розвитку системи, яка підлягає контролю [4].

3) Моніторинг - система збору/реєстрації, зберігання та аналізу невеликої кількості ключових (прямих або непрямих) ознак/параметрів опису даного об'єкта для винесення судження про поведінку/стан даного об'єкта в цілому [3].

aspects and effective management of the activities for normal operation of the project especially in the initial stages of implementation (execution) OPRC [1].

Analysis of recent research and publications

During the analysis of the basic research and publications, it was determined that with this issue engaged in researchers such as: N. Stankevich, A. S. Al-Kathairi, Z. Alyami and others. Much attention has been devoted to this issue in Methodical recommendations of management of roads performance based long-term contracts with the current minor repairs and maintenance of roads in terms of level of their service [2], developers which are: Kanin A.P., Kharchenko A.N.

Setting objectives

The task of this article is to review and analyze the main types of monitoring OPRC and conditions for its implementation. And also identifying the needs creating a system of penalties and bonuses performer.

The main material

For a better understanding of this issue first need to better understand the meaning of "monitoring" in the format of OPRC and road sector in general. For this we consider its most common definition [3, 4]:

1) Monitoring – a continuous process of observation and registration parameters of the object, compared with to the set criteria [3].

2) Monitoring – a set of scientific, technical, technological, organizational and other means, which ensure a systematic control (tracking) the state and tendencies of development of the system, which is subject to control [4].

3) Monitoring – collection system or registration, storage and analysis of a small number of key attributes / parameters (direct or indirect) of describing the object for making judgments about the behavior condition of the object as a whole [3].

Отже Моніторинг показників якості в ДККП – це процес збору, реєстрації, зберігання та аналізу показників якості автомобільної дороги за допомогою комплексу наукових, технічних, технологічних організаційних та інших засобів, з метою їх подальшого порівняння з умовами контракту, для контролю процесу реалізації проекту, регулювання роботи виконавця та надання якісних послуг користувачам мережі автомобільних доріг.

На території України нормативним документом, що регламентує вимоги до моніторингу у дорожньому господарстві є ДСТУ 3587-97, П Г.1-218-113:200 [2]. Моніторинг ДККП можна класифікувати за двома ознаками: виконавцем і періодичністю його проведення (рисунок 1).

Моніторинг показників якості може бути виконаний трьома наступними виконавцями [2,5,6]:

1. Моніторинг підрядником.

В даному випадку підрядник повинен надавати замовнику щомісячні та річні звіти про результати діяльності. Для впевненості в правильному виконанні оцінки (моніторингу), замовник може приєднується до виконавця підчас збору даних (проводить вибіркові перевірки). За допомогою таких дій замовник буде впевнений в тому, що підрядник подає належну документацію, в якій присутня достовірна інформація.

Значною перевагою такого підходу є більша економічність в порівнянні з іншими методами та зміцнення партнерських відносин між сторонами.

2. Моніторинг замовником.

Цей моніторинг передбачає виконання періодичних перевірок мережі замовником. На додаток до цих дій, замовник може включити випадкові (неоголошені) інспекції. Але на відміну від попереднього способу, коли замовник виконує дану роботу з виконавцем і відносини між ними тільки покращуються, цей підхід включає появу представників замовника без попереджень. Це може негативно відобразитися на відносинах між учасниками, але замовник буде на всі 100% впевнений в якості роботи і достовірності даних. Хоча даний підхід має значний недолік, його перевагою є зниження ризику замовника і забезпечення точними даними щодо

So monitoring of performance indicators in OPRC - is a process of collecting, recording, storing and analyzing quality indicators of road by means the complex of scientific, technical, technological, organizational and others for control the process of project implementation regulation of the performers and provide quality services to users of the road network.

In territory of Ukraine the normative document, which regulates the monitoring requirements in road sector is GOST 3587-97, P H.1-218-113:200 [2]. Monitoring OPRC can be classified according to two criteria: the contractor and the periodicity (figure 1).

Monitoring quality indicators can be performed following three performers [2,5,6]:

1. Monitoring by contractor.

In this case, the contractor must provide the customer monthly and annual reports about results of work. To ensure a correct performance evaluation (monitoring), the customer joins the contractor at the time of data collection (conducting spot checks). With these actions the customer will be sure that the contractor delivers the proper documentation in which there is reliable information.

A major advantage of this approach is that it is more economical compared to other methods and strengthening partnerships between the parties.

2. Monitoring by customer.

This monitoring involves performing by road agency periodic inspections of road sections. In addition to these actions, the customer can include random (unannounced) inspections. But unlike the previous method when the customer carries out this work with the performer and the relationship between them only improved, this approach involves the appearance of representatives of the customer without notice. It may have a negative impact on the relations between the parties, but the customer will be 100% confident in the quality of work and reliability of the data. While this approach has a significant drawback, its advantage is reducing the risk

показників якості і стану обслуговуваної мережі

3. Моніторинг незалежною стороною.

Останній підхід пропонує, для проведення моніторингу, використовувати послуги незалежної третьої сторони. Даний метод забезпечує найбільшу об'єктивність показників і унеможливорює виникнення конфліктних ситуацій, що можуть вплинути на якість роботи. Це також залишає місце для розвитку сильних партнерських відносин, так як тягар перевірок бере на себе незалежний оцінювач, проте поряд з цим збільшується вартість робіт.

Відповідно до Методичних рекомендацій [2] в Україні за періодичністю моніторинг для виконання контрактів ДККП поділяється на:

- щомісячний моніторинг (передбачає вибіркову перевірку 10 % мережі);
- щотижневий моніторинг (передбачає перевірку випадкових 5 % мережі);
- позаплановий моніторинг (виконується з метою контролювання роботи підрядника у разі великої кількості скарг користувачів мережі);
- додатковий моніторинг (виконується для перевірки якості виправлених недоліків).

Проведений моніторинг забезпечує визначення: якості робіт; рівня безпеки; економічну ефективність; екологічний стан; рівень наданих послуг то що [2]. Також велику увагу при проведенні моніторингу потрібно звернути на відгуки користувачів. Таким чином система повинна мати налагоджений і прозорий апарат зв'язку з суспільством, що може допомогти вчасно знайти недоліки і порушення.

Всі дані моніторингу, а також фото і відео матеріали використовують для складання: звітів, актів виконаних робіт, фото і відео звітів та іншої документації передбаченої контрактом (наприклад: звіт про екологічний стан мережі; річний звіт обстеження т.п.) [2]. На основі цієї документації замовник аналізує якість роботи виконавця і дотримання ним умов контракту. Якщо підрядник добросовісно виконує свої обов'язки він продовжує діяти в тому ж режимі.

of the customer and provision of accurate data regarding the quality and condition of the serviced network.

3. Monitoring by independent appraiser.

The latter approach proposes for the monitoring, to involve an independent third party. This method provides the most objective indicators and prevents conflict situations that may affect the quality of work. It also leaves a place for the development of strong partnerships, as the burden of inspections takes on the independent appraiser, but cost of works can increase.

According to the Methodological guidelines [2] in the Ukraine for frequency of monitoring for OPRC contracts is divided into

- monthly (spot check 10 % of the network);
- weekly (checking a random 5 % of the network);
- additional (in the case of constant user complaints);
- unplanned (to check the quality correction of deficiencies).

The conducted monitoring allows definition: quality of work; level of safety; economic efficiency; environmental condition; the level of services provided, etc. [2]. Also a lot of attention during the of monitoring should be paid to user feedback. Thus the system should have adjusted and a transparent communication apparatus of society that may help in time to find flaws and violations.

All the monitoring data, and video and photo materials used for compilation of: reports of acts of performed works, photo and video reports and other documents stipulated in the contract (for example, a report on the ecological state of the network, the annual report of inspection, etc.) [2]. Based on this documentation, the customer analyzes the quality of work of the contractor and compliance with the terms of the contract. If the contractor performs his duties in good faith, he continues to act in the same mode.

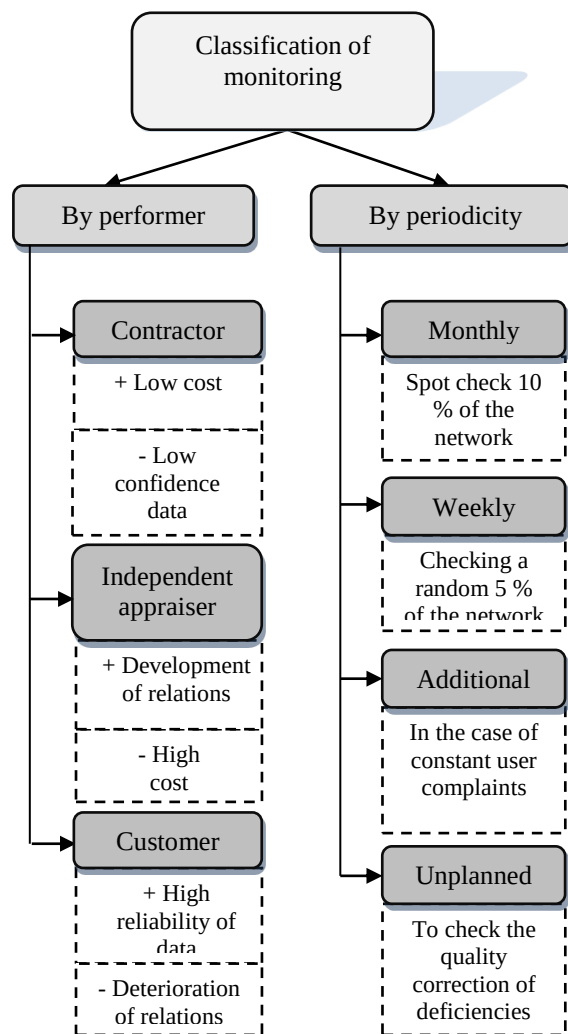


Рисунок 1 – Класифікація моніторингу [2,5,6]

Figure 1 - Classification of monitoring [2,5,6]

За перевиконання роботи підрядник може отримати премію, якщо це зазначено в умовах контракту. В разі негативного виконання роботи він повинен буде негайно усунути дефекти. За неякісну роботу і невчасне виправлення недоліків виконавець може одержати штраф в розмірі, який вказаний в контракті.

Зазвичай, в традиційних контрактах, штрафи не передбачаються, але такий підхід збільшує ризик замовника і не забезпечує можливості покарання виконавця, в разі погано чи невчасно виконаних робіт. Тому в ДККП рекомендується використовувати систему штрафів, яка забезпечить фінансову відповідальності виконавця [7].

Передбачається, що штрафи повинні застосовуватися за недотримання показників якості. Зазвичай штрафи не накладаються на протязі перших місяців після підписання

For exceeding work, the contractor may receive the award, if specified in the terms of the contract. In case of a negative implementation of work he should be immediately eliminate defects. As a result of substandard work and failure to correct deficiencies performer can receive a fine in the amount specified in the contract.

Usually, in traditional contracts, penalties are not provided, but this approach increases the risk of the customer and does not provide the possibility of punishment performer, if poorly or not timely completed works. So in OPRC recommended to use a system of fines, which will provide financial responsibility of performers [7].

It is assumed that the fines should be used for failure to comply performance indicators. Typically, fines are not used during the first months after signing the

контракту, для ознайомлення з ними виконавця. Це забезпечує можливість виправлення помилок виконавцем, без фінансових втрат.

Якщо під час моніторингу на протязі декількох років (в Україні 2-х) за виконавцем помічені постійні недоліки, а їх виправлення виконується невчасно, замовник має всі підстави для розірвання контракту і припинення співпраці з виконавцем навіть якщо термін дії контракту не закінчився [2]. Приклад розмірів штрафів в Аргентині станом на 2004-2005 рр. наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Штрафи при утриманні автомобільних доріг в Аргентині, 2004-2005 рр. (адаптовано з [8])

№ п.п.	Параметри	Показники якості	Розмір штрафу, долар США
1	2	3	4
1.	Вибійни	Усунені на 100 %	500/день/ шт
2.	Розшарування асфальто-бетонного покриття	Усунено на 100 %	250/ тиждень/ км
3.	Узбіччя з покриттям	Вибійни з розшаруванням - відсутні. Руйнування кромки-відсутні Тріщини усунені на 100 %	500/тиждень/км
4.	Узбіччя без покриття	Відсутність ерозії та колій. Забезпечений достатній поперечний похил. Руйнування кромки не більше 2 см. Ширини узбіччя більше або = 3 м	500/тиждень/км

contract, to enable adaptation contractor. This provides the possibility of correcting errors by the contractor, without financial losses.

If during the of monitoring for several years (in Ukraine 2 years) the contractor exercised errors and their correction is done in bad time, the customer has every reason for contract termination and the termination of cooperation with the contractor even if the term validity of the contract has not expired [2]. Examples of fines which were used in Argentina in 2004-2005 years are shown in Table 1.

Table 1 -Example of fines in Argentina in 2004-2005 years (adapted from [8])

Position number	Parameter	Performance Requirements	Amount of the fine, US dollar
1	2	3	4
1.	Pothole	100% patched	500/day/ pothole
2.	Stratification of asphalt pavement	eliminated 100%	250/week/ km
3.	Shoulder coated	Pothole/raveling-havent. Edge break-havent. Cracks eliminated 100%	500/week/km
4.	Curb without cover	No erosion, no rut, good transversal slope. Edge break no more than 2 sm. Shoulder width more or = 3 m.	500/week/km

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
5.	Догляд за кущами	Висота не більше 15 см на протязі 15 м	50/тиж- день/ га
6.	Очищення дренажної системи та прибирання мостів	Добре очищені дренажні системи та безперешкодний рух по мосту	250/ день/км
7.	Прибирання смуги відведення	Відсутність будь якого сміття, та підтримка зеленої зони	250/ день/км
8	Вертикальна розмітка	В гарному стані, розпізнається в денний та нічний час	50/ день/шт
9.	Освітлення	В гарному стані	50/ день/шт

Continuation of Table 1

1	2	3	4
5.	Caring for the bushes	Height no more than 15 cm at a distance of 15 m	50/ha/ week
6.	Cleaning draining systems and bridges	Well cleaned draining system and unhindered traffic on the bridge	250/ day/km
7.	Cleaning of Right-of-Way	No debris; maintain green areas	250/ day/km
8.	Vertical Signs	In good condition, and visible day and night	50/day/sign
9.	Lighting	In good condition	50/day/l igh

Висновки

В Україні документом який вказує вимоги щодо моніторингу є ДСТУ 3587–97, П Г.1-218-113:200. Відповідно до того хто виконую моніторинг існують такі три типи моніторингу як моніторинг підрядником, моніторинг замовником та моніторинг третьою стороною (незалежний оцінювач). В Україні за періодичністю запропоновано проводити щомісячні, щотижневі, позапланові та додаткові моніторинги.

Для стимулювання якісної роботи підрядника в ДККП потрібно передбачати систему штрафів та преміювання. За неякісну роботу та невчасне виправлення дефектів на протязі 2-х років замовник може припинити співпрацювати з виконавцем.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Безуглий А.О., канд. екон. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Savenko V., Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Bezuhlyi A.O., Cand.Econom. Sci., "DerzhdorNDI".

Conclusions

In Ukraine documents that indicates requirements for monitoring is GOST 3587-97, P H.1-218-113 200. Accordingly, to the one who performs the monitoring, the following three types of monitoring as: monitoring by contractor, monitoring by customer and monitoring by third party (independent appraiser). In Ukraine, the periodicity proposed to carry out: monthly, weekly, unplanned and additional monitoring.

To encourage high-quality work of the contractor in OPRC need to provide a system of penalties and bonuses. For substandard work and failure to correct defects within 2 years the customer can stop the work of the performer.

Стаття надійшла до редакції: 19.10.2016 р.



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 388.1

Ілляш С.І., Тимошук О.Ю.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРТІСНИХ АСПЕКТІВ БУДІВНИЦТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Анотація. Тенденція до збільшення інтенсивності руху на автомобільних дорогах загального користування та навантаження на вісь транспортних засобів, змушує науковців дорожньої галузі розробляти науково-обґрунтовані методи для збереження існуючої та розвитку нової транспортної мережі України. Одним із можливих варіантів для вирішення таких задач є будівництво автомобільних доріг із жорстким (цементобетонним) покриттям. Але будь-яке рішення має бути обґрунтоване з урахуванням технічних та економічних складових. В даній статі наведено результати дослідження вартісних аспектів будівництва цементобетонних дорожніх покриттів.

Об'єкт дослідження – конструкції дорожнього одягу автомобільної дороги різних типів.

Мета роботи – визначення доцільності будівництва цементобетонних покриттів шляхом техніко-економічного порівняння різних варіантів конструкцій дорожнього одягу.

Методи дослідження – аналітичний, розрахунковий, порівняльний.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожній одяг, техніко-економічне порівняння, нове будівництво, цементобетон.

UDC 388.1

RESEARCH OF COST ASPECTS OF CEMENT PAVEMENTS CONSTRUCTION

Abstract. The tendency to increasing traffic volume on public roads and to increased axle loads of vehicles makes the road scientists to develop scientifically justified methods for preserving the existing and developing the new transport network of Ukraine. One of the options for solving such issues is the construction of roads with rigid (cement concrete) pavement. However, any solution must be justified considering technical and economic components. This paper presents the results of the research of cost aspects of cement pavements construction.

The object of study – construction of pavement road different types.

Purpose – determine the feasibility of building cement coating by technical and economic comparison of different options of pavement structures.

Research methods – analytical, current, comparative.

Keywords: highway, road pavement, feasibility comparison, new construction, cement concrete.

УДК 388.1

Илляш С.И., Тимошук А.Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОИМОСТНЫХ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. Тенденция к увеличению интенсивности движения на автомобильных дорогах общего пользования и нагрузки на ось транспортных средств, заставляет ученых дорожной отрасли разрабатывать научно-обоснованные методы для сохранения существующей и развития новой транспортной сети Украины. Одним из возможных вариантов для решения таких задач является строительство автомобильных дорог с жестким (цементобетонным) покрытием. Но любое решение должно быть обосновано с учетом технических и

экономических составляющих. В данной статье приведены результаты исследования стоимостных аспектов строительства цементобетонных дорожных покрытий.

Объект исследования – конструкции дорожной одежды автомобильной дороги различных типов.

Цель работы – определение целесообразности строительства цементобетонных покрытий путем технико-экономического сравнения различных вариантов конструкций дорожной одежды.

Методы исследования – аналитический, расчетный, сравнительный.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, технико-экономическое сравнение, новое строительство, цементобетон..

Вступ

Динамічне зростання інтенсивності руху на автомобільних дорогах загального користування та навантаження на вісь транспортних засобів, що спостерігається в Україні протягом останнього десятиліття, вимагає безперервного розвитку дорожньої мережі, вдосконалення конструкцій дорожніх одягів. Невідповідність стану автомобільних доріг вимогам транспортного потоку знижує швидкість руху, збільшує зношування автомобілів і витрати на їх ремонт, підвищує витрати палива, спричиняє зниження рівня безпеки руху та зростанню кількості дорожньо-транспортних пригод.

Основна частина

Сучасні конструкції автомобільних доріг і технології їх будівництва засновані на двох альтернативних, конкуруючих типах дорожнього покриття – асфальтобетонним і цементобетонним.

Значне зменшення термінів служби асфальтобетонних покриттів, яке викликане динамічним зростанням інтенсивності руху на основних магістральних автомобільних дорогах спричиняє постійний пошук альтернативи будівництва автомобільних доріг з асфальтобетонними покриттями. Одним із альтернативних варіантів для вирішення таких задач є будівництво автомобільних доріг із жорстким (цементобетонним) покриттям.

З метою визначення доцільності використання окремого типу дорожнього одягу при будівництві автомобільної дороги було виконано техніко-економічне порівняння різних варіантів конструкцій.

Introduction

The dynamic growth of traffic volume on public roads and increased axle loads of vehicles that has been observed in Ukraine over the past decade requires continuous development of the road network and upgrading the road pavement designs. Unavailability of highways to traffic flow demands results in speed reduction, increased wear of motor vehicles and growth of repair costs, causes increased fuel consumption and reduced traffic safety level, as well as an increased number of traffic accidents.

Main part

Modern road design and construction technologies are based on two alternative competing pavement types - asphalt and cement pavements.

Significant reduction in service life of asphalt pavements which is caused by the dynamic growth of traffic volume on major trunk roads stimulates a constant search for an alternative to the construction of highways with asphalt pavement. One of the alternatives to solve such issue is the construction of roads with rigid (cement concrete) pavement.

In order to determine the feasibility of using a particular type of pavement for the construction of the highway a feasibility comparison study of different design options was fulfilled.

Розрахунок конструкцій дорожніх одягів

Дорожні одяги не залежно від типу необхідно розраховувати з урахуванням складу транспортного потоку, перспективної інтенсивності руху до кінця строку служби одягу, ґрунтових, гідрогеологічних і природно-кліматичних умов.

Дорожній одяг нежорсткого типу (асфальтобетон) конструюють з урахуванням надійності конструкції дорожнього одягу.

Конструювання та розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу виконаний згідно з ВБН В.2.3-218-186 [1].

Проектування дорожнього одягу жорсткого типу (цементобетон) виконане згідно з ВБН В.2.3-218-008 [2]. В розрахунковій частині визначається розрахункове і нормативне навантаження, розміри основних конструктивних елементів (товщина і довжина плит, товщина шарів основи, армування плит і шарів, відстань між швами розширення) для різних видів покриття, категорій доріг, для будь-яких величин транспортного навантаження, ґрунтових і природно-кліматичних умов.

Методологія оцінки порівняння конструкцій дорожніх одягів

Визначення ефективності різних варіантів конструкцій дорожніх одягів здійснене шляхом порівняння трудових та матеріально-технічних витрат, які мають місце протягом всього порівняльного строку (T).

Розглянуті варіанти конструкцій дорожніх одягів розрізняють між собою за типами конструкцій, так і за методами організації їх експлуатаційного утримання протягом строку T (враховані відмінні особливості експлуатаційного утримання дорожніх одягів жорсткого та нежорсткого типів).

Оцінку ефективності влаштування і експлуатації конструкцій дорожніх одягів виконано в розрахунку на 1 пог. км з параметрами і умовами функціонування автомобільної дороги визначеної категорії.

В якості критерію оцінки порівняльної ефективності влаштування і експлуатації

Calculation of pavement design

Regardless of the type, road pavement is to be calculated considering the composition of traffic flow, predicted traffic volume by the end of its service life, as well as geological and climatic conditions.

Non-rigid type of pavement (asphalt concrete) is designed considering the reliability of pavement structure.

Design and calculation of non-rigid pavement type is fulfilled in accordance with the Departmental Construction Norms VBN V.2.3-218-186 [1].

Design of rigid pavement type (cement concrete) is fulfilled in accordance with VBN V.2.3-218-008 [2]. The calculation includes the definition of design and standard loads, the size of basic structural elements (thickness and length of slabs, thickness of foundation layers, reinforcement plates and layers, distance between expansion joints) for different types of pavement, road categories, for any traffic loads, soil and climatic conditions.

Methodology of pavement designs comparing assessment

Defining the effectiveness of different pavement design options is carried out by comparing labor and material costs incurred throughout the comparative period (T).

Pavement design options under consideration are distinguished by the design type and by their operating maintenance methods during the period T (the distinctive features of operating maintenance of rigid and non-rigid pavement types are taken into account). Evaluation of the effectiveness of placement and operation of road pavement designs is fulfilled per 1 running. km basing on the parameters and operation conditions of a certain road category.

As a criterion for assessing the

дорожніх одягів різних типів використане мінімальне значення показника інтегральних витрат $B_{заг}$, який включає:

- вартість нового будівництва дорожнього одягу;
- витрати на капітальний та поточні ремонти дорожнього одягу;
- витрати на експлуатаційне утримання дорожнього одягу;

Розрахунок i -му році, починаючи з наступного року після початку нового будівництва дорожнього одягу, здійснений з урахуванням безризикової норми дисконту E (у відносних одиницях виміру).

Для порівняння витрат на нове будівництво, ремонти і експлуатаційне утримання конструкцій дорожніх одягів різного типу використано наступну формулу:

$$B_{заг} = B_{б\ddot{y}д} + B_{кр} \times (1+E)^t + \sum_{i=1}^n [B_{пс} \times (1+E)^t] \times n + \sum_{i=1}^m [B_{по_ey} \times (1+E)^t] \times m + \sum B_{сЕ}^P \times (1+E)^t$$

$B_{б\ddot{y}д}$ – вартість нового будівництва 1 км дорожнього одягу;

$B_{кр}$ – витрати на капітальний ремонт дорожнього одягу;

$B_{пс}$ – витрати на поточні середні ремонти дорожнього одягу;

n – кількість поточних середніх ремонтів, які виконуються на протязі порівняльного строку T ;

$B_{по_ey}$ – витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожнього одягу;

$B_{сЕ}^P$ – втрати користувачів доріг при виконанні ремонтних робіт.

m – кількість років експлуатаційного утримання дорожнього одягу автомобільної дороги за обраним варіантом виконання робіт;

E – безризикова норма дисконту у відносних одиницях виміру;

$(1+E)$ – коефіцієнт дисконтування витрат.

З урахуванням вихідної інтенсивності дорожнього руху розраховані альтернативні варіанти конструкції дорожніх одягів з нежорсткого та жорсткого типу.

comparative effectiveness of placement and operation of various road pavement types the minimum value of integrated costs B_{gen} is used which includes:

- The cost of new construction of road pavement;
- Costs for capital and current repairs of road pavement;
- Costs for operational maintenance of road pavement;

Calculation of reduced costs in the i -th year starting with the next year following the beginning of the new pavement construction is carried out considering the risk-free discount rate E (in relative units).

For comparison of the costs for the new construction, repair and operational maintenance of pavement designs of various types the following formula is used:

$$B_{gen} = B_{con} + B_{mj} \times (1+E)^t + \sum_{i=1}^n [B_{mid} \times (1+E)^t] \times n + \sum_{i=1}^m [B_{mid+op} \times (1+E)^t] \times m + \sum B_{user} \times (1+E)^t$$

B_{cons} – the cost of new construction of 1 km of pavement;

B_{Mj} – the costs for major repairs of pavement;

B_{Mid} – the costs for current mid-life repairs of pavement;

n - the number of current mid-life repairs performed during the comparative period T ;

B_{Mid+Op} – the costs for current mid-life repairs and operating maintenance of pavement;

B_{User} – the losses of road users when performing repair works.

m – the number of years of operating maintenance of pavement of the highway when using the selected option of works fulfillment;

E – the risk-free discount rate in relative units;

$(1 + E)$ – the discount rate costs.

Considering the initial traffic volume, the alternative options of non-rigid and rigid pavements design types were calculated.

Таблиця 1 – Вихідні дані

№ п/п	Вихідні дані	Тип конструкції дорожнього одягу	
		нежорст- кий	жорст- кий
1	Початок виконання робіт, рік	2014	2014
2	Категорія дороги	II	II
3	Початкова інтенсивність дорожнього руху на ділянці, авт./добу	5000	5000
4	Дорожньо-ліматична зона	У-II	У-II
5	Міжремонтні строки для дороги (рі):		
	- поточний середній ремонт після будівництва (другий поточний)	6 (17)	9 (18)
	- капітальний ремонт	12	21
6	Піріст інтенсивності дорожнього руху, %	4	4
7	Норма дисконту, %	5	5

Конструкція дорожнього одягу нежорсткого типу прийнята з урахуванням вимог ВБН В.2.3-218-186 [1] та складається з наступних шарів (рис. 1).

Конструкція дорожнього одягу жорсткого типу прийнята з урахуванням вимог ВБН В.2.3-218-008 [2] та складається з наступних шарів (рис. 2).

Витрати на спорудження та утримання земляного полотна, влаштування облаштування та елементів обстановки при проведенні техніко-економічного порівняння не враховувались, оскільки вони будуть однаковими для обох варіантів.

Table 1 – Initial data

№	Initial data	Road pavement design type	
		Non-rigid	Rigid
1	Beginning of works fulfillment, year	2014	2014
2	Road category	II	II
3	Initial traffic volume on the section, vehicles/day	5000	5000
4	Road-climatic zone	Y-II	Y-II
5	Interrepair time for roads (year):		
	- current mid-life repair after construction (second current repair)	6 (17)	9 (18)
	- capital repair	12	21
6	Growth of traffic volume, %	4	4
7	Discount rate, %	5	5

Non-rigid pavement design type is adopted on the basis of the requirements of VBN V.2.3-218-186 [1] and consists of the following layers (fig. 1).

Rigid pavement design type is adopted on the basis of the requirements of VBN V.2.3-218-008 [2] and consists of the following layers (fig. 2).

The costs for the construction and maintenance of subgrade, placing and arrangement of road equipment elements during the feasibility comparison study were not taken into account because they are the same for both options.

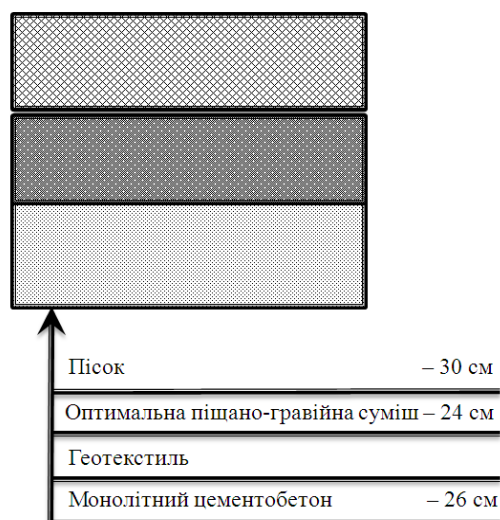


Рисунок 1 – Конструкція дорожнього одягу нежорсткого типу

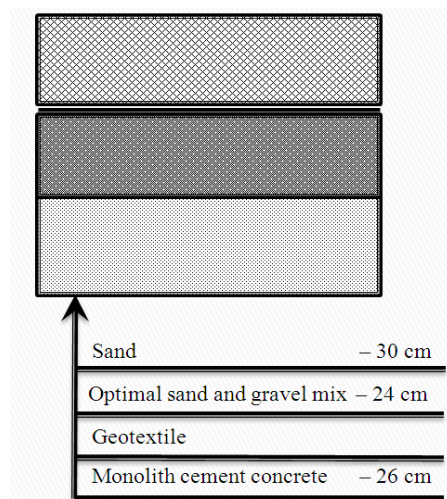


Figure 1 - Non-rigid pavement design type

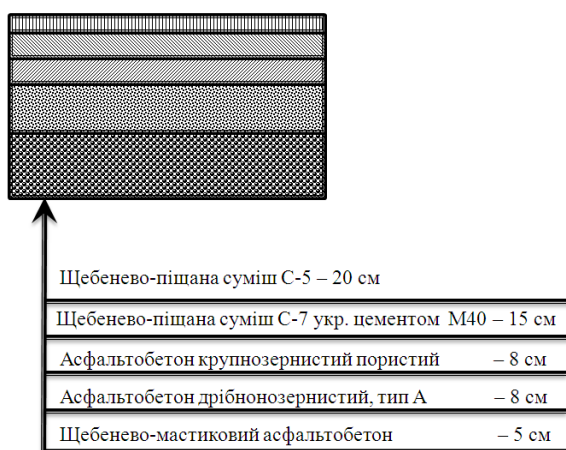


Рисунок 2 – Конструкція дорожнього одягу жорсткого типу

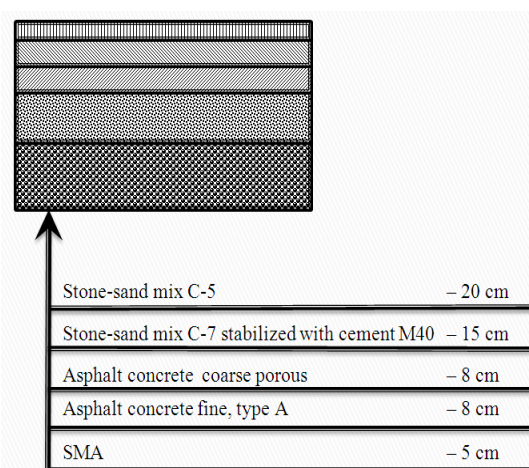


Figure 2 - Rigid pavement design type

Технологічна послідовність виконання робіт прийнята з урахуванням вимог чинних норм та правил [3] і технологічних карт.

Розрахунок вартості витрат на капітальний та поточний ремонт конструкції дорожнього одягу

Нежорсткий тип конструкції дорожнього одягу
Відповідно до табл. 2 ВБН Г.1-218-050 [4] перший після нового будівництва поточний середній ремонт виконується через 6 років експлуатації автомобільної дороги.

Капітальний ремонт конструкції дорожнього одягу відповідно до таблиці 1 ВБН Г.1-218-050 [4] виконується через 12 років експлуатації автомобільної дороги.

Наступний поточний середній ремонт виконується через 5 років експлуатації після

Process sequence of works performance, the associated machines and mechanisms were adopted to meet the requirements of existing standards and regulations [3] and flow charts.

Calculation of costs for capital and current repairs of pavement design

Non-rigid pavement design type

According to Table 2 VBN G.1-218-050 [4], the first current mid-life repair after the new construction is carried out after 6 years of the highway operation.

According to Table 1 VBN G.1-218-050 [4], capital repair of pavement design is performed after 12 years of the highway operation.

The next current mid-life repair is performed after 5 years of operation

капітального ремонту відповідно до табл. 2 ВБН Г.1-218-050 [4] – 17 рік експлуатації автомобільної дороги.

Жорсткий тип конструкції дорожнього одягу

Технологічна послідовність виконання робіт приймається з урахуванням вимог МР В.3.2-218-03449261-674 [5].

Відповідно до табл. 2 ВБН Г.1-218-050 [4] перший після нового будівництва поточний середній ремонт виконується на 9 рік експлуатації автомобільної дороги.

Наступний поточний середній ремонт виконується через 7 років відповідно до табл. 2 ВБН Г.1-218-050 [4] після 1-го поточного середнього ремонту – 16 рік експлуатації автомобільної дороги.

Капітальний ремонт дорожнього одягу не враховується, оскільки порівняльний строк становить 20 років.

На основі вихідних даних, визначаються зведені витрати на будівництво і забезпечення функціонування різних типів конструкції дорожнього одягу автомобільної дороги. Порівняння витрат на нове будівництво і утримання 1 км конструкцій дорожнього одягу жорсткого та нежорсткого типу наведено на рис. 3.

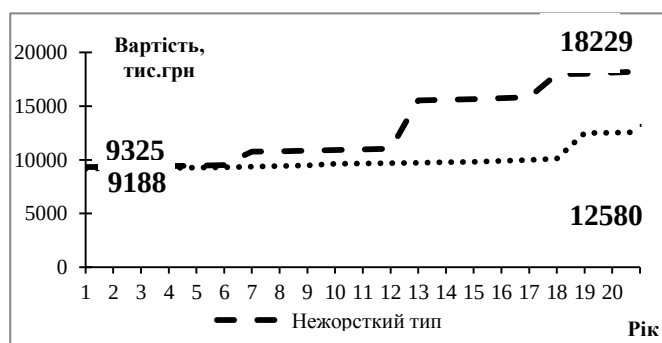


Рисунок 3 – Порівняння витрат на нове будівництво і утримання 1 км конструкцій дорожнього одягу жорсткого та нежорсткого типу

ДП «ДерждорНДІ» з II кварталу 2012 року проводить моніторинг змін цін на основні дорожньо-будівельні матеріали. Динаміка зміни цін на асфальтобетонну та бетонну суміші, протягом 2012 - III кварталу 2016 років наведено на рисунках 4 та 5.

after capital repair, according to Table 2 VBN G.1-218-050 [4], that is the 17th year of the highway operation.

Rigid pavement design type

Process sequence of works performance is adopted to meet the requirements of the Guidelines MR V.3.2-218-03449261-674 [5].

According to Table 2 VBN G.1-218-050 [4], the first current mid-life repair after the new building is to be performed during the 9th year of the highway operation.

The next current mid-life repair is to be performed in 7 years, according to Table 2 VBN G.1-218-050 [4] after the **first current** mid-life repair- that is the 16th year of the highway operation.

Major repair of pavement is not taken into account, as a comparative term is 20 years.

Based on the initial data, consolidated construction costs for the construction and functioning of different road pavement design types are defined. Comparison of new construction and maintenance costs of 1 km of pavement of rigid and non-rigid design types shown in Figure 3.

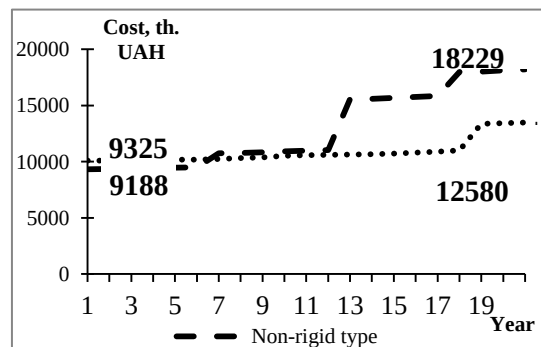


Figure 3 – Comparison of new construction and maintenance costs of 1 km of pavement of rigid and non-rigid design types

Starting with the second quarter of 2012, DerzhdorNDI SE monitors changes in prices of basic road construction materials. Dynamics of price of asphalt and concrete mixes during the period from 2012 through the third quarter of 2016 are shown in Figures 4 and 5.

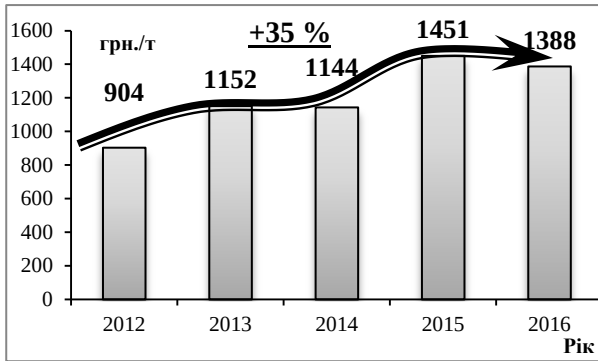


Рисунок 4 – Динаміка зміни ціни на асфальтобетонну суміш

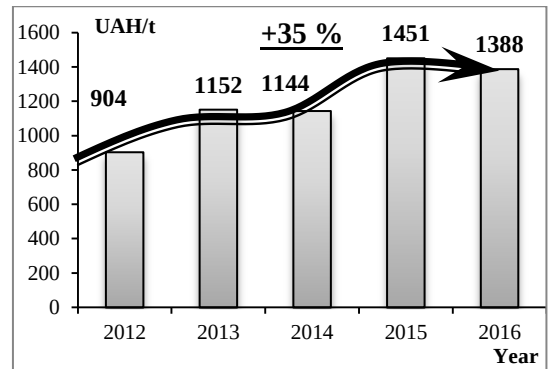


Figure 4 – Dynamics of prices of asphalt mix

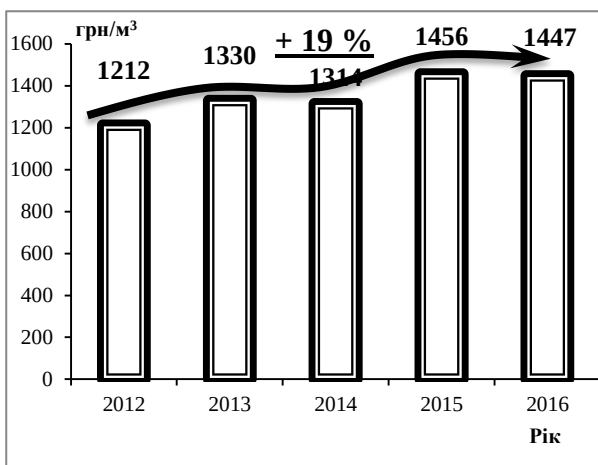


Рисунок 5 – Динаміка зміни ціни на бетонну суміш

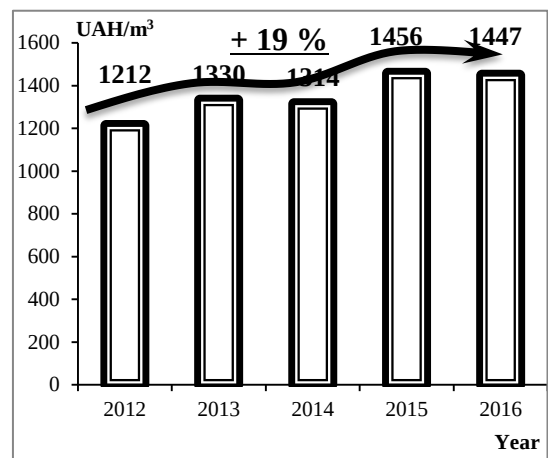


Figure 5 – Dynamics of prices of concrete mix

Для порівняння впливу ціни на кінцеві витрати з будівництва і утримання конструкцій дорожнього одягу, змодельовано 2 сценарії, що наведені на рисунках 6 та 7.

To compare the effects of the material component price on the final cost of construction and maintenance of pavement designs, 2 scenarios have been modeled that are shown in Figs 6 and 7.

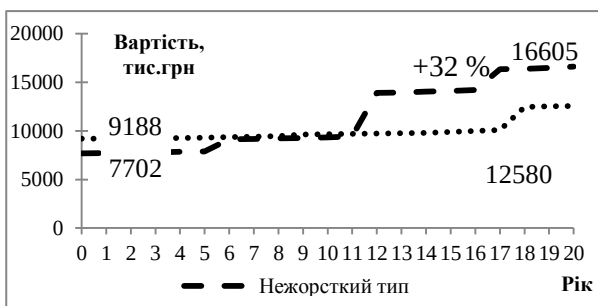


Рисунок 6 – Витрати на будівництво та утримання 1 км різних типів конструкцій дорожнього одягу (вартість асфальтобетонної суміші знижено на 35 %)

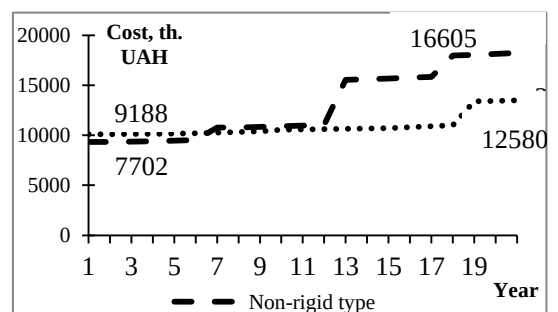


Figure 6 – Cost of construction and maintenance of 1 km of various pavement design types (cost of asphalt mix is reduced by 35%)

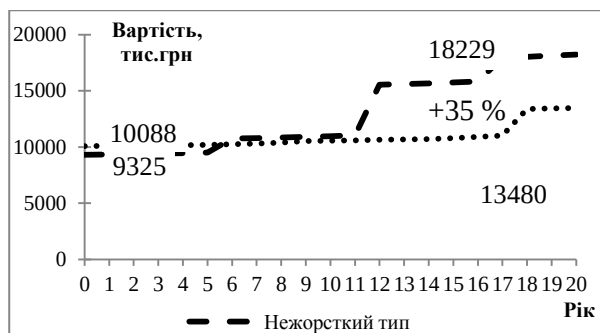


Рисунок 7 – Витрати на будівництво та утримання 1 км різних типів конструкцій дорожнього одягу (вартість бетонної суміші збільшено на 30 %)

Графік на рисунку з показує, що з урахуванням усереднених цін на матеріали станом на III квартал 2016 року економічно вигіднішим є будівництво цементобетонних покриттів, оскільки економія на кінець розрахункового періоду становить 45 %.

При зниженні вартості асфальтобетонної суміші на 35 % (рис.6) ситуація різко змінюється. Ефективність будівництва і експлуатації цементобетонних покриттів починається лише з 12-го року. Але на кінець розрахункового періоду всерівно економія становить близько 30 %.

При збільшенні вартості бетонної суміші на 30 % також дає перевищення вартості будівництва цементобетонних покриттів у порівнянні з асфальтобетонними (рис. 7). Але в кінцевому випадку всерівно є економія за рахунок менших витрат на ремонти та утримання цементобетонних покриттів.

Висновки

Таким чином, на основі проведеного аналізу та з урахуванням отриманих результатів розрахунку, можна зробити наступні висновки:

1. Вартість будівництва будь-якого типу конструкції дорожнього одягу є надто залежним від вартості будівельних матеріалів та частки використання місцевих матеріалів.
2. В довгостроковій перспективі (10 - 20 років) доцільнішим є будівництво цементобетонних покриттів. При цьому також необхідно враховувати, що цементобетонні покриття здатні сприймати більші навантаження, ніж асфальтобетонні, що дає додаткову соціально-

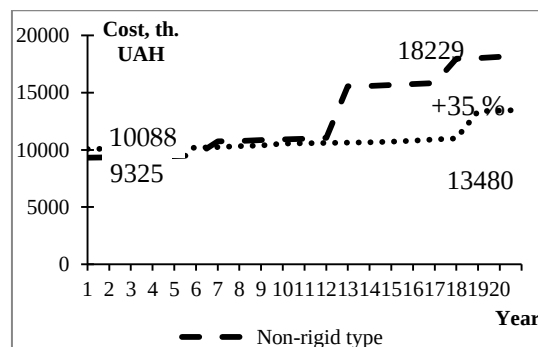


Figure 7 - Cost of construction and maintenance of 1 km of various pavement design types (cost of concrete mix is increased by 30%)

Graph in the Figure shows that considering the average prices of materials as of the third quarter 2016, the construction of cement pavements is economically sounder because savings at the end of the calculation period will make 45%.

With the reduced cost of asphalt mix by 35% (Figure 6), the situation changed dramatically. The efficiency of the construction and operation of cement pavements starts with the 12th year only. But at the end of the calculation period savings will make about 30%.

Increased cost of concrete mix by 30% results also in the growth of cement pavements construction costs compared to asphalt ones (Fig. 7). But ultimately, there is saving due to lower repair and maintenance costs of cement pavements.

Conclusions

Thus, the following conclusions can be drawn on the basis of the conducted analysis and the results of calculation:

1. The construction cost of any type of pavement design is too dependent on the cost of construction materials and the share of local materials used.
2. In the long term (10 - 20 years) the construction of cement pavements is more expedient. It should also be taken into consideration that cement pavements can bear heavier loads than asphalt pavements which provides

економічну ефективність.

3. Враховуючи, що вартість бітуму більш прив'язана до курсу іноземних валют, то в таких умовах найбільш оптимальним рішенням є застосування цементу.

4. В кожному конкретному випадку при виборі типу конструкції дорожнього одягу необхідно проводити передпроектне техніко-економічне порівняння, яке і дасть змогу правильно оцінити ефективність застосування того чи іншого конструктиву

additional social and economic efficiency.

3. Taking into account the fact that the price of bitumen is more tied to the exchange rate, the use of cement is the best solution.

4. In each specific case, when choosing the type of pavement design, the pre-design feasibility and comparison study should be fulfilled which will allow proper assessment of the efficiency of the opted pavement design type use.

Література

1. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
2. ВБН В.2.3-218-008-97 Споруди транспорту. Проектування та будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
4. ВБН Г.1-218-050-2001 Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування.
5. МР В.3.2-218-03449261-674:2007 Методичні рекомендації з ремонту цементобетонних покриттів автомобільних доріг.

References

1. VBN V.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Non-rigid pavement design type.
2. VBN V.2.3-218-008-97 Transport facilities. Design and construction of rigid pavements and of pavements with rigid layers.
3. DBN V.2.3-4: 2015 Transport facilities. Highways. Part I. Design. Part II. Construction.
4. VBN G.1-218-050-2001 Interrepair terms of road pavements and surfaces operation on public roads.
5. MR V.3.2-218-03449261-674: 2007 Guidelines for the repair of cement pavements of highways.

Рецензенти:

Яценко І. В., канд. екон. наук, Національний транспортний університет.

Канін О.П., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Yatsenko I. V., Cand. Econ. Sci., National Transport University.

Kanin A. P., Cand. Engen. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **30.09.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 627.13

Кватадзе А.І.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПЕРІОДІВ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДРЕНАЖНИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація. В статті наведено метод визначення розрахункових періодів водно-теплого режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування. Представлений метод ґрунтується на статистичних даних метеорологічних спостережень району будівництва або експлуатації не менше ніж за п'ятирічний період. Це дозволить регулювати режим вологонакопичення в дорожніх конструкціях та обґрунтовано визначити генеральні розміри дренажних систем.

Об'єкт дослідження – періоди водно-теплого режиму.

Мета роботи – визначення розрахункових періодів водно-теплого режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування.

Методи дослідження – аналітично-розрахунковий.

Ключові слова: водно-тепловий режим, опади, земляне полотно, дренажна конструкція.

UDC 627.13

Kvatadze A.

DETERMINING SETTLEMENT PERIOD WATER-THERMAL REGIME METHOD FOR CALCULATING DRAINAGE DEVICES

Abstract. The article describes method of determining billing periods, the water-thermal regime in road constructions of public roads. The method is based on statistical data of meteorological observations of an area of construction or operation of not less than five years. This will allow you to adjust the accumulation of moisture in road constructions and reasonably determine the General dimensions of drainage systems.

The object of study – periods of water-thermal regime

Purpose - to determine the billing periods fluid and thermal conditions in road construction of public roads.

Research methods – analytically-rated.

Key words: water-thermal conditions, precipitation, roadbed, drainage construction.

УДК 627.13

Кватадзе А. И.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ДЛЯ РАСЧЕТА ДРЕНАЖНЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация. В статье приведен метод определения расчетных периодов водно-теплого режима в дорожных конструкциях автомобильных дорог общего пользования. Представленный метод основывается на статистических данных метеорологических наблюдений района строительства или эксплуатации не менее чем за пятилетний период. Это позволит регулировать режим влагонакопления в дорожных конструкциях и обоснованно определить генеральные размеры дренажных систем.

Объект исследования - периоды водно-теплого режима.

Цель работы – определение расчетных периодов водно-теплого режима в дорожных конструкциях автомобильных дорог общего пользования.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: водно-тепловой режим, осадки, земляное полотно, дренажная конструкция.

Вступ

Вода в дренуючий шар дорожньої конструкції може надходити від атмосферних опадів та при відтисканні води із розташованого нижче шару ґрунту при розмерзанні дорожньої конструкції.

Сумарну кількість води, що надходить до дренуючого шару (Q , $\text{м}^3/\text{м}^2$ проїзної частини) можна розраховувати трьома способами:

- вимірюванням вологості та щільності ґрунтів земляного полотна в кінці третього періоду водно-теплого режиму;
- нівелюванням морозного здимання;
- враховуючи надлишок вільної води в ґрунтах верхньої частини земляного полотна.

Перші два способи потребують великі обсяги польових випробувань та дають змогу розрахувати сумарну кількість води, що надходить в дренуючі шати тільки в весняний період водно-теплого режиму (відтавання і насичення дорожньої конструкції у весняний період) [1,2].

У зв'язку зі зміною клімату планети, а саме підвищення вмісту атмосферної вологи, збільшення інтенсивності та тривалості опадів, що випадають протягом року, відбувається зміна водно-теплого режиму дорожньої конструкції. При проектуванні елементів дорожньої конструкції, зокрема дренажних систем, виникає необхідність у визначенні розрахункових періодів водно-теплого режиму [1].

А саме необхідно визначити тривалість кожного періоду окремо, оскільки вони не відповідають календарним термінам: першого - осіннього періоду початкового накопичення вологи, другого - зимового періоду перерозподілу вологи і накопичення її в верхніх шарах земляного полотна, промерзання ґрунту, третього - весняного періоду відтавання і насичення, і четвертого - літнього. Метою роботи є визначення розрахункових періодів водно-теплого режиму в дорожніх конструкціях автомобільних доріг загального користування.

Вихідними даними для розрахунків є статистичні дані метеорологічних спостережень району будівництва за період вибраної кількості років $N_{\text{років}}$ розрахунків приймають, як мінімум, п'ятирічний період). Збільшення кількості років спостереження призводить до підвищення

Introduction

Water draining layer in road construction can come from rain and water from under pushups located below the soil thawing during road construction.

The total amount of water supplied to the draining layer (Q , m^3/m^2 carriageway) can be count by three ways:

- measurement of moisture content and density of soil subgrade at the end of the third period water and thermal regime;
- leveling frosty swelling;
- given the excess of free water in the soil the upper part of the subgrade.

The first two methods require large amounts of field tests and allow you to calculate the total amount of water entering the draining garments only spring water and heat treatment (thawing and saturation of road construction in the spring) [1,2].

Due to changes in climate, such as increasing atmospheric moisture content, increase the intensity and duration of rainfall during the year, changes the water and thermal regime of road construction. In the design elements of road construction, including drainage systems, there is a need to define billing periods water and thermal regime [1].

And it is necessary to determine the length of each period separately, since they do not correspond to calendar dates: first - autumn period of initial accumulation of moisture, the second - winter redistribution of moisture and accumulate it in the upper layers of the roadbed, soil freezing, the third - the spring period thawing and saturation and fourth - summer. The aim is to determine the billing periods fluid and thermal conditions in road construction of public roads.

Initial data for calculation are the statistics of the construction of meteorological observations in the period selected number of years $N_{\text{років}}$ (payments to take at least five years). Increasing the number of years of observation increases the accuracy of

точності виконаних розрахунків. Розрахунок за нижченаведеним методом слід виконувати для кожного визначеного року окремо.

Для розрахунків необхідно мати статистичні дані метеорологічних спостережень про такі метеорологічні величини:

- середньодобові температури повітря протягом року;
- середньомісячні температури повітря протягом року;
- середньодобові температури на поверхні ґрунту протягом року;
- кількість опадів;
- інтенсивність опадів;
- тривалість опадів;
- дефіцит насичення повітря.

Визначення тривалості розрахункових періодів та режиму відтавання ґрунту

Окремі межі певних періодів визначаються температурним режимом. Для визначення дат настання відповідних температур слід за метеорологічними даними про середньомісячні температури побудувати графік ходу цих температур протягом розрахункового року. Із графіка слід отримати дати переходу температури через 0°C весною, через $+10^{\circ}\text{C}$ та мінус 5°C восени.

Початок першого розрахункового осіннього періоду визначається датами переходу температури через $+10^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{по}}$), закінчення – при переході температури через мінус 5°C ($T_{\text{зо}}$) – початок замерзання ґрунту. Тривалість першого періоду T_0 (доба) визначається кількістю діб за календарем між розрахованими датами ($T_0 = T_{\text{зо}} - T_{\text{по}}$). Початок третього весняного періоду ($T_{\text{пв}}$) визначається датою переходу температури через 0°C весною [1]. Дату закінчення весняного періоду ($T_{\text{зв}}$) визначають після розрахунків режиму розтавання ґрунту.

На подальшому етапі послідовно для кожного дня, починаючи з дати початку весняного періоду ($T_{\text{пв}}$), використовуючи метеорологічні дані розрахункового року, визначають товщину шару ґрунту [3], в якому розтає лід за одну добу в активній зоні земляного полотна, м:

the calculations. Payment for the following methods should be performed for each specified year alone.

For the calculations necessary to have statistics of such meteorological observations meteorological values:

- average daily temperature during the year;
- the average temperature during the year;
- average temperature in the ground during the year;
- number of rainfall;
- the intensity of precipitation;
- duration of rainfall;
- lack of air saturation.

Determining the length of the settlement period and mode of thawing soil

Certain limits the periods determined by the temperature regime. To determine the appropriate dates onset temperature follows the meteorological data on average monthly temperature plot the course of these temperatures for given year. From the graph should be obtained through the date of transition temperature of 0°C spring through $+10^{\circ}\text{C}$ and -5°C in autumn.

The beginning of the first settlement dates fall period is determined by the transition temperature $+10^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{по}}$), end - through the transition temperature of -5°C ($T_{\text{зо}}$) early freezing of the soil. The duration of the first period T_0 (day) is determined by the number of days between the calculated calendar dates ($T_0 = T_{\text{зо}} - T_{\text{по}}$). The beginning of the third spring period ($T_{\text{пв}}$) is determined by the date of transition temperature of 0°C in spring [1]. The date of completion of the spring season ($T_{\text{зв}}$) define the calculation mode after thawing soil.

In the subsequent stage sequentially for each day starting from the beginning of the spring season ($T_{\text{пв}}$), using meteorological data was calculated, determine the thickness of the soil layer [3], which thaws the ice one day in the core of the roadbed, m:

$$h_i = \frac{4,86 \cdot \lambda \cdot 24 \cdot t_B - t_L}{\delta \cdot W_{\text{вес}} \cdot \rho} + 0,25 \cdot R_{\Pi} + R_0^2 \cdot \lambda^2 - 0,5 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda, \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності талого ґрунту, Вт/(м·К) [3];
 t_B – температура повітря, °С; t_L – температура льодоутворення, °С [3];
 δ – прихована теплота льодоутворення, яка дорівнює 334 кДж/кг;
 $W_{\text{вес}}$ – розрахункова весняна вологість ґрунту земляного полотна, в долях одиниці;
 ρ – щільність ґрунту, кг/м³;
 R_{Π} – величина, яка залежить від швидкості вітру, К·м²/Вт [3];
 R_0 – тепловий опір дорожнього одягу, К·м²/Вт, розраховують за формулою (2).

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}; \quad (2)$$

де h_1, h_2, h_n – товщини шарів дорожнього одягу, м;
 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – коефіцієнти теплопровідності відповідних шарів, Вт/(м·К) (визначають експериментально, а за відсутності необхідного обладнання – приймають за таблицею Г.1 [4]).

Отримані результати послідовно сумують h_i . Розрахунки за формулою (1) виконують до тих пір, поки виконується умова:

$$h_i \leq z_{\text{пр}}, \quad (3)$$

де $z_{\text{пр}}$ – глибина промерзання ґрунту, м, розраховують за формулою 4 для розрахункового року спостережень.

$$z_{\text{пр}} = \frac{4,86 \cdot \lambda_M \cdot T}{\delta \cdot W \cdot \rho} \cdot t_L - t_{\Pi} + t_{\Pi} - t_{\Gamma} \cdot \frac{R_{\Pi} + R_0}{R} \times 100 \quad (4)$$

де λ_M – коефіцієнт теплопровідності мерзлого ґрунту, Вт/(м·К);
 T – період промерзання, годин (те ж, що і T_3 виражене в годинах);
 δ – прихована теплота льодоутворення, дорівнює 334 кДж/кг;
 W – вологість ґрунту, долі одиниці;
 ρ – щільність ґрунту, кг/м³;
 t_{Π}, t_{Γ}, t_L – відповідно, температура повітря, ґрунту (за даними метеорологічних спостережень)

$$h_i = \frac{4,86 \cdot \lambda \cdot 24 \cdot t_B - t_L}{\delta \cdot W_{\text{вес}} \cdot \rho} + 0,25 \cdot R_{\Pi} + R_0^2 \cdot \lambda^2 - 0,5 \cdot R_{\Pi} + R_0 \cdot \lambda, \quad (1)$$

where λ – thermal conductivity of the soil thawed, W / (m · K) [3];
 t_B – air temperature, °С; t_L – ice formation temperature, °С [3];
 δ – latent heat of ice formation, which is 334 кДж/кг;
 $W_{\text{вес}}$ – estimated spring soil moisture roadbed, the fate of the unit;
 ρ – density of soil, kg/m³;
 R_{Π} – the value of which depends on wind speed, К·м²/W [3];
 R_0 – thermal resistance of pavement, К·м²/Вт, calculated by the formula (2).

$$R_0 = \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}; \quad (2)$$

where h_1, h_2, h_n – thickness of pavement layers, m;
 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – thermal conductivity of the respective layers, W/(m·K) (determined experimentally, in the absence of the necessary equipment - taken from Table D.1 [4])

The results consistently mourn h_i . Calculations by the formula (1) to serve until the following condition:

$$h_i \leq z_{\text{пр}}, \quad (3)$$

where $z_{\text{пр}}$ – depth of soil freezing, m, calculated by the formula 4 for the current year observations.

$$z_{\text{пр}} = \frac{4,86 \cdot \lambda_M \cdot T}{\delta \cdot W \cdot \rho} \cdot t_L - t_{\Pi} + t_{\Pi} - t_{\Gamma} \cdot \frac{R_{\Pi} + R_0}{R} \times 100 \quad (4)$$

where λ_M – frozen soil thermal conductivity, W/(m·K);
 T – period of freezing hours (the same as the T_3 expressed in hours);
 δ – latent heat of ice formation 334 кДж/кг;
 W – soil moisture, the fate of the unit;
 ρ – density of soil, kg / m³;
 t_{Π}, t_{Γ}, t_L – respectively, temperature, soil (according to meteorological observations)

та льодоутворення, °C

За дату закінчення третього (весняного) розрахункового періоду ($T_{зв}$) приймають останню дату, для якої виконувались розрахунки за формулою 6.1. Тривалість третього періоду T_v (доба) визначають за календарем кількістю днів між розрахованими датами закінчення та початку весняного періоду ($T_v = T_{зв} - T_{пв}$).

Тривалість четвертого (літнього) розрахункового періоду визначають за календарем кількістю днів між розрахованими датами закінчення весняного та початку осіннього періоду ($T_l = T_{по} - T_{зв}$).

В табл. 1 представлені тривалості розрахункових періодів, що були визначені на основі статистичних даних метеорологічних спостережень у Київській області з 2011 по 2015 роки.

Таблиця 1 – Дати початку періодів зміни вологості

Початок весняного розрахункового періоду - перехід через 0	Початок осіннього розрахункового періоду - перехід температури через +10	Початок зимового розрахункового періоду - перехід через -5	Період замерзання, доба	Початок літнього розрахункового періоду - Кінець розмерзання
24.02.2015	02.11.2015	31.01.2016	23	08. 3.2015
1.03.2014	23.10.2014	13.01.2015	42	14.03.2014
13.03.2013	27 0.2013	09.02.2014	20	14.04. 013
20.03.2012	25.10.2012	11.01.2013	61	04.04.2012
14.03.2011	27.10.2011	01.0 .2012	48	08.04.2011

Висновки

Зміна температурного режиму суттєво впливає на процеси міграції вологи та вологонакопичення в ґрунті земляного полотна, і відповідно, обумовлює тривалість термінів водно-теплого режиму дорожніх конструкцій. Згідно проведених розрахунків (табл.1) за останні п'ять років середня тривалість: осіннього періоду складає 3 місяці, зимового – до 1,5 місяця, весняного – понад 0,5 місяця, літнього – 7 місяців. В зв'язку з суттєвими змінами термінів розрахункових періодів водно-теплого режиму, при визначенні генеральних розмірів дренажних конструкцій слід враховувати

and ice formation, °C.

By the date of completion of the third (spring) settlement period ($T_{зв}$) take the last date for which payments were made as follows: 6.1. Duration third period T_v (days) determined by the number of calendar days between the calculated expiration dates and early spring period ($T_v = T_{зв} - T_{пв}$).

Duration fourth (summer) billing period is determined by the number of calendar days between the calculated expiration dates of the spring and early autumn period ($T_l = T_{по} - T_{зв}$).

In the table. 1 shows the length of billing periods that have been identified based on statistical data of meteorological observations in the Kiev region from 2011 to 2015 years.

Table 1 – Start dates during the change of humidity

Start spring billing period - Crossing the 0	Start autumn billing period - the transition temperature through +10	Start winter billing period - the transition period through -5	Period by freezing day	Start summer billing period - End of thawing
24.02.2015	02.11.2015	31.01.2016	23	08.03.2015
01.03.2014	23.10.2014	13.01.2015	42	14.03.2014
13.03.2013	27.10.2013	09.02.2014	20	14.04.2013
20.03.2012	25.10.2012	11.01.2013	61	04.04.2012
14.03.2011	27.10.2011	01.02.2012	48	08.04.2011

Conclutions

Changes in temperature significantly affects the processes of migration of moisture and accumulation of moisture in the soil subgrade, and accordingly, determines the duration of time water-thermal regime of road constructions. According to the calculations (table.1) over the past five years, the average duration of the autumn period is 3 months, winter – up to 1.5 months in spring and more than 0.5 months, years – 7 months. Due to

питомий надлишок води від злив, зливових та обложних дощів, які характеризуються своєю підвищеною інтенсивністю в літній період, на відміну від існуючих нормативних рекомендацій щодо підбору параметрів дренажів в залежності від весняного вологонакопичення.

Література

- 1 Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Н.А.Пузаков, И.А. Золотарь, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаев и др.; Под. ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. М., Транспорт, 1971. 413с.
- 2 Сиденко В.М., Расчет и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна, М: Н-Т изд. Минавтотранса и шосс. дорог РСФСР, 1962, 116с.
- 3 Методичні рекомендації щодо регулювання водно-теплого режиму у межах робочого шару земляного полотна автомобільних доріг
МР В 2.3-02070915-849:2014
- 4 ВБН В.2.3.-218-186. (Укравтодор Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу)]

significant changes in terms of billing periods fluid and thermal conditions when determining the size of the general drainage structures should take into account the specific excess water from heavy rains and torrential rains and siege characterized by its high intensity in the summer, unlike existing regulatory recommendations for drains selection options depending on spring accumulation of moisture.

Literature

- 1 Water-thermal treatment of roadbed and road Clothing / N.A.Puzakov, IA Goldsmith, V. Sydenko, AJ Tulaev et al .; Pod. Ed. IA Goldsmith, NA Puzakova, VM Sydenko. M., Transportation, 1971. 413s.
- 2 Sydenko VM Calculation and regulation of water and heat regime Clothing and road subgrade, N, N-t ed. Minavtotrans and SCO. roads RSFSR, 1962, 116 p.
- 3 Guidelines for the regulation of fluid and thermal conditions within the working layer of subgrade of roads
MY 2.3-02070915-849: 2014
- 4 V.2.3. VBN-218-186. (Ukravtodor Facilities of transport . Pavement flexible type)]

Рецензенти:

Кузлю М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Ткачук С.Г. д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Tkachuk S.H., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **21.09.2016 р.**

УДК 624

Кваша В.Г., д-р техн. наук, Котенко В.Т., Нечипоренко М.В., Сухостат О.С.

**ПРОПОЗИЦІЇ З РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТУ ЧЕРЕЗ р.ВОРСКЛА
БІЛЯ с.КОПИЛИ НА АВТОМОБІЛЬНІЙ ДОРОЗІ
М-03 – КИЇВ – ХАРКІВ – ДОВЖАНСЬКИЙ КМ 344+615**

Анотація. На базі визначеного технічного стану надані пропозиції з реконструкції мосту (правий проїзд) через р. Ворскла біля с. Копили на автодорозі М-03 – Київ – Харків – Довжанський км 344+615.

Об'єкт дослідження - міст через р. Ворскла.

Мета роботи - розробка пропозицій по реконструкції мосту із збереженням основних архітектурних рішень існуючого моста, вирішення екологічних проблем.

Методи дослідження - аналітико-експериментальні

Ключові слова: технічний стан, міст, реконструкція, підсилення, існуюча балка, підвіска, нерозрізна система.

UDC 624

Kvasha V.G., d-r of science, Kotenko V.T., Nechiporenko M.V., Sukhostat O.S.

**PROPOSALS FOR RECONSTRUCTION OF THE BRIDGE ACROSS THE
VORSKLA RIVER NEAR THE VILLAGE OF KOPYLY ON THE ROAD
M-03 - KYIV - KHARKIV - DOVZHANSKIY KM 344 + 615**

Abstract. On the basis of the technical condition of submitted proposals for the reconstruction of the bridge (right of way) across the Vorskla river near the village of Kopyly on the road M-03 - Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky km 344 + 615.

Object of research - the bridge across the Vorskla river.

Purpose - development of propositions on the reconstruction of bridge with maintenance of basic architectural decisions of existent bridge, decision of ecological problems.

Research methods - analytical and experimental.

Key words: technical condition, bridge, reconstruction, reinforcement, the existing beam, suspension, the continuous system.

УДК 624

Кваша В.Г., д-р техн. наук, Котенко В.Т., Нечипоренко М.В., Сухостат А.С.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТА ЧЕРЕЗ р.ВОРСКЛА
ВОЗЛЕ с.КОПЫЛЫ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ
М-03 – КИЕВ – ХАРЬКОВ – ДОВЖАНСКИЙ КМ 344+615**

Аннотация. На базе определенного технического состояния представлены предложения по реконструкции моста (правый проезд) через р. Ворскла возле с. Копылы на автомобильной дороге М-03 – Киев – Харьков – Довжанский км 344+615.

Объект исследования - мост через р. Ворскла.

Цель работы - разработка пропозиций по реконструкции моста с сохранением основных архитектурных решений существующего моста, решение экологических проблем.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: техническое состояние, мост, реконструкция, усиление, подвеска,

существующая балка, неразрезная система.

Вступ

У пропозиції з реконструкції мосту через р. Ворскла біля с. Копили на автодорозі Київ - Харків - Довжанський, км 344+615 розглядається метод реконструкції із застосуванням монолітного залізобетону, тобто таким чином як і будувався у 1952 році.

Історичний огляд будівництва та експлуатації мосту

Міст через р. Ворскла біля с. Копили розташований на об'їзді м. Полтава дорогою Київ - Харків - Довжанський. Дорога будувалася на виконання Постанови (Государственный Комитет Оборона, г. Москва) від 4 липня 1945 р.

Будівництво дороги на ділянці від Харкова до Києва довжиною 464 км закінчили у 1952 році.

Подібного типу мости із застосуванням монолітного залізобетону побудовані через річку Псьол біля с. Білоцерківка та через річку Сула біля с. Засулля. І до цього часу знаходяться в експлуатації.

Як позитивний приклад застосування монолітного залізобетону можна привести будівництво мосту через річку Ворскла біля с. Білики Кобеляцького району у 1930 році.



Рисунок 1 - Випробування мосту через р. Ворскла біля с. Білики Кобеляцького району після реконструкції

Ще приклад мосту із монолітного залізобетону в Полтаві через р. Ворскла біля Південного вокзалу. Побудований у 1953 р. Вражає своєю досконалістю, надійністю і архітектурними формами.

Preamble

In proposals for the reconstruction of the bridge across the Vorskla river near the village of Kopyly on the road M-03 - Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky km 344 + 615 is discussed the method of reconstruction with the use of reinforced concrete like built in 1952.

Historical overview of construction and working of the bridge

The bridge across the Vorskla river near the village of Kopyly is located on the detour of Poltava city on the road M-03 - Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky. A road was built on the perform of Decree (The State Defense Committee, Moscow city) from July 4, 1945.

The construction of the road on location from the Kharkiv to Kyiv length of 464 km was finished in 1952.

The bridges of this type with using reinforced concrete were built across the river Psel near the Bilotserkivka village and across the river Sula near the Zasullya village. And so far in use.

As a positive example of reinforced concrete can result in construction of a bridge across the river Vorskla near the Bilyky village the Kobeliaky area in 1930.



Figure 1 - Testing a bridge across the Vorskla river near the Bilyky village the Kobeliaky area after reconstruction

Another example of a bridge with reinforced concrete in Poltava city across the Vorskla river near the South Station. Built in 1953. Impressive its perfection, reliability and architectural forms.



Рисунок 2 - Міст через річку Ворскла біля Південного вокзалу м. Полтава

Набутий досвід будівництва мостів із монолітного залізобетону надає можливість застосувати такий метод і при реконструкції мосту через річку Ворскла біля с. Копили на автодорозі Київ - Харків - Довжанський.

Характеристика існуючого мосту та його технічний стан

Існуючий міст розташований на правому проїзді автодороги Київ - Харків - Довжанський, км 344+615 за схемою 8,5+22,2+33,0+7x22,2+6,5. Довжиною 225,6 м. Габарит Г - 7+2x1,5. Збудований у 1952 році та запроектований під навантаження Н-13, НГ-60. Міст являє собою балочно - консольну конструкцію з підвісними прогонами. У прогоні 2-3 підвісна прогонова будова $L = 17,04$ м, у прогонах 4-5, 6-7, 8-9 підвісні прогонові будови $L = 9,8$ м. Опори масивні із монолітного залізобетону на пальових фундаментах [1].



Figure 2 - A bridge across the Vorskla river near the South Station in Poltava city

Gained experience building bridges with reinforced concrete provides the opportunity to use this method in reconstruction of the bridge across the Vorskla river near the Kopyly village on the road Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky too.

Characteristics of the existing bridge and its technical condition

The existing bridge is located on the right way of road Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky, km 344 + 615 on the scheme 8,5+22,2+33,0+7x22,2+6,5. Length of 225.6 m. Overall dimensions 7+2x1,5. Built in 1952 and designed for the load N-13, NG-60. Bridge is a girder-console construction with a hanging spans. A span 2-3 is suspended structure $L = 17,04$ m. The spans 4-5, 6-7, 8-9 is suspended structure $L = 9,8$ m. The pillars is massive with a reinforced concrete on the pile foundations [1].

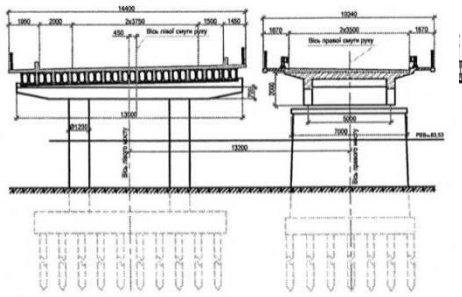


Рисунок 3 - Загальний вигляд існуючого мосту через р. Ворскла біля с. Копили на автодорозі Київ - Харків - Довжанський

У 1998 та 2004 роках проводився ремонт проїзної частини, деформаційних швів, відновлені опорні частини підвісок, встановлена бар'єрна огорожа і замінені перила. Габарит залишився 7,0 м.

Проектні рішення

У 1983 році під час будівництва мосту на лівому проїзді проектом було передбачене розбирання мосту на правому проїзді. Але воно не відбулось, був проведений ремонт.

ДП "ДерждорНДІ" пропонує провести реконструкцію існуючого мосту через р. Ворскла біля с. Копили на автодорозі Київ - Харків - Довжанський, км 344+615 (правий проїзд).

Пропозиціями ДП "ДерждорНДІ" передбачено підсилення прогонової будови монолітним залізобетонном із забезпеченням вантажопідйомності під розрахункове навантаження А-15, НК-100 та габаритом Г - 11,5+1х1,5.

Підсилення прогонової будови пропонується виконати із влаштуванням додаткових балок. Існуючі балки посилюються зовнішнім додатковим бетонуванням. Крім цього влаштовується додаткова балка посередині між існуючими балками з обпиранням на опори і влаштуванням діафрагми. Таким чином розрізна система буде замінена на нерозрізну або навіть на рамну з нульовим моментом на опорах.

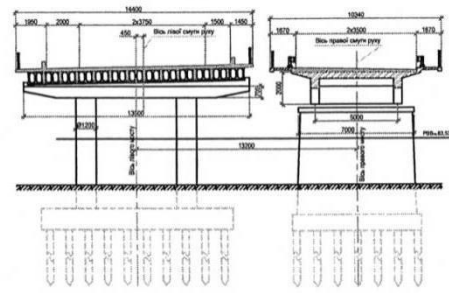


Figure 3 - General view of the existing bridge across the Vorskla river near the Kopyly village on the road Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky

In 1998 and 2004 was carried out repair of the carriageway, expansion joints, bearing member of suspension is renewed, installed barrier and railings is replaced. Overall dimensions was remained 7.0 m.

Design solutions

The project envisaged dismantling the bridge on the right way during construction of a bridge on the left way in 1983. But it not realized, bridge was repaired.

SE "DerzhdorNDI" is proposes to reconstruct the existing bridge across the Vorskla river near the Kopyly village on the road Kyiv - Kharkiv - Dovzhansky, km 344 + 615 (right of way).

SE "DerzhdorNDI" is proposes a strengthening span with reinforced concrete with provision of load on the estimated load A-15, NK-100 and Overall dimensions 11,5 + 1x1,5

Strengthening span invited to perform with arranging additional beams. The existing beams is magnifying of external additional concreting. An additional beam is arranged too in the middle between the existing beams with a bearing on the pillars and fixing the diaphragms. So, cutting system will be replaced on a integral or even on a frame system with a zero point on pillars.

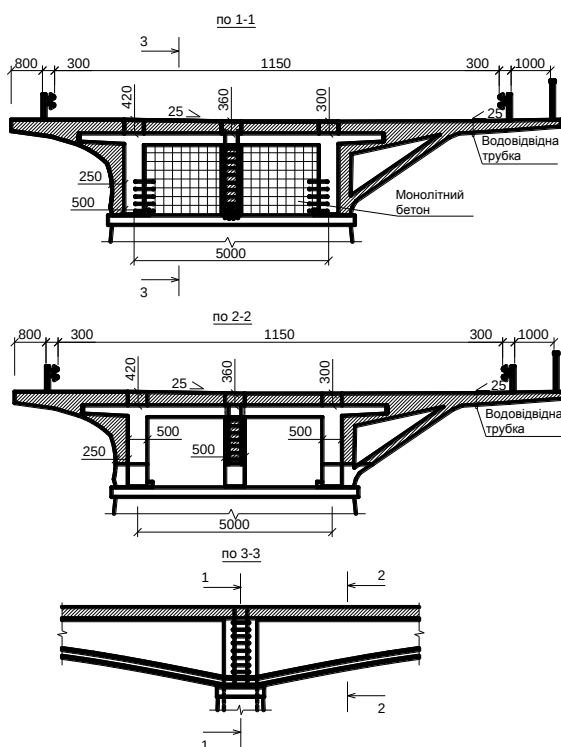


Рисунок 4 - Підсилення існуючої прогонової будови та об'єднання її з опорою

Вимоги до цементобетону по корозостійкості та тріщиностійкості

Внаслідок впливу на бетон атмосферних факторів (води, хімічних сполук, температури та ін.) відбуваються зміни його структури та властивостей. Захист бетонних та залізобетонних конструкцій від корозійного руйнування залишається складною та актуальною задачею.

Особливо слід відмітити корозію бетону та залізобетону під дією водних розчинів, вміщуючих хлориди (корозія II виду). Хлориди зменшують міцність зчеплення мінерального наповнювача з цементним каменем за рахунок сорбції з водного розчину іонів Na^+ поверхнею гідросилікату кальцію. Хлориди, проникаючи до об'єму бетону в водному розчині викликають його деструкцію, а при досягненні критичної концентрації в зоні розміщення арматурних стрижнів ініціюють корозію металу [2].

Захистити бетон від різних видів корозії можна шляхом зменшення його пористості і попередження проникнення в нього води і водних розчинів агресивних сполук. Зниження пористості цементного каменю може бути

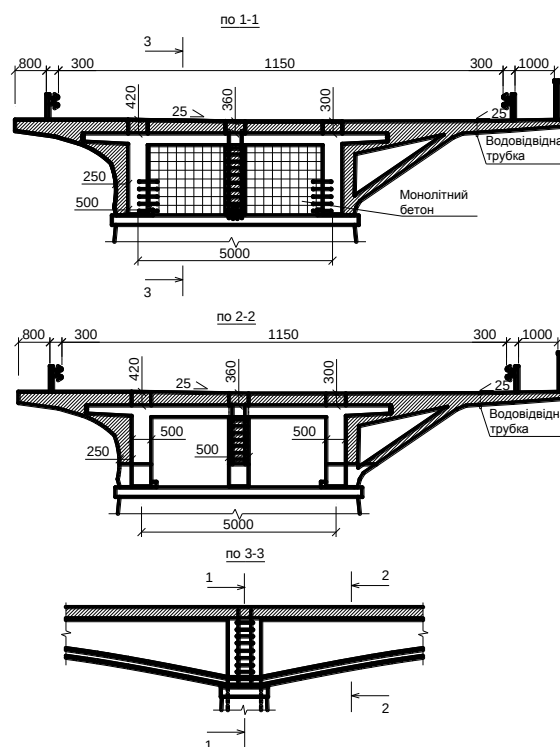


Figure 4 - Strengthening the existing span and combining it with a pillar

Requirements cement-concrete on frost resistance and fracture toughness

A changing the structure and properties of concrete as a result of exposure to weather conditions (water, chemicals, temperature, etc.)

Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion is complex and important task.

Protect concrete from various types of corrosion can be achieved by reducing its porosity and prevent the penetration of water and water solutions a corrosive compounds.

It should be noted the corrosion of concrete and reinforced concrete under the influence water solutions that containing chlorides (corrosion type II). Chlorides reduce the adhesion of the mineral filler with a cement stone at the expense of a sorbtion of water solution of Na^+ surface hydrosilicates calcium. Chlorides penetrate to the volume of a concrete in water solution and cause its destruction, and when the critical concentration in the area of placement of reinforcing rods initiate corrosion [2].

Reducing the porosity of cement stone can be attain by the primary and secondary concrete protection for DSTU B.V.2.6-145:2010 [3].

досягнуто методом первинного і вторинного захисту бетону за ДСТУ Б.В.2.6-145:2010 [3].

Знижуючи вологість бетону та захищаючи його від поглинання води та водних розчинів можна створити умови, які будуть протидіяти розвитку корозійних процесів усіх видів.

Тріщини з розкриттям > 1 мм. свідчать про те, що розміри арматури або попередні напруження вибрані невірно, так вони виникають тільки в тому випадку, коли прокладена там арматура значно слабша, щоб опиратися появі тріщин [4].

Монолітні прогонові будови зараховують до категорії морально застарілих задовго до настання терміну фізичного зношування і вичерпання ресурсу довговічності. Їх несучі конструкції мають задовільний стан і для подальшої нормальної експлуатації потребують лише незначного ремонту, а після реконструкції можуть експлуатуватись ще десятки років [5].

Для одержання необхідної інформації про фізичний стан бетону необхідні глибші його дослідження, які можна виконати тільки в спеціалізованих випробувальних лабораторіях на відібраних з конструкції зразках бетону. Дослідження бетону повинні включати визначення його загальних характеристик: щільність, типу і вмісту цементу, водоцементного відношення, типу і гранулометричного складу заповнювачів, показника однорідності бетону, глибини карбонізації, наявності хлоридів та їх концентрації в процентах від вмісту цементу, ознак хімічної агресії бетону і наявності агресивних хімічних речовин.

Технологічна послідовність виконання робіт

Будгенпланом передбачається влаштування площадок та проїзду вздовж мосту з робочим мостом через р. Ворскла.

If the concrete humidity is lower and protect it from absorption of a water and aqueous solutions can create conditions that will resist corrosion processes of all kinds.

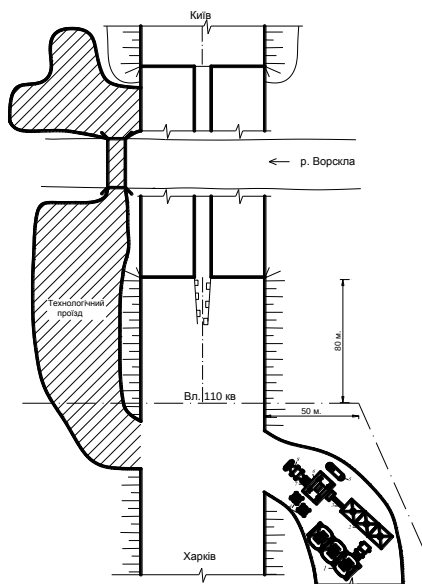
Crack the disclosure of > 1 mm. indicate, that the size of reinforcement or prestressing incorrectly selected, they occur only when there is laid much weaker fittings to resist cracking [4].

Monolithic beam structure is referred to the category obsolete long before the term physical deterioration and resource depletion durability. Their supporting structures have a satisfactory condition and need only a minor repairs for further normal operation and can be operated even decades after a reconstruction [5].

To obtain the necessary information about the physical condition of the concrete needed deeper his research, can be performed only in specialized laboratories on selected samples of concrete structures. Concrete researching should include definition of its common characteristics: density, type and content of cement, water-cement ratio, type and size distribution of aggregates, concrete index homogeneity, depth of carbonation, presence chlorides and their concentration in the percentage of content of cement, chemical aggression of concrete and the presence of chemical agents.

Technological sequence works

At the construction plan provides for placement sites and travel along the bridge with the working bridge across the Vorskla river.



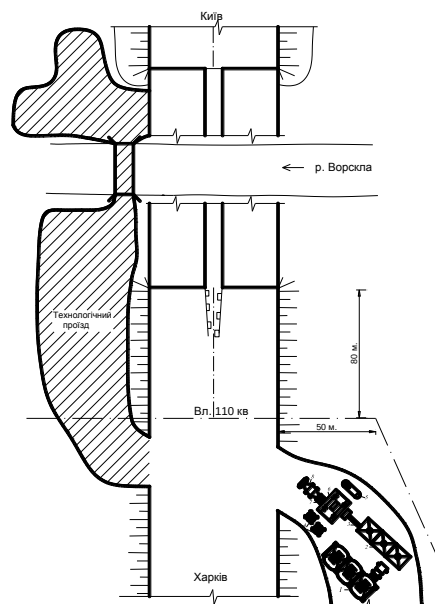
1 - склад матеріалів; 2 - бункера для щебня та піску; 3 - транспортер з дозаторами; 4 - склад цементу; 5 - ємкість для води та добавок; 6 - мішалка; 7 - бункер цементобетонної суміші; 8 - міксер

Рисунок 5 - Будгенплан

Ці види робіт необхідно передбачити в окремому проекті і виконати за рік до початку робіт на мосту. І головне, підготувати площадку для базування пересувної бетонозмішувальної установки та підготувати робочі кадри для роботи на ній: арматурників, бетонників. Придбати БЗУ.

Роботи такого виду будуть виконуватися вперше. Після виконання підготовчих робіт і гарантованого фінансування можна розпочинати роботи по реконструкції мосту (правий проїзд) в такій послідовності:

- закриття руху транспорту по мосту;
- розбирання проїзної частини, бар'єрної огорожі та перил;
- підсилення опор та ригелів;
- об'єднання підвісок з консолями;
- обрубка тротуарних консолей;
- повний цикл робіт на перших двох захватках (риштування, анкери, армування, опалубка, бетонування, догляд за бетоном, розбирання опалубки та риштування);
- повний цикл робіт на решті захваток;
- покриття проїзної частини;
- бар'єрна огорожа;
- перила, розмітка;
- випробування прогонової будови;
- відкриття руху транспорту;



1 - storage of materials; 2 - bunker hopper for crushed stone and sand; 3 - conveyor with a dosing; 4 - storage of cement; 5 - holding capacity for a water and a additive; 6 - mixer; 7 - bunker with a cement mixture; 8 - blender

Figure 5 - Building general plan

These jobs should be provided in a separate project and perform a year before the work on the bridge. And most importantly, to prepare a platform for the deployment of mobile concrete plant and prepare skilled workers to work on it: finisher, concreting man. Get a concrete plant.

Works of this type will be performed for the first time. After the preparatory work and guaranteed funding can begin the reconstruction of the bridge (right of way) in that order:

- closing traffic on a bridge;
- dismantling roadway, barrier and railings;
- strengthening pillars and beams;
- combining the suspension with consoles;
- stump the consoles;
- full cycle of work on the first two intervals (scaffold, anchors, reinforcement, formwork, concrete, concrete cleaning, disassembling scaffolding and formwork);
- full cycle of work on other intervals;
- covering the roadway;
- barrier;
- railings, marking;
- span test;
- start traffic on a bridge;
- dismantling the work bridge.

- розбирання робочого мосту.

Висновки

У разі проведення реконструкції мосту через річку Ворскла біля с. Копили (правий проїзд) по запропонованій ДерждорНДІ технології це вирішить нагальну екологічну проблему, пов'язану з утилізацією конструкцій від розбирання, крім того, набутий досвід реконструкції мостів із застосуванням монолітного залізобетону надасть можливість ремонтувати мости подібного типу.

Література

1. УКРДІПРОБУДМІСТ. Технічний звіт по результатам обстеження автодорожнього мосту через р. Ворскла на автодорозі Київ-Харків-Ростов на Дону, 343 км - Київ, 1998.
2. Колесник Д.Ю. Радіаційно-хімічна модифікація бетону функціональними силіконами. - Київ, 2014.
3. ДСТУ Б.В.2.6-145:2010 "Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії".
4. Причини образования и способы устранения трещин в конструкциях бетонных мостов. Трест "Оргдорстрой" Киев, 1980 (Перевод с немецкого).
5. Кваша В.Г. "Обстеження та випробування автодорожніх мостів" - Львів, 2002.

Conclusion

If a bridge across the Vorskla river near the Kopyly village (right of way) was reconstructed by technology of the SE "DerzhdorNDI" this solves a environmental problem ecological, which related with the utilization of construction dismantling, besides, learned lessons of reconstruction the bridges with using the reinforced concrete will allow possibility of repair the bridges this type.

Literature

1. UKRDIPROBUDMIST. Technical report on the results of the survey road bridge across the Vorskla river near the Kopyly village on the road Kyiv - Kharkiv - Rostov-on-Don 343 km - Kyiv, 1998.
2. Kolesnik D.Y. Radiation and chemical modification of concrete functional silicones - Kyiv, 2014.
3. DSTU B.V.2.6-145:2010 " Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion".
4. Causes of creation and remedies of cracks in the concrete structures of bridges. Trust "Orgdorstroy" Kyiv, 1980 (Translated from the German)
5. Kvasha V.G. " Survey and and testing the road bridges" - Lviv, 2002

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.

Снітко В.П. канд. нехн. наук. Національний транспортний університет.

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.

Snitko V. P. candidate. nehn. Sciences. National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **27.09.2016 р.**

УДК 656.13

Коваленко Л.О., канд. техн. наук.

ОЦІНКА АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТ

Анотація. Стаття присвячена аналізу впливу дорожніх умов та параметрів транспортного потоку на стан аварійності на вулицях міста. В статті розглянуті методи оцінки безпеки руху на перехрестях доріг. Визначені групи факторів, що формують ступінь небезпечності перехрестя.

Об'єкт дослідження – міські вулиці та дороги.

Мета роботи – підвищення безпеки руху на дорогах міста.

Методи дослідження – аналітико-експериментальний.

Ключові слова: безпека руху, автомобільна дорога, перехрестя доріг, дорожньо-транспортні пригоди, конфліктні точки.

УДК 656.13

Kovalenko L., Prof., Ph. D.

EVALUATION OF ACCIDENT SITUATIONS ON THE URBAN ROAD NETWORK

Abstract. This article deals with the impact of road conditions and the parameters of traffic flow on the accident rate on urban streets. The methods of evaluating traffic safety at road intersections are considered in the given article. There were identified the groups of factors that shape the degree of danger of road intersections.

Object of study - city streets and roads.

Purpose - to increase safety on urban roads.

Methods - analytical and experimental.

Key words: traffic safety, road, crossroads, traffic accidents, conflict points.

УДК 656.13

Коваленко Л.А., канд. техн. наук.

ОЦЕНКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДОВ

Аннотация. Статья посвящена анализу дорожных условий и параметров транспортного потока на состояние аварийности на городских улицах. В статье рассмотрены методы оценки безопасности движения на пересечениях дорог. Определены группы факторов, формирующих степень опасности пересечения.

Объект исследования – городские улицы и дороги.

Цель работы – повышение безопасности движения на городских дорогах.

Методы исследования – аналитико-экспериментальный.

Ключевые слова: безопасность движения, автомобильная дорога, пересечения дорог, дорожно-транспортные происшествия, конфликтные точки.

Вступ

Автомобільний транспорт є найнебезпечнішим з усіх видів транспорту. За всіма даними саме дорожньо-транспортні пригоди займають

Introduction

Road transport is accident prone among other modes of transport. According to all available data, traffic accidents occupy the first place in

перше місце по числу загиблих і постраждалих. По цих параметрах автомобілі значно обганяють залізничний, авіаційний і водний транспорт. Дорожньо-транспортні випадки є основною причиною загибелі людей. Вони відбуваються з багатьох причин, серед яких є як технічні, так і людські чинники [1].

Високі темпи зростання автомобільного парку і відповідно збільшення інтенсивності руху транспортних потоків на міських вулицях та дорогах значно загострюють проблему, що пов'язана із забезпеченням безпеки взаємодії таких категорій учасників дорожнього руху, як транспортні засоби та пішоходи.

З усієї кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) 67% припадає на вулично-дорожню мережу міст. На режими руху потоку автомобілів на міських вулицях і дорогах має вплив цілий ряд факторів, відмінних від позаміських умов: наявність багатосмугових проїзних частин в одному напрямку; розташування тротуарів близько до дороги; склад потоку, частота розташування світлофорів і тривалість їхніх циклів; велика можливість появи пішоходів на проїзній частині; наявність у потоці значної кількості суспільного транспорту; мала довжина перегонів; висока інтенсивність і щільність руху; різноманітний режим руху транспорту; велика кількість перетинань в одному рівні; наявність стоянок уздовж бортів проїзної частини вулиць; велика кількість інформації, що надходить до водіїв [2].

Аналіз статистичних даних свідчить, що 75% ДТП у містах відбувається на перехрестях. Розроблення дієвих заходів, спрямованих на зниження аварійності та їх вжиття з боку служб нагляду за дорожнім рухом, потребує визначення чітких факторів, які впливають на виникнення аварійно небезпечних ділянок – місць концентрації ДТП. Методи визначення рівня безпеки руху на перетинаннях доріг мають спрощений характер і не дають об'єктивної оцінки конфліктних ситуацій, які постійно виникають [3].

the number of killed and injured. Following these parameters, automobiles significantly outperform the rail, aviation and water transport. Traffic accidents are a major cause of death. They occur for a score of reasons, among which there are both technical and human factors [1].

High growth of the automobile fleet and therefore an increase in traffic density on city streets and highways greatly exacerbate the problem, connected with ensuring safety of interaction of such categories of road users as pedestrians and vehicles.

Of the total number of traffic accidents (RA) 67% accounts for the urban road network. The driving mode of the traffic flow on city streets and highways is affected by a number of factors, which are different from non-urban conditions: the availability of multi-lane one-way movement carriageways; sidewalks location close to the roadway; traffic-flow composition, frequency of traffic lights location and duration of their cycles; great possibility of pedestrians emergence on the roadway; the presence of a significant number of public transport in the flow; short length of intersections; high traffic intensity and density; diverse traffic modes; a big number of intersections at the same level; availability of parking-lots along the sides of the carriageway in the streets; large amount of information provided to drivers [2].

Analysis of the statistics shows that 75% of road accidents in urban areas occur at intersections. Development of effective measures directed to reduce the accident rate and their adoption by the supervisory traffic services requires determining clear factors that influence the occurrence of accident prone road sections – spots of road accident concentration. Methods for determining the level of safety on the road crossing points are of simplified character and do not provide an objective assessment of conflict situations that constantly arise [3].

Виклад основного матеріалу

Виявлення потенційних конфліктних точок та подальша їх оцінка дозволяють, не очікуючи виникнення ДТП, вживати заходів щодо зниження аварійності. Звичайно, найхарактернішими для аварійних ситуацій є місця, де зустрічаються, переплітаються чи пересікаються потоки транспортних засобів та пішоходів, тобто пересічення вулиць та доріг на одному рівні. Водночас існує проблема пошуку взаємозв'язку між різними типами конфліктних точок та коефіцієнтами небезпеки, які відповідають їм та впливають на ступінь небезпеки перехресть. Виявлення цього взаємозв'язку дозволить суттєво вплинути на повноту й адекватність оцінки небезпеки перехресть.

Для оцінки потенційної небезпеки руху на перехрестях застосовують метод оцінки складності перехрестя, при якому виділяють три види конфліктних точок – розгалуження, злиття та пересічення транспортних потоків [2,3]. При цьому конфліктні точки розгалуження, злиття та пересічення оцінюють відповідно – 1, 3 та 5 балами. Загальна оцінка складності перехрестя на одному рівні m визначається за формулою:

$$m = 1 \cdot n_p + 3 \cdot n_z + 5 \cdot n_{\Pi} , \quad (1)$$

де n_p – кількість точок розгалуження транспортних потоків;
 n_z – кількість точок злиття транспортних потоків;
 n_{Π} – кількість точок пересічення транспортних потоків.

За показником m оцінюється рівень складності перехрестя в одному рівні. При цьому перехрестя вважається простим, якщо $m < 40$; середньої складності, якщо $m = 40 - 80$; складним, якщо $m = 81 - 150$; особливо складним, якщо $m > 150$.

Однак за однакових геометричних параметрів того чи іншого перехрестя, характеристики руху транспортних потоків на них можуть суттєво відрізнятися, що в свою чергу відображається на рівні аварійності [2,3]. З урахуванням цього в ряді існуючих підходів

Presentation of the main material

Identification of potential conflict points and their further evaluation make it possible, without waiting for the emergence of an accident, to take measures to reduce accidents. Of course, the most characteristic for road traffic emergence is the place where flows of vehicles and pedestrians meet, overlap or intersect on the same level. However, there are problems of determining the relationship between different types of conflict points and hazard ratios that correspond to them and affect the level of the accident rate at intersections. Identifying this relationship will allow to significantly affect the completeness and adequacy of risk assessment at intersections.

To assess the potential danger of traffic at intersections, they use the method for estimating the complexity of the intersection, where one specifies three types of conflict points – branching-off, merging and intersection of traffic flows [2, 3]. At this, conflict points of traffic flow branching-off, merging and crossing are assessed according to - 1, 3 and 5 points. The general estimation of the road intersection complexity on one level m is given by:

$$m = 1 \cdot n_p + 3 \cdot n_z + 5 \cdot n_{\Pi} , \quad (1)$$

where n_p - the number of traffic flows branching points;
 n_z - the number of points of traffic merging;
 n_{Π} - the number of points of transport flows intersection.

The level of complexity of the intersection located at the same level is estimated according to the index m . This intersection is considered simple if $m < 40$; of medium complexity, if $m = 40 - 80$; complex if $m = 81 - 150$; particularly complex if $m > 150$.

However, due to equal geometrical parameters of one kind of intersection or another, traffic characteristics on them can differ significantly, which in turn results in the accident rate [2.3]. With this in mind, in a number of existing approaches to assessing

до оцінки рівня конфліктності на перехрестях вводиться показник інтенсивності транспортних потоків:

$$\delta = 0,01 \cdot \sum (N_1 + N_2), \quad (2)$$

де δ – інтенсивності транспортних потоків;
 N_1 і N_2 – інтенсивності транспортних потоків, що конфліктують, авт./год.

Результати аналізу досліджень, спрямованих на траєкторії та динаміку руху транспортних засобів на перехрестях під час виконання ними певних маневрів свідчать про те, що взаємодія транспортних потоків є складним явищем, й спрощені оцінки конфліктних точок дають можливість отримати лише приблизне уявлення про існуючу ситуацію на тому чи іншому перехресті на одному рівні. Тому для адекватної оцінки конфліктних точок на перехресті потрібно виходити насамперед із урахування різнобічних факторів, у тому числі й динамічних параметрів конфліктуючих транспортних потоків.

Безпека руху на перетинаннях залежить від способу організації руху. На перехрестях із світлофорним регулюванням мають перевагу два види дорожньо-транспортних пригод: наїзд на автомобіль, що різко зупинився та зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофору.

Крім того, необхідно враховувати характеристики наявних пішохідних потоків, які пересікають проїжджу частину, оскільки вони є складовою частиною дорожнього руху у містах і безпосередньо впливають на утворення своєрідних типів конфліктних точок, що у свою чергу зменшує рівень безпечності перехресть.

На нерегульованих перехрестях, де дороги, що перетинаються діляться на головну та другорядну безпека руху залежить від дотримання правил почергового проїзду та час знаходження автомобілів другорядного напрямку в конфліктній зоні. На міських нерегульованих перехрестях безпека руху визначається планувальним рішенням перетинання та інтенсивністю руху автомобілів та пішоходів. Чим вище

the level of conflict at intersections they introduce the index of traffic flow intensity:

$$\delta = 0,01 \cdot \sum (N_1 + N_2), \quad (2)$$

where δ - the intensity of traffic flows;
 N_1 and N_2 - the intensity of conflicting transport flows, aut./h.

The results of research analysis that deals with the trajectory and dynamics of movement of vehicles at intersections while they accomplish a particular maneuver indicate that the interaction of traffic flows is a complex phenomenon, and simplified assessment of conflict points make it possible to obtain only approximate understanding of the existing situation at a particular one-level intersection. Therefore, to adequately assess the disputed points at an intersection, one must first of all proceed with regard to diverse factors, including dynamic parameters of conflicting transport flows.

Traffic safety at intersections depends on the method of traffic management. At intersections with traffic light control there occur two types of accidents: collision with a vehicle, which stopped drastically, and collision with a car that runs the red light.

One also needs to consider the characteristics of existing pedestrian flows crossing the roadway as they make a constituent part of the road traffic in towns and directly affect the formation of distinctive types of conflict points, which in turn reduces the safety level at intersections.

At uncontrolled intersections, where the roads that intersect are divided into the arterial and the minor ones, traffic safety depends on implementation of rules of successive passing the intersection and the time of secondary street vehicles presence in the conflict zone. At urban uncontrolled intersections traffic safety is determined by a planning decision of crossing the intersection as well as vehicular and pedestrian traffic density. The higher the

інтенсивність по другорядній дорозі і чим ближче вона до інтенсивності по головній дорозі, тим частіше на перетинанні порушується правило черговості проїзду та створюється конфліктна ситуація.

Для дослідження умов руху на перехрестях були проведені експериментальні дослідження на міських вулицях і дорогах різних категорій. Обрані дві магістральні вулиці районного значення – пр. Гагаріна, пр. Льва Ландау та дві житлових вулиця місцевого значення – вул. Молочна, пр. Героїв Сталінграду.

Проспект Гагаріна відноситься до магістральної вулиці міського значення (ділянка 1). Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 1992 авт./год., обратно – 1798 авт./год. Проспект Гагаріна має три смуги руху в одному напрямку та зворотному. Ширина проїзної частини складає 22,5 м. Покриття виконано з асфальтобетонної суміші.

Проспект Льва Ландау також відноситься до магістральної вулиці міського значення (ділянка 2). Розрахункова швидкість руху складає 90 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 1825 авт./год., обратно – 1836 авт./год. Проспект Льва Ландау має по три смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної частини 23 м, з урахуванням зеленої розділової смуги 0,5 м. Покриття вулиці виконано з асфальтобетонної суміші. На перехресті з проспектом Героїв Сталінграду у двох напрямках є зупинки міського транспорту, тролейбусів, автобусів та маршрутних таксі.

Вулиця Молочна відноситься до вулиці районного значення (ділянка 3). Розрахункова швидкість руху складає 80 км/год. Інтенсивність руху складає прямо – 687 авт./год., обратно – 661 авт./год. Вулиця Молочна має по дві смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної частини коливається від 10 м до 15 м.

Проспект Героїв Сталінграду відноситься до вулиці районного значення (ділянка 4). Розрахункова швидкість руху складає 80 км/год. Інтенсивність руху складає прямо –

traffic density on a secondary road is and the closer it is to the traffic density of the main road, the more often the rule of priority of crossing the intersection is violated and there is created a conflict situation.

To study the traffic conditions at intersections, there was conducted experimental research on city streets and highways of different categories. There were selected two collector streets - Gagarin Avenue, Lev Landau Avenue and two local residential streets – Molochna str., and Heroiv Stalingradu str.

Gagarin Avenue is a collector street (section 1). The design speed is 90 km/h. Direct traffic density constitutes 1992 veh./year, reverse traffic density constitutes - 1798 veh./year. Gagarin Avenue has three lanes in direct and reverse direction. The width of the carriageway is 22.5 m. The wearing course is made of asphalt mixture.

Lev Landau Avenue is a collector street (section 2). The design speed is 90 km/h. Direct traffic density constitutes 1825 veh./year, reverse traffic density constitutes - 1836 veh./year. Lev Landau Avenue has three lanes in direct and reverse direction. The width of the carriageway is 23 m, taking into account the green dividing strip - 0.5 m. The wearing course is made of asphalt mixture. At the intersection with Heroiv Stalingradu Avenue there are stops of urban transport, trolley buses and route-taxis in both directions.

Molochna str. is a collector street (section 3). The design speed is 80 km/h. The direct traffic density is - 687 veh./h, the reverse traffic density is - 661 veh./h. Molochna str. has two traffic lanes in each direction. The width of the roadway varies from 10 m to 15 m.

Heroiv Stalingradu str. refers to collector streets (section 4). The design speed is 80 km/h. The direct traffic density is - 951 veh./h, the reverse traffic density is - 1257

951 авт./год., обратно – 1257 авт./год. Проспект Героїв Сталінграду має по дві смуги руху у кожному напрямку. Ширина проїзної 15 м.

veh./h. Heroi Stalingradu Avenue has two lanes in each direction. The width of the carriageway is 15 m.

Для визначення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод на вулично-дорожній мережі треба дослідити кількість порушень правил дорожнього руху на об'єктах дослідження, бо саме це в першу чергу впливає на можливе виникнення дорожньо-транспортних пригод. Визначення ймовірності виникнення ДТП можливе шляхом врахування можливої кількості ДТП з розрахунку, що кожне порушення правил дорожнього руху може призвести до ДТП (табл.1,2).

To determine the likelihood of accidents on the road network, there should be examined a number of traffic rules violations on the objects of research, because it primarily influences the possible occurrence of road accidents. Determining the likelihood of accident occurrence is possible by taking into account the potential number of road accidents on the basis that each traffic violation can lead to accidents (tabl.1, 2).

Таблиця 1 – Кількість порушень ПДР від інтенсивності транспортного потоку на регульованому пішохідному переході

Кількість порушень ПДР	Інтенсивність транспортного потоку	
	Ділянка 1	Ділянка 2
5	584	-
6	-	495
10	1051	99
11	1735	1905
15	2015	-
16	2603	-
18	-	3009
19	-	3275
20	3407	-
23	3798	-
28	-	3992

Table 1 - Number of traffic rule violations, depending on the intensity of road traffic at a controlled pedestrian crossing The intensity of the transport-foot stream

Number of traffic rule violations	Traffic flow density	
	Section 1	Section 2
5	584	-
6	-	495
10	1051	992
11	1735	1905
15	2015	-
16	2603	-
18	-	3009
19	-	3275
20	3407	-
23	3798	-
28	-	3992

Для визначення факторів, що впливають на аварійність перехресть були проведені обстеження на перехрестях транспортних та транспортних і пішохідних потоків. На основі спостережень за порушеннями правил дорожнього руху було побудовано графіки залежності порушення ПДР від інтенсивності для кожного з перехресть, що досліджуються. Також на основі спостережень за порушеннями правил дорожнього руху було побудовано графіки залежності порушення ПДР від часу доби для кожного з перехресть.

To determine the factors influencing the accident rate at intersections, there was carried out survey of traffic and pedestrian flows at crossroads. Based on observations of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the traffic flow density for each of the investigated intersection. Also, based on the observation of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the time of the day for each of the intersections under study.

Таблиця 2 – Кількість порушень ПДР від інтенсивності транспортного потоку на нерегульованому пішохідному переході

Кількість порушень ПДР	Інтенсивність транспортного потоку	
	Ділянка 3	Ділянка 4
1	450	-
2	571	-
3	661	687
4	-	864
5	787	950
6	-	1121
7	1870	-
8	-	2237

Аналізуючи графіки залежності порушень правил дорожнього руху залежно від інтенсивності руху на перехрестях транспортних та транспортних і пішохідних потоків, робимо висновок, що найбільше число порушень правил дорожнього руху відбувається при максимальній інтенсивності транспортного потоку, а з побудованих залежностей порушень ПДР від часу доби видно, що найбільша кількість порушень ПДР відбувається в години «пік» з 11 до 13 години та з 16 до 18 години. Так, можна зробити висновок, що максимальна ймовірність виникнення ДТП відбувається при максимальній інтенсивності транспортного потоку у години «пік».

Висновки

Безпека руху на перехрестях вулиць та доріг залежить від способу організації руху. На перехрестях із світлофорним регулюванням мають перевагу два види дорожньо-транспортних пригод: наїзд на автомобіль, що різко зупинився та зіткнення з автомобілем, що рухався на заборонений сигнал світлофору. На нерегульованих перехрестях, де дороги, що перетинаються діляться на головну та другорядну безпека руху залежить від дотримання правил почергового проїзду та час знаходження автомобілів другорядного напрямку в конфліктній зоні.

На міських нерегульованих перехрестях безпека руху визначається планувальним рішенням перетинання та інтенсивністю руху автомобілів та пішоходів. Чим вище

Table 2 - Number of traffic rule violations, depending on the intensity of road traffic at an uncontrolled pedestrian crossing

Number of traffic rule violations	Traffic flow density	
	Section 3	Section 4
1	450	-
2	571	-
3	661	687
4	-	864
5	787	950
6	-	1121
7	1870	-
8	-	2237

Analyzing the graphs of traffic rules violation based on traffic intensity at the crossroads of transport and pedestrian flows, one can conclude that the greatest number of traffic rules violation occurs at maximum traffic flow density, and according to the built traffic rule violation dependences based on the time of the day, it can be seen that the largest number of traffic rules violation occur during the “peak” hours from 11. 00 a. m. to 01. 00 p. m. and from 16. 00 p. m. to 18. 00 p. m. Thus, we can conclude that there is maximum probability of accident occurrence at maximum traffic density during “peak” hours.

Conclusions

Traffic safety at road intersections depends on the method of traffic management. At intersections with traffic light control there occur two types of accidents: collision with a vehicle that stopped abruptly and collision with a vehicle that ran through the red light. At uncontrolled intersections, where the intersecting roads are divided into the primary and secondary ones, traffic safety depends on the compliance with the rules of alternating passing the intersection by vehicles and the time spent by the secondary street traffic flow vehicles in a conflict zone.

To determine the factors influencing the accident rate at intersections, there was carried out survey of traffic and pedestrian flows at crossroads. Based on observations of

інтенсивність по другорядній дорозі і чим ближче вона до інтенсивності по головній дорозі, тим частіше на перетинанні порушується правило черговості проїзду та створюється конфліктна ситуація. На безпеку руху має вплив і планування перетину. При радіусах закруглення менше 10 м автомобілі виходять за межі відведеної їм смуги на проїжджій частині та створюють завади на інших смугах руху. На перетинаннях, де конфліктні точки розміщуються на відстані 10-15 м одна від одної, число ДТП в 2 – 2,5 разів менше, ніж на перетинаннях з тісним розміщенням. Найбільшу небезпеку для руху складають повороти ліворуч, особливо з другорядної дороги. На їх долю приходить більше ніж 40% від усіх ДТП на перетинаннях.

traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the traffic flow density for each of the investigated intersection. Also, based on the observation of traffic violations there were built graphs of dependence of traffic rules violation on the time of the day for each of the intersections under study. Analyzing the graphs of traffic rules violation based on traffic intensity at the crossroads of transport and pedestrian flows, one can conclude that the greatest number of traffic rules violation occurs at maximum traffic flow density, and according to the built traffic rule violation dependences based on the time of the day, it can be seen that the largest number of traffic rules violation occur during the “peak” hours from 11. 00 a. m. to 01. 00 p. m. and from 16. 00 p. m. to 18. 00 p. m. Thus, we can conclude that there is maximum probability of accident occurrence at maximum traffic density during “peak” hours.

Література

1. Бабков В. Ф., Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993.
2. Шештокас В.В., Самойлов Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. – М.: Транспорт, 1987.-208с.
3. Рябець Я.В. Аналіз існуючих методів, що застосовуються при визначенні рівня конфліктності на перехрестях / Я.В. Рябець, В.Л. Липчанський // Безпека дорожнього руху України: Науково-технічний вісник. – К., 2003/1–2. – С. 19 – 23.

References

1. V. Babkov, Road conditions and traffic safety: Textbook for Higher Educational Schools. - M.: Transport, 1993.
2. V. Sheshtokas, V. Samoilov, Conflict Situations and Road Safety in Cities. - M: Transport, 1987. - p. 208.
3. Y. Ryabets. Analysis of Existing Methods used in Determining the Level of the Conflict Rate at Road Intersections / Y. Ryabets, V. Lypchanskyi // Road Traffic Safety in Ukraine: Scientific and Technical Journal. - K., 2003 / 1-2. – p. 19 - 23.

Рецензенти:

Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Kyzyma S.C., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **10.10.2016 р.**



Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 332.6 : 68.003

Козарчук І.А., канд. техн. наук

ВРАХУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ВИТРАТ ПРИ ОЦІНЦІ ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА ТИМЧАСОВИХ СПОРУД

Анотація. У статті проаналізовано структуру транспортних витрат як складової вартості тимчасових будівель. Досліджено основні принципи розрахунку даних витрат за допомогою складання калькуляції транспортних витрат і за укрупненими показниками. Франкування ціни та правила Інкотермс розглядаються як механізм узгодження умов постачання між покупцем і продавцем.

Ключові слова: Інкотермс, оцінка, тимчасова будівля, транспортні витрати, франкування, ціноутворення.

УДК 332.6 : 68.003

Козарчук І.А., канд. техн. наук

УЧЕТ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ВРЕМЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье проанализирована структура транспортных расходов как составляющей стоимости временных сооружений. Исследованы основные принципы расчета данных расходов с помощью составления калькуляции транспортных расходов и по укрупненным показателям. Франкировка цены и правила Инкотермс рассматриваются как механизм согласования условий поставки между покупателем и продавцом.

Ключевые слова: временное сооружение, Инкотермс, оценка, транспортные расходы, франкировка, ценообразование.

UDC 332.6 : 68.003

Kozarchuk I., Ph.D.

ACCOUNTING OF TRANSPORTATION EXPENSES WHILE ESTIMATING THE CONSTRUCTION COST OF TEMPORARY BUILDINGS

Abstract. The article analyzes the structure of transportation expenses as a component of the cost of temporary buildings. The basic principles of these expenses estimation using the compiling of transport costs calculation and aggregative indices are being researched. Franco prices and Incoterms rules are considered as a mechanism to coordinate the conditions of delivery between a buyer and a seller.

Keywords: evaluation, Franco price, Incoterms, pricing, temporary building, transportation cost.

Постановка проблеми

Забезпечуючи переміщення сировини й готових виробів зі сфери виробництва до сфери споживання, транспорт продовжує процес виробництва. Витрати транспорту на переміщення збільшують вартість продукту, що перевозиться, тому що до неї додається

Formulation of the problem

Providing the moving of materials and products from the manufacturing area to consumption area, a transportation continues the production process. Carrying expenses of transport increase the cost of the product to be transported, because the

витрачена вартість виробничих фондів транспорту й робочої сили. При цьому не змінюються кількісні і якісні характеристики продукту. У цьому полягає особливість продукції транспорту. Оскільки транспортні витрати є багатопараметричними та мають велику вагу в ціні будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві тимчасових споруд, правильний їх розрахунок є актуальною проблемою.

Аналіз досліджень і публікацій

Дослідженнями даної проблематики займалися автори Беловол В.В. [1], Голубова О.С. [2], Жван В.В. [5], Рижмань Д.І. [7] та інші. У своїх роботах вони приділяли увагу структурі, нормативній базі та принципам розрахунку транспортних витрат, а також відзначали їх значний відсоток від загальної ціни будівельної продукції.

Мета статті – дослідження основних принципів урахування транспортних витрат при оцінці тимчасових будівель і споруд.

Основна частина дослідження

У кошторисній вартості будівництва враховуються кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд, необхідних для виконання будівельних робіт та обслуговування працівників.

До титульних тимчасових будівель належать, зокрема, тимчасові під'їзні та землевозні автомобільні дороги, тимчасові матеріально-технічні склади та навіси на будівельному майданчику, тимчасові каменедробильно-сортувальні установи, тимчасові ЦБЗ і АБЗ та ін.

Розмір коштів на такі споруди визначається згідно з ДСТУ Н Б Д.1.1-5:2013 [3] калькуляційним методом за даними проекту організації будівництва або за усередненими відсотковими показниками.

Транспортні витрати є однією зі складових вартості будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві тимчасових

value of transport and labor assets spent is added. At the same time, quantitative and qualitative properties of the product are not changed. This is the feature of a transport product. Since transportation costs are multivariable and take a big part of the price of building materials, used in constructing of temporary structures and facilities, their proper calculation is the actual problem.

Analysis of studies and publications

Investigations of this problem engaged the authors: Byelovol V. [1], Holubova O. [4], Ryzhman' D. [6], Zhvan V. [8], etc. In their works they placed emphasis on the structure, regulatory base, and principles of transportation costs calculation, and also noted their significant percentage of the total price of construction products.

Purpose of the article – to study the basic principles of evaluation of transportation expenses as a part of the cost of temporary buildings.

Main part of the study

The estimated cost of construction considers costs accounted for the erection and dismantling of temporary buildings and facilities needed for the construction works and maintenance of workers.

Title temporary buildings include, in particular, the temporary access and earth-transporting roads, temporary material and technical storehouses and sheds at a construction site, temporary crushing and sorting plants, temporary cement and asphalt plants, etc.

Size of funds for such facilities is determined in accordance with DSTU N B D.1.1-5:2013 [2] using a calculation method according to the data of construction project or according to the averaged indexes.

Transportation costs are one of the components of the value of building materials, used in constructing of

споруд, і складають значну частину торговельних затрат.

В загальному випадку кошторисна вартість будівельних матеріалів включає:

- оптову ціну промисловості;
- витрати з доставки матеріалів до приоб'єктного складу (транспортні витрати);
- націнки постачальницько-збутових організацій;
- витрати на тару, упаковку і реквізит;
- заготівельно-складські витрати.

У будівництві витрати з доставки місцевих будівельних матеріалів, виробів та конструкцій до приоб'єктних складів будівельного майданчика визначаються на основі транспортних схем і кошторисних цін на перевезення вантажів для будівництва.

Якщо спосіб доставки відрізняється від встановленої транспортної схеми, то витрати, пов'язані з доставкою будівельних матеріалів на будівельний об'єкт, визначається шляхом складання калькуляції транспортних витрат.

Загальна величина транспортних витрат включає:

- витрати на навантажувально-розвантажувальні операції;
- провізну плату за автомобільні, залізничні та річкові перевезення;
- оплату за подачу та забирання вагонів під навантаження і вивантаження в пунктах відправлення і призначення.

Для розрахунку калькуляції використовують наступні вихідні дані:

1. Суб'єкти господарювання формують відпускні ціни на вироблені ними товари з урахуванням або без урахування витрат, пов'язаних з їх транспортуванням до пункту, обумовленого договором (умови франко). Залежно від виду відпускної ціни постачальника змінюється кількість транспортних операцій, що враховуються в калькуляції.

2. Питома вага поставки вказується у відсотках від загальної кількості.

3. Тарифи на залізничні перевезення

temporary structures and facilities. They form a significant part of trading costs.

In general, the estimated value of building materials includes:

- wholesale price of industry;
- costs of shipping materials to the on-site store (transportation costs);
- markups of supply and marketing organizations;
- the cost of tare, packaging and requisite;
- procurement and storage costs.

In construction, the costs to deliver local building materials, products and structures to the stores of building sites are evaluated based on transportation schemes and estimated prices of freighting.

If the delivery method is different from the established transportation scheme, the costs associated with the delivery of building materials to the construction site are determined by drafting the calculation of transportation costs.

The total value of transportation costs includes:

- the cost of loading and unloading operations;
- freight fees for road, railway and river transportations;
- payment for the supply and withdrawal of railway carriages for loading and unloading in the departure and destination stations.

To draft the calculation, the following input data are used:

1. Economic entities form selling prices for their products including or excluding costs related to transporting them to the point specified in the contract (Franco prices). Depending on the type of the supplier's selling price, the number of transport operations, which are captured in the calculation, is changed.

2. Specified weight of the delivery is indicated in percentage of the total amount.

3. Railway tariffs include the cost of

передбачають витрати на транспортування вантажів для будівництва по коліях загального користування. Основна маса будівельних матеріалів перевозиться повагонно. Провізна плата за перевезення вантажів залізничним транспортом визначається виходячи з норми завантаження рухомого складу і відстані перевезення. Чим менша норма завантаження вагона і чим більша відстань, тим вищий тариф на перевезення 1 т вантажу.

4. Кошторисні ціни на перевезення вантажів автомобільним транспортом установлюються в залежності від класу вантажу і відстані перевезення. При перевезенні будівельних вантажів автомобільним транспортом всі матеріали поділяються на п'ять класів. Чим легший матеріал, тим вищий клас вантажу, тим дорожче оцінюється перевезення 1 т вантажу.

Надбавки при перевезенні вантажів автомобільним транспортом бувають двох видів:

- за використання спеціалізованого транспорту;
- за перевезення великогабаритних вантажів.

5. Кошторисні ціни на навантажувально-розвантажувальні роботи передбачають нормативний розмір витрат, пов'язаний з виконанням цих робіт, включаючи підношення, сортування і штабелювання матеріалів. Кошторисні ціни встановлюються за основними групами матеріалів окремо для залізничних, автомобільних і водних перевезень. Вартість вантажних робіт на складі заводу-виробника врахована в оптових цінах на матеріали (за винятком випадків, обумовлених у відповідних преїскурантах оптових цін), а розвантажувальних робіт на приоб'єктному складі – в одиничних розцінках [2].

При неможливості визначення транспортних витрат на підставі калькуляції ці витрати можуть визначатися за укрупненими показниками.

В укрупнених показниках транспортні витрати, як правило, наводяться в грн. на 1 т обладнання або у відсотках від відпускної ціни обладнання для певного будівництва або певних районів.

У транспортні витрати на перевезення водним та автомобільним транспортом негабаритного

transportation of the construction freights by railway lines for public use. Most of the building materials are transported in railway carriages. Freight fee for railway transportation is determined based on the rate of rolling stock load and transportation distance. The lower the rate and the greater the distance, the higher the tariff for transportation of 1 ton of loads is.

4. Estimated prices for freighting by automobile transport are set depending on the freight class and transportation distance. When transporting construction freights by road, all materials are divided into five classes. The lighter the material, the higher the freight class is, and the more expensive it is to transport 1 ton of load.

There are two types of extra charges for the carriage by road:

- for using a specialized transport;
- for transportation of an oversized freight.

5. Estimated prices for loading and unloading works cover the normative amount of costs associated with the performance of these works, including carrying, sorting and stacking of materials. Estimated prices are set by the major groups of materials separately for railway, road and water transportation. The loading cost at the manufacturer storehouse is included in wholesale prices for materials (except as specified in the respective listed wholesale prices), and unloading cost at the on-site stock – in a unit pricing [4].

If determining the transportation costs basing on this calculation is impossible, these costs can be determined by aggregated indexes.

Transportation costs in aggregated indexes are usually adduced in UAH per 1 ton of equipment or in a percentage of the selling price of equipment for a certain construction or a certain region.

When using a water or road transport, the transportation costs of oversized

обладнання в нерозібраному вигляді включаються витрати на пристосування транспортних засобів до умов перевезення, влаштування спеціальних причалів, підсилення мостів, випрямлення доріг, перенесення будівель тощо.

Вартість виконання проектних робіт з розробки методів перевезення унікальних видів негабаритного обладнання переноситься на вартість обладнання.

При надходженні обладнання від посередницьких організацій враховується постачальницько-збутова націнка, що встановлюється у відсотках від відпускної ціни підприємства-виробника в розмірі до 5%. У зазначену націнку, як правило, входять транспортні витрати з доставки обладнання на склад споживача, посередницькі послуги та інші витрати.

Вибір транспортних схем доставки будівельних матеріалів від постачальника до споживача значною мірою впливає на собівартість будівельної продукції [1].

Виходячи з того, що транспортні витрати в кошторисній вартості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій займають значну питому вагу (до 30%), при їх визначенні необхідно проводити техніко-економічний аналіз транспортних схем. В процесі такого аналізу, особливо при транспортуванні місцевих матеріалів, визначають джерела їх надходження (заводи, кар'єри), умови доставки, різновиди транспортних засобів, відстань перевезення, види франко тощо.

Розкриваючи структуру вартості будівельних матеріалів (1), слід звернути увагу на четверту групу ціноутворення T_b – транспортні витрати, які по відношенню до загальної ціни матеріалу складають 25...30 %:

$$B_m = B_{\text{ц}} + B_{\text{тур}} + H_{\text{п}} + T_b + B_{\text{зс}}, \quad (1)$$

де B_m – загальна вартість будівельного матеріалу, грн.;

$B_{\text{ц}}$ – відпускна ціна, оптова або роздрібна (базисна, договірна), грн.;

undismantled equipment include costs of adapting vehicles to carriage conditions, constructing special berths, reinforcement of bridges, straightening of roads, moving buildings, etc.

The cost of design works to develop methods of transportation of unique types of oversized equipment is transferred to the cost of equipment.

When receiving the equipment from intermediary organizations, the supply-and-marketing margin, which is set up to 5% of the manufacturer selling price, should be considered. This margin typically includes transportation costs of equipment delivery to the consumer storehouse, intermediary services and other expenses.

The selection of a transportation scheme of delivering building materials from the supplier to the consumer greatly affects the cost of construction products [1].

Basing on the fact that transportation costs occupy a significant proportion (up to 30%) in the estimated cost of building materials, products and structures, it is necessary to carry out a technical and economic analysis of transportation schemes when determining the costs. During this analysis, especially when transporting local materials, their sources (factories, quarries), delivery terms, types of vehicles, transportation distance, Franco types, etc., are being determined.

Revealing the structure of the cost of building materials (1), it is necessary to emphasize the fourth group of pricing T_c – transportation costs, which are 25...30% of the total price of the material:

$$C_m = S_p + C_{\text{tpr}} + S_m + T_c + C_{\text{ps}}, \quad (1)$$

where C_m – total cost of building material;
 S_p – selling price, wholesale or retail (basic, contract);

C_{tpr} – cost of tare, packaging and requisite;

$V_{\text{туп}}$ – витрати на тару, упаковку та реквізити, грн.;
 $H_{\text{п}}$ – націнки постачальників, грн.;
 $T_{\text{в}}$ – транспортні витрати, грн.;
 $V_{\text{зс}}$ – заготівельно-складські витрати, грн.

$S_{\text{м}}$ – supplier margin;
 $T_{\text{с}}$ – transportation costs;
 C_{ps} – procurement and storage costs.

У свою чергу $T_{\text{в}}$ – транспортні витрати на 1 тону будівельного матеріалу (вантажу) – у складі загальної суми матеріалів ($V_{\text{м}}$) приймаються за формулою:

$$T_{\text{в}} = V_{\text{п.тз}} + V_{\text{н.р}} + T_{\text{тр}}, \quad (2)$$

де $V_{\text{п.тз}}$ – вартість подачі транспортних засобів (автомобілів, вагонів, суден тощо), грн.;
 $V_{\text{н.р}}$ – вартість всіх навантажень і розвантажень при доставці вантажу до приоб'єктного складу, грн.;
 $T_{\text{тр}}$ – тарифна плата за перевезення матеріалів різними видами транспорту, грн.

Transportation cost ($T_{\text{с}}$) of 1 ton of materials (freight) in the total cost of material ($C_{\text{м}}$) is calculated by the formula:

$$T_{\text{с}} = C_{\text{vd}} + C_{\text{lu}} + T_{\text{f}}, \quad (2)$$

where C_{vd} – cost of vehicles delivery (automobiles, railway carriages, ships, etc.);
 C_{lu} – cost of loading and unloading for freight delivery to a site-on store;
 T_{f} – tariff fee for material transportation using different kinds of transport.

У випадку перевезення будівельних вантажів власним автомобільним транспортом будівельної організації витрати на перевезення визначаються відповідно до ДСТУ-Н Б Д.1.1-9:2013 [4]. Положення цього стандарту передбачають визначення вартості та трудомісткості робіт з перевезення будівельних вантажів на підставі складання розрахунків за статтями витрат. Розрахунки виконуються на підставі норм витрат палива, мастильних матеріалів, норм середнього ресурсу пневматичних шин, норм витрат матеріальних ресурсів при ремонті та технічному обслуговуванні автомобілів, а також розрахункової трудомісткості робіт при перевезенні будівельних вантажів.

When transporting building materials by construction company's own automobile transport, transportation costs are determined in accordance with DSTU-N B D.1.1-9:2013 [3]. This standard assigns the cost and laboriousness of works on building materials transportation on the basis of expenditure calculations. The calculations are performed on the basis of consumption rates of fuel, lubricants, average life of pneumatic tires, consumption rates of material resources when repairing and maintaining vehicles, as well as the estimated laboriousness involved in the transportation of building materials.

Усереднені показники транспортних витрат (УПТВ) [8] застосовуються при складанні інвесторської кошторисної документації з обов'язковим уточненням вартості перевезення при складанні ціни пропозиції учасника конкурсних торгів, договірної ціни і проведенні взаєморозрахунків за обсяги виконаних робіт.

Average indexes of transportation costs (AITC) [7] are used in the compilation of investor estimate documents with a mandatory elaboration of transportation cost while drafting the offer price of the bidder, the contract price, and while settling for the scope of work performed.

УПТВ враховують прямі витрати, пов'язані з перевезенням будівельних вантажів, непрямі витрати (податки, збори, обов'язкові платежі, які враховуються у вартості перевезення будівельних вантажів), а також прибуток.

AITC consider the direct expenses associated with the transportation of building materials, indirect expenses (taxes, fees, and compulsory payments which are taken into account in the cost of the building materials transportation), and

УПТВ враховують усереднені умови перевезення вантажів бортовими автомобілями, тягачами з причепами та напівпричепами, автомобілями-самоскидами, спеціальним транспортом, усереднену вантажопідйомність рухомого складу за видами та класами вантажів незалежно від класифікації доріг, по яких здійснюється рух.

УПТВ розраховані на перевезення 1 т за п'ятьма класами вантажів залежно від відстані перевезення: на 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 км, а також на кожні наступні 10 км в інтервалі 71 км – 100 км; 101 км – 200 км; 201 км – 500 км.

Вартість перевезення визначається:

- на відстані до 10 км – за формулою:

$$П_{i \text{ км}} = \frac{П_{10 \text{ км}} \cdot i_{\text{км}}}{10 \text{ км}}, \quad (3)$$

де $П_{i \text{ км}}$ – усереднений показник на i -ий кілометр, грн.;

$П_{10 \text{ км}}$ – усереднений показник на відстань 10 км відповідного вантажу, грн.;

$i_{\text{км}}$ – відстань перевезення, км;

- на проміжні відстані від 10 до 70 км – шляхом інтерполяції;

- на відстані більше 70 км:

а) на відстані, кратні 10 км, – шляхом додавання відповідних поправок, наведених в табл. 4 [8], на кожні наступні 10 км;

б) на відстані, не кратні 10 км, – шляхом додавання 10-ї частини відповідної поправки, помноженої на не кратну 10 кількість кілометрів.

Клас вантажів визначається відповідно до їх номенклатури та даних, наведених в табл. В.1 Додатка В до ДСТУ-Н Б Д.1.1-9:2013 [4].

Продавець і покупець окрім ціни товару повинні також погодити базисні умови постачання, що визначають основні права й обов'язки учасників угоди при транспортуванні, упакуванні і маркуванні товарів, по страхуванню вантажів і оформленню комерційної документації, а також визначають

profit.

AITC consider averaged conditions of freighting by flatbed trucks, tractors with trailers and semitrailers, dump trucks, special transport, averaged carrying capacity of rolling stock according to the freight classes and types, regardless of the classification of roads used for a traffic.

AITC are aimed at the transportation of 1 ton of freight of five classes depending on the transportation distance: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 km, and at every subsequent 10 km in ranges of 71 km – 100 km, 101 km – 200 km, and 201 km – 500 km.

Transportation cost is determined:

- within 10 km – by formula:

$$I_{i \text{ км}} = \frac{I_{10 \text{ км}} \cdot d_{\text{км}}}{10 \text{ км}}, \quad (3)$$

where $I_{i \text{ км}}$ – average index at the i -th kilometer;

$I_{10 \text{ км}}$ – average index at 10 km for the corresponding freight;

$d_{\text{км}}$ – transportation distance, km;

- at intermediate distances from 10 to 70 km – by interpolation;

- at a distance of over 70 km:

a) at a distance divisible by 10 km – by adding the corresponding amendments contained in table 4 [7] for every subsequent 10 km;

b) at a distance, not divisible by 10 km – by adding the 1/10 of the corresponding amendment, multiplied by the number of kilometers that is not divisible by 10.

Freight class is determined according to its nomenclature and data presented in table C.1 of Annex C to DSTU-N B D.1.1-9:2013 [3].

In addition to the price of goods, the seller and the buyer must also agree on the basic conditions of supply that define the main rights and obligations of parties involved in the transportation, packaging and labeling of goods, freight insurance and registration of the commercial

місце і час переходу права власності від продавця до покупця і те, як ці умови відображаються в ціні товару.

У внутрішній торгівлі ціни в залежності від умов постачання товарів відрізняються за видами франко. «Франкування» – це економічні і правові умови, що визначають порядок включення в ціну витрат, пов'язаних із транспортуванням, навантажувально-розвантажувальними роботами, складуванням і страхуванням вантажів.

Кожен вид франко (рис. 1) показує, до якого пункту на шляху руху товару від продавця до покупця додаткові витрати включені в ціну за договором купівлі-продажу. В усіх випадках усі витрати сплатує покупець.

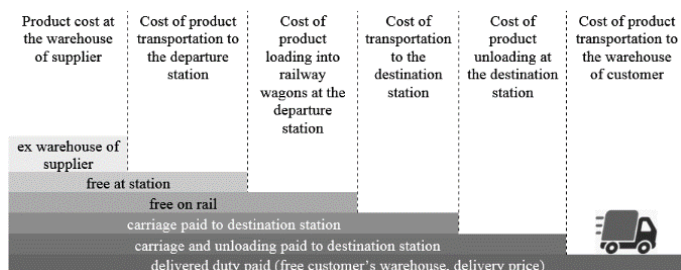


Рисунок 1 – Система франкування ціни

Найнижчими за рівнем цінами з перерахованих і найбільш вигідними підприємству-виробнику є ціни франко-склад постачальника; найвищими – франко-склад покупця, і певним чином вигідними для покупця. У першому випадку (франко-склад постачальника) витрати з доставки не включаються до ціни, а в другому (франко-склад покупця) вони в повному обсязі увійдуть у відпускну ціну підприємства-постачальника. Включення транспортних витрат у ціну призводить до підвищення її рівня, непрямі податки та неподаткові платежі пропорційно збільшують її розміри, що може зробити дану продукцію неконкурентоспроможною.

У практиці міжнародної торгівлі при оформленні та укладанні зовнішньоторговельних контрактів купівлі-продажу сторони використовують базисні

documentation, as well as determination of the place and time of the ownership transfer from the seller to the buyer, and how these conditions are reflected in the price of goods.

In domestic trading, depending on the conditions of product supply, prices are differed according to the Franco types. “Franco prices” – are the economic and legal conditions governing the inclusion in a price of the costs associated with transportation, loading and unloading, warehousing, and cargo insurance.

Each Franco type (fig. 1) shows a point to which additional costs of freight movement from the seller to the buyer are included in the price of the sale contract. In all cases all expenses are paid by the buyer.

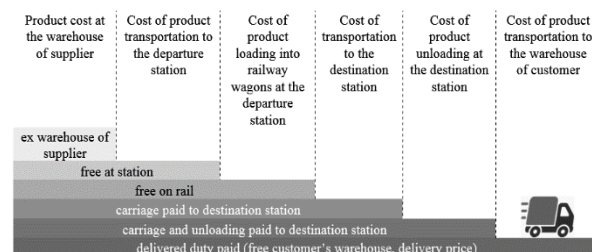


Figure 1 – System of Franco prices

The lowest and the most profitable for a manufacturer is ex warehouse of supplier price, the highest – free customer's warehouse, and in a certain way beneficial for the buyer. In the first case, transportation costs are not included in the price, and in the second case, they will be fully included in the selling price of the supplier. The inclusion of transportation costs will raise the price, indirect taxes and non-tax payments will proportionally increase its size, which can make the product uncompetitive.

In the practice of international trade, when concluding foreign sale contracts, parties use the basic conditions of supply, interpretation of which and obligations of the parties are contained in a special

умови постачання, тлумачення яких і зобов'язання сторін містяться в спеціальному збірнику Міжнародної торгової палати «Інкотермс» (з англ. Incoterms – International commerce terms) [6]. Відповідно до Інкотермс основний принцип регламентування умов постачання товарів полягає в послідовному збільшенні обов'язків продавця від мінімального до максимального рівня і відповідне збільшення витрат на переміщення товару, які оплачує продавець і, отже, обліку їх в ціні товару, що фіксується в контракті [5-8].

В правилах Інкотермс 2010 явно вказується, що вони можуть бути використані як у міжнародних договорах, так і у внутрішньонаціональних. Це пояснюється тим, що, по-перше, комерсанти широко використовують дані правила в національних договорах купівлі-продажу. По-друге, в США зростає бажання використовувати Інкотермс у внутрішній торгівлі замість раніше закріплених у торговому кодексі США термінів відвантаження та постачання.

Правила Інкотермс не вказують на необхідну до сплати ціну або спосіб оплати. Вони також не регламентують перехід права власності на товар або наслідки порушення договору. Ці питання зазвичай визначаються в договорі купівлі-продажу або в праві, що застосовується до такого договору. Сторони, однак, повинні враховувати, що строго обов'язковий національний закон (mandatory local law) може мати перевагу над будь-яким аспектом договору купівлі-продажу, включаючи обраний термін Інкотермс [6].

Таким чином, Інкотермс можна розглядати як метод непрямого регулювання цін, саморегулювання взаємодії продавця і покупця на основі умов і обов'язків сторін при виборі умов постачання за ціною, структура якої заздалегідь визначена. Посилання на Інкотермс в контракті робить його нормативним документом. Окрім того, ці правила дозволяють уникнути розбіжностей в інтерпретації умов угод купівлі-продажу.

collection of International Chamber of Commerce – “Incoterms” (International commerce terms) [5]. According to Incoterms, the basic principle of regulation of goods delivery terms lies in the consecutive increasing of seller's responsibilities from minimum to maximum and a corresponding increase of freight costs, which are paid by the seller, and therefore keeping them in the price of goods that is fixed in the contract [5, 6, 8].

Incoterms 2010 rules clearly state that they can be applied in domestic contracts as well as in international. This is because, firstly, merchants widely use these rules in national sale contracts. Secondly, there is an increasing desire in the USA for using Incoterms in domestic trade instead of the shipment and delivery terms previously set in the Uniform Commercial Code.

Incoterms rules do not indicate a specific price or a payment method. They also do not regulate the transfer of goods ownership or the consequences of breach of the contract. These issues are usually defined in the sale contract or the law applicable to this contract. The parties, however, should be aware that strictly mandatory local law may have an advantage over any aspect of the sale contract, including the selected Incoterms term [5].

Thus, Incoterms can be considered as a method of indirect price regulation, self-regulation of seller and buyer interaction on the basis of the conditions and obligations of the parties when selecting supply conditions for a price, structure of which is pre-determined. Referencing Incoterms in the contract makes it a normative document. In addition, these rules aids to avoid discrepancies in the interpretation of conditions of sale contracts.

Висновки

Вартість тимчасових будівель і споруд значною мірою залежить від витрат на перевезення будівельних матеріалів, в тому числі від раціонального вибору транспортних схем постачання. При неможливості визначення транспортних витрат на підставі калькуляції ці витрати можуть визначатися за укрупненими показниками.

В умовах ринкових відносин і зростання обсягів експортно-імпортних операцій підприємств повинен особливу увагу приділяти тому виду цін, який буде зафіксований в контракті. У зв'язку з цим застосування в контрактах торгових термінів, сформованих на практиці міжнародної торгівлі, має бути абсолютно точним і відповідати встановленим вітчизняним законам і нормативним документам.

Література

1. Беловол В.В. Вплив транспортних схем на формування собівартості будівельно-монтажних робіт / В.В. Беловол // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Будівництво». Вип. 11 (14), 2010: науковий журнал / ред. рада В.І. Ладика. – Суми : СНАУ, 2010. – С. 17-24.
2. Голубова О.С. Ценообразование в строительстве / О.С. Голубова, Т.В. Щуровская, Л.К. Корбан, Н.Е. Винокурова. – Минск : БНТУ, 2007. – 238 с.
3. ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013. Настанова щодо визначення розміру коштів на титульні та тимчасові будівлі та споруди і інші витрати у вартості будівництва // Мінрегіон України. – К, 2013. – 54 с.
4. ДСТУ-Н Б Д.1.1-9:2013 Настанова щодо визначення вартості та трудомісткості робіт з перевезення будівельних вантажів власним автомобільним транспортом будівельних організацій при складанні договірної ціни та проведенні взаєморозрахунків за обсяги виконаних робіт // Мінрегіон України. – К, 2013. – 56 с.
5. Жван В.В. Ціноутворення у будівництві: конспект лекцій / В.В. Жван. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 64 с.
6. Інкотермс 2010.

Conclusions

The cost of temporary buildings and structures is largely dependent on the cost of transportation of construction materials, including the rational choice of transport supplies schemes. If determination of the transportation costs on the basis of calculation is impossible, these costs can be determined by aggregated indexes.

In the conditions of market relations and growth of export-import transactions entrepreneur should pay a special attention to the type of prices to be fixed in the contract. In this regard, the use of trade terms, formed on the prevailing practice of international trade, must be absolutely accurate and comply with the relevant domestic laws and regulations.

Literature

1. Byelovol V.V. Vplyv transportnykh skhem na formyrovanye sobivartosti budivel' no-montazhnykh robit / V.V. Byelovol // Visnyk Sums' koho natsional' noho universytetu ahrarnoho. Seriya «Budivnytstvo». Vyp. 11 (14) 2010: naukovyy zhurnal / red. rada V.I. Ladyka. - Sumy: SNAU, 2010. - S. 17-24.
2. Holubova O.S. Tsinoutvorenniya v budivnytstvi / O.S. Holubova, T.V. Shchurovs' kyy, L.K. Korban, N.YE. Vynokurova. - Mins' k: BNTU, 2007. - 238 s.
3. DSTU-N B D.1.1-5 diye do: 2013. Nastanova otnosytel' no vyznachennya rozmiru koshtiv na titul' ni ta Tymchasovi Budivli ta sporudy y inshi vytraty u vartosti budivnytstva // Minrehion UKRAYINY. - K, 2013. - 54 s.
4. DSTU-N B D.1.1-9 diye do: 2013 Nastanova otnosytel' no vyznachennya vartosti ta trudemistkosti robit z perevezennya budivel' nykh vantazhiv vlasnym avtomobil' nim transportom budivel' nykh ORHANIZATSIY pry skladanni dohovirnoyi tsiny ta provedenni vzayemorozrakhunkiv za OBSYAHY Vykonnannya robit // Minrehion Ukrayiny. -

7. Рижмань Д.І. Ціноутворення: навч. посіб. / Д.І. Рижмань, Г.Я. Віннічук, І.М. Криворучко, В.М. Пилявець. – Київ : Аграрна освіта, 2011. – 312 с.
8. Усереднені показники транспортних витрат для визначення в інвесторській кошторисній документації вартості перевезення будівельних вантажів автомобільним транспортом у поточних цінах // Лист Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 01 січня 2016 року. – Київ, 2016.
- К, 2013. - 56 s.
5. Zhvan V.V. Tsinoutvorenniya u budivnytstvi: konspekt lektsiy / V.V. Zhvan. - Kharkiv: KHNAMH, 2009. - 64 s.
6. Inkoterms 2010 roku.
7. Rizhman' D.I. Tsinoutvorenniya: navch. posib. / D.I. Rizhman' , H.YA. Vinnichuk, I.M. Kryvoruchko, V. M. Pylyavets' . - Kyiv: Ahrarna osvita, 2011. - 312 s.
8. Useredneni pokazately transportnykh vytrat dlya vyznachennya v investors' kiy koshtorisniy dokumentatsiyi vartosti perevezennya budivel' nykh vantazhiv avtomobil' nim transportom u potokovykh tsinakh // Lyst Ministerstva rehional' noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal' noho hospodarstva Ukrayiny vid 01 sichnya 2016 roku. - Kyiv, 2016.

Рецензенти:

Кірічек Ю. О., д-р. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.
Яценко І. В., канд. екон. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kirichuk Yu.O., Dr. Tech. Sci., Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture.
Yatsenko I. V., Cand. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **24.10.2016 р.**

УДК 625.7

Краюшкіна К.В., канд. техн. наук, Химерик Т.Ю., канд. техн. наук, Скрипченко О.В.

ВПЛИВ СТАБІЛІЗАТОРІВ НА ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Анотація. У статті розглянуто питання оцінки фізико-механічних властивостей ґрунтів різних типів при введенні до їх складу стабілізатору нового покоління Envirotak. Введенням добавки можливо значно покращити фізико-механічні характеристики глинистих ґрунтів, збільшити довговічність і стійкість шарів дорожнього одягу з їх застосуванням. Укріплення стабілізаторами ґрунтів та інших місцевих матеріалів в дорожніх одягах автомобільних доріг є однією із найбільш реальних можливостей зниження вартості будівництва і витрат ресурсів.

Об'єкт дослідження – стабілізатор Envirotak.

Мета роботи – підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів, укріплених стабілізатором Envirotak.

Методи досліджень – аналітико-експериментальні.

Ключові слова: ґрунт земляного полотна, морозостійкість, поверхнева міцність, стабілізація.

UDK 625.7

Krayushkina K. V., Ph.D., Khymerik T. Y., Ph.D., Skripchenko O. V.

INFLUENCE OF STABILIZER FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF SUBGRADE SOIL

Annotation. In the article addressed the issue of evaluating physical and mechanical properties different types of soils with the introduction of their new generation stabilizer composition Envirotak. Introduction of additives can greatly improve the physical and mechanical characteristics of clay soils, increase the longevity and durability of the pavement layers. Strengthening soil by stabilizers and other local materials in the pavement of roads is one of the real possibilities of reducing construction costs and overhead.

Keywords: frost resistance, soil subgrade, stabilization, surface durability.

УДК 625.7

Краюшкіна К.В., канд. техн. наук, Химерик Т.Ю., канд. техн. наук, Скрипченко О.В.

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос оценки физико-механических свойств ґрунтов разных типов при введении в их состав стабилизатора нового поколения Envirotak. Введение добавки может значительно улучшить физико-механические характеристики глинистых ґрунтов, увеличить долговечность и стойкость слоев дорожной одежды с их применением. Укрепление стабилизаторами ґрунтов и других местных материалов в дорожных одеждах автомобильных дорог является одной из наиболее реальных возможностей снижения стоимости строительства и затрат ресурсов.

Объект исследования - стабилизатор Envirotak.

Цель работы - повышение прочности, водо- и морозостойкости ґрунтов различных типов, укреплённых стабилизатором Envirotak.

Методы исследований - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: ґрунт земляного полотна, морозостойкость, поверхностная прочность, стабилизация.

Постановка проблеми

Запропоновано оцінювати дію стабілізатору по покращенню фізико-механічних властивостей укріпленого ґрунту та по показнику поверхневої міцності ґрунтового шару. Також в статті наведені особливості хімічної взаємодії Envirotak з активними частками ґрунтів різних типів.

Наведена методика визначення поверхневої міцності ґрунтового шару укріпленого Envirotak після 15 і 25 циклів заморожування відтаювання. На основі проведених досліджень зроблені висновки про ефективність стабілізатору Envirotak для підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів.

Метою роботи є підвищення міцності, водо- і морозостійкості ґрунтів різних типів, укріплених стабілізатором Envirotak.

На території України найбільш розповсюдженими є глинисті ґрунти, при зволоженні яких відбувається погіршення їх фізико-механічних властивостей – підвищення водопоглинання, набрякання, пластичність і зниження показників міцності.

Багаторічні дослідження в різних країнах світу показали, що використання поверхнево-активних речовин (ПАР) підвищує водостійкість глинистих ґрунтів.

Введенням активних реагентів можливо значно покращити фізико-механічні характеристики глинистих ґрунтів, збільшити довговічність і стійкість шарів дорожнього одягу з їх застосуванням.

Стабілізатори – це широкий клас речовин, які в малих дозах позитивно впливають на формування властивостей дорожньо-будівельних матеріалів як за рахунок активізації фізико-хімічних процесів, так і за рахунок оптимізації технологічних процесів приготування укріплених сумішей. Вони можуть бути різними за складом і походженням, відрізнятись за властивостями, але всіх їх об'єднує те, що вони збільшують щільність, міцність, водо- і морозостійкість

Formulation of the problem

It is proposed to assess the effect of the stabilizer to improve the physical and mechanical properties of soil and reinforced in terms of surface strength of the soil layer. The article shows the features of chemical interaction with the active particles Envirotak soil types.

The above method of determining the strength of the surface layer of soil fortified Envirotak after 15 and 25 cycles of freeze thawing. Based on the research conclusions about the effectiveness of Envirotak stabilizer to improve the durability, water and frost resistance of soils of different types.

The aim is to increase the strength, water and frost resistance of soils of different types of fortified stabilizer Envirotak.

In Ukraine, are the most common clay soils. When humidification in these soils there is deterioration in the physical and mechanical properties. Is an increase in water uptake, swelling, reduction in ductility and strength properties.

Long-term studies in the various countries of the world have shown that the use of surfactants increases the water resistance of clay soils.

The introduction of reactive species greatly improves the physical and mechanical characteristics of clay soils. This increases the durability and stability of the pavement layers.

Stabilizers is a broad class of materials, which in small doses have a positive effect on the formation properties of road-building materials. This is due to the activation of physical and chemical processes, optimization of technological processes of fortified compounds preparation. They may be different in composition and origin, differ in their properties, but they all share the increase in density, strength, water resistance and frost resistance of soils,

ґрунтів, знижуючи їх пучинистість.

В даній статті розглядається дія стабілізатору Envirotak на ґрунти різних типів, який не тільки покращує фізико-механічні властивості глинистих ґрунтів, але і поверхневу міцність укріпленого шару ґрунту, утворюючи ґрунтобетонну поверхню.

Глинисті ґрунти, укріплені Envirotak можуть бути використані при будівництві автомобільних доріг для улаштування нижніх шарів доріг вищих категорій і покриття доріг нижніх категорій, парковок, складських приміщень, економічних тимчасових і під'їздних доріг, полігонів для поховання відходів тощо.

Основна частина

Використання укріплених стабілізаторами ґрунтів та інших місцевих матеріалів в дорожніх одягах автомобільних доріг є однією із найбільш реальних можливостей зниження вартості будівництва і витрат ресурсів.

Окрім економічної ефективності конструктивні шари із укріплених ґрунтів забезпечують більш довготривале збереження рівності шару, сприяє покращенню водно-теплого режиму земляного полотна.

За рахунок розкладання води і активного іонного обміну зменшується товщина плівок води на поверхні ґрунтових агрегатів, руйнується електростатичний потенційний бар'єр в ґрунтовій системі. Органічні іони, що містяться в Envirotak просочуються в кристалічну решітку глинистих і піщанистих мінералів, витісняючи звідти іони H^+ і OH^- , катіони металів, сприяючи утворенню більш міцного зв'язку між кристалами.

Органічні катіони, що мають здатність до іонного обміну, вступають в міцний іонний зв'язок з мінеральною поверхнею, витісняючи молекули води і нейтралізуючі заряди. В результаті цих процесів відбувається агрегація ґрунту, знижується оптимальна вологість, підвищується щільність, міцність і водостійкість.

reducing their distending.

This article discusses the effect of the stabilizer Envirotak on different types of soil. It improves the physical and mechanical properties of clay soils, surface strength reinforced soil, forms a soil-concrete surface.

Clay soils stabilized by Envirotak can be used in road construction for the device of the lower layers of roads of higher categories and covering the lower categories of roads, parking lots, warehouses, economic time and access roads, landfills and so forth.

Main part

The use of reinforced soil by stabilizers and other local materials in the pavement of roads is one of the real possibilities of reducing construction costs and overhead.

In addition to cost-effectiveness of structural layers of soil reinforcement provide more long-term preservation of equality layer contributes to the improvement of water and thermal regime of the subgrade.

Due to decomposition of water and the active ion exchange water decreases thickness on the surface of soil aggregates, broken electrostatic potential barrier in the soil system. Organic ions contained in Envirotak seep into the crystal lattice of clay minerals and sandy. They are being squeezed out of H^+ ions and OH^- metal cations, facilitating the formation of a strong bond between the crystals.

The organic cations having the ability to ion exchange, enter into a strong ionic bond with the mineral surface, displacing water molecules and neutralizing charges. As a result of these processes occurs soil aggregation, reduced optimum humidity, increased density, strength and water resistance.

Переваги Envirotek над іншими стабілізаторами заключається в тому, що:

- відбувається прискорення процесу перетворення ґрунту в каміння (бетон) за допомогою каталітичних реакцій і активізація практично будь-якого типу ґрунту, за рахунок хімічної взаємодії стабілізатору з активними частками суміші;
- можливість використання пиловатих ґрунтів для створення стабільних шарів;
- зменшення водо насичення обробленого ґрунту практично до повної водонепроникності (повна відсутність капілярного підйому води), що призведе до збільшення допустимого навантаження на дорогу;
- використання однокомпонентного стабілізатору сприяє удосконаленню технології отримання ґрунтової суміші необхідних технічних характеристик;

Експериментальна частина

За період з 2015 по 2016 роки у відділі конструкцій дорожніх одягів ДП «ДерждорНДІ» імені М.П.Шульгіна були проведені випробування ґрунтів різних типів, найбільш поширені на території України. Зразки ґрунтів для випробувань були відібрані з ділянок автомобільних доріг, що знаходяться в різних дорожньо-кліматичних зонах України. Глибина виробок для відбору складала від 1 до 2 м (рисунок 1). Відбір, упаковка, транспортування і зберігання зразків, ґрунту проводилось відповідно ДСТУ Б В.2.1-802001 (ГОСТ 12071-2000).

Зразки циліндричної форми для визначення фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей виготовлялись ущільненням у формах розміром 50 мм за ДСТУ Б В.2.7-89-99.



Рисунок 1 – Відбір проб ґрунту

Envirotek advantages over other stabilizers lies in the fact that:

- soil is accelerated conversion process in the stones (concrete) by means of catalytic reactions and activation of almost any type of soil, due to chemical interaction with the active particles stabilizer mixture;
- the possibility of using silty soil layers to create a stable;
- reduction of water saturation of the treated soil is almost completely waterproof (complete absence of capillary water rise), which will increase the carrying capacity of the road;
- the use of one-component stabilizer contributes to the improvement of the technology of soil mix required technical characteristics;

Experimental

During the period from 2015 to 2016 in the department of road structures SE "DerzhdorNDI" name M.P.Shulgina were tested soils of various types, are the most common in Ukraine. Samples for testing of soils were selected from sections of road that are in various road and climatic zones of Ukraine. Depth of excavation for the selection ranged from 1 to 2 m (Figure 1). Sampling, packing, transportation and storage of samples of the soil carried out in accordance with GOST V.2.1-802001 (GOST 12071-2000).

Cylindrical samples to determine the physical and mechanical properties of soil sealing compounds were produced in the forms of 50 mm per GOST B V.2.7-89-99.



Figure 1 – Soil Sampling

Кількість додавання Envirotak складала від 1 до 2 %.

Зразки з укріплених ґрунтових сумішей зберігались при температурі (20 ± 5) у ванні з гідравлічним затвором.

Визначення фізико-механічних властивостей зразків із сумішей, укріплених Envirotak відбувалося після 28 діб набору міцності.

Для укріплення ґрунту використовується розчин стабілізатора Envirotak з водою. Вид ґрунту, що випробовується наведений в таблиці 1.

Визначення показників фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей виконували відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-89-99 та БН В.2.3-218-002-95. Випробування проводили на обладнанні сертифікованого випробувального центру ДерждорНДІ.

Таблиця 1 – Вид ґрунту

Вид ґрунту	Склад у %	Концентрація стабілізатора Envirotak у водному розчині, %
Суглинок легкий пілуватий	100	15,3
Суглинок важкий пілуватий	100	17,8
Супісок піщанистий	10	19,5
Супісок пілуватий	100	20,5

Результати досліджень наведені в таблиці 2. Аналіз даних, наведених у таблиці 2, показують, що додавання Envirotak позитивно впливає на показники міцності всіх типів ґрунтів, проте його ефективність введення вище, чим більше кількість колоїдної глинистої фракції ґрунту. Межа міцності при стисненні в порівнянні з вихідною ґрунтом збільшується в 5-6 разів, міцність на стиск забезпечується в насиченому водою стані ґрунту і морозу.

Number Envirotek was adding 1 to 2%.

Samples of soil fortified mixtures stored at temperature 20o in a bath of water-sealed. Determining the physical and mechanical properties of samples with mixtures of fortified Envirotak occurred 28 days after dialing strength.

To strengthen the soil stabilizer solution used Envirotak water. Type of soil being tested is given in Table 1.

Determination of physico-mechanical properties of soil mixtures were performed in accordance with the requirements of ДСТУ Б В.2.7-89-99 and BСН В.2.3-218-002-95. Tests were carried out on the equipment certified test center DerzhdorNDI

Table 1 – Type of soil

Type of soil	Composition %	Envirotec stabilizer concentration in the aqueous solution, %
Silty loam easy	100	5,3
Silty loam heavy	100	17,8
Sandy sandy loam	100	19,5
Loamy light sand	100	20,5

The research results are presented in Table 2. Analyzing the data in Table 2 show that the addition Envirotak positively influences the strength values of all types of soil, however its introduction efficiency is higher, the greater the amount of colloidal clay fraction of soil. Compressive strength compared to the original soil is increased by 5-6 times, the compressive strength is provided in water-saturated soil condition and frost.

Таблиця 2 – Показники фізико-механічних властивостей ґрунтових сумішей, оброблених стабілізатором Envirotak

Тип ґрунту	Оптимальна вологість, %	Щільність, г/см ³	Фізико-механічні показники			
			Міцність на стиск у сухому стані, R _{st} , МПа	Міцність на стиск у водо-насиченому стані, R _{st} , МПа	Володіння W, % за об'ємом	Коефіцієнт морозостійкості
Вих.	Вих.	Вих.	Вих.	Вих.	Вих.	Вих.
Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.	Стаб.
Суглинок легкий пилуватий	15,9 11,1	15,9 15,9	0,70 3,90	- 2,8	8,3 4,2	- 0,68
Суглинок важкий пилуватий	16,2 11,3	1,92 4,85	0,75 4,05	- 2,95	8,5 4,4	- 0,68
Супісок піщанистий	13,3 10,	2,02 3,82	0,60 3,5	- 1,93	10,2 5,8	- 0,71
Супісок пилуватий	14,4 11,2	2,08 1,96	0,60 3,2	- 1,85	10,5 5,8	- 0,72

Для того, щоб підтвердити позитивний вплив Envirotak стабілізатор на фізико-механічних властивостей ґрунту, було проведено визначення міцності поверхневого шару ґрунту з неруйнівним методом використання ONYX пристрої - 2,5.

Зовнішній вигляд приладу ОНІКС-2,5 наведений на рисунку 2.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд приладу ОНІКС-2,5

Table 2 – Indicators of physical and mechanical properties of soil mixtures treated stabilizer Envirotak

Type of soil	Optimal moisture, %	Density, g/cm ³	Physical and mechanical properties			
			Compressive strength in dry state, R _{st} , MPa	Compressive strength in water-saturated state, R _{st} , MPa	The water saturation, % by volume	Coefficient of frost resistance
starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized	starting stabilized
Silty loam easy	15,9 11,1	15,9 15,9	0,70 3,90	- 2,84	8,3 4,2	- 0,68
Silty loam heavy	16,2 11,3	1,92 4,85	0,75 4,05	- 2,95	8,5 4,4	- 0,68
Sandy sandy loam	13,3 10,5	2,02 3,82	0,60 3,5	- 1,93	10,2 5,8	- 0,71
Loamy light sand	14,4 11,2	2,08 3,96	0,60 3,2	- 1,85	10,5 5,8	- 0,72

To confirm a positive impact Envirotak stabilizer on the physico-mechanical properties of the soil, was conducted determining the strength of the soil surface layer with a non-destructive method of using the device ONYX - 2.5.

The exterior of the device ONYX-2.5 is shown in Figure 2.



Figure 2 – The exterior of of the device ONYX-2.5

Дослідження проводились з укріпленими ґрунтовими зразками в сухому стані і після 20 циклів заморожування – відтаювання. За поверхневу міцність приймалися отримані значення після випробувань.

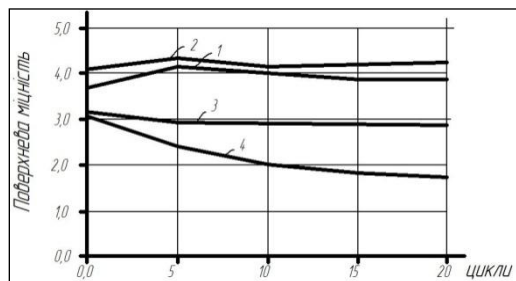


Рисунок 3 – Поверхнева міцність ґрунтового шару з введенням стабілізатору Envirotak: 1 – суглинок легкий пилуватий; 2 – суглинок важкий пилуватий; 3 – пісок піщанистий; 4 – супісок пилуватий

За даними досліджень видно, що для суглинистих ґрунтів після 5 циклів заморожування – відтаювання йде збільшення міцності, потім незначне зниження (10 циклів) на 15-20 % і продовжується до випробувань при 15 циклах. Тільки потім настає стабілізація міцності.

Але і суглинисті ґрунти і супіщані випробування витримали. Тобто, поверхнева міцність стабілізованого ґрунтового шару Envirotak забезпечена.

Висновки

Проведені лабораторні дослідження впливу добавки Envirotak показали, що укріплені ґрунти різних типів, відповідають вимогам, які пред'являються до укріплених ґрунтів згідно нормативних документів.

Зміна показників міцності ґрунтів з додаванням Envirotak, у бік збільшення порівняно з контрольними зразками у 4-5 разів в залежності від кількості добавки і виду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей у виробничих умовах.

Введення добавки Envirotak в різні види ґрунтів дозволить отримати жорсткий конструктивний шар дорожнього одягу – основи чи робочого шару земляного полотна, що в подальшому забезпечить

Research conducted with fortified soil samples dry and after 20 cycles of freezing - thawing. For surface strength values obtained were accepted after testing.

The research results are shown in Figure 3.

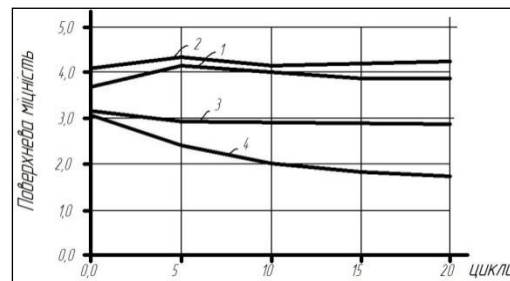


Figure 3 – The surface layer of soil strength with the introduction of a stabilizer Envirotak: 1 - silty loam easy; 2 - heavy loam silty; 3 - sand sandy; 4 - silty loam

According to studies it is clear that for loamy soil after 5 cycles of freezing - thawing is an increase in strength, then a slight decrease (10 cycles) of 15-20% and continues to test at 15 cycles. Only then comes the stabilization strength.

But loamy soil and sandy loam withstood the test. That is, the surface strength of the stabilized soil layer Envirotak provided.

Conclusions

The laboratory studies the influence of additives Envirotak shown that strengthening of soil of various types, meet the requirements for soil stabilization according to regulations.

Changes in soil strength with the addition Envirotak, upward in comparison with control samples 4-5 times depending on the amount and type of additive soil indicates the possibility of adjusting its active properties in a production environment.

Introduction Envirotak additive in various types of soil will provide a hard structural layer of pavement - a base or working layer of subgrade in the future will provide operational resilience and durability of the road structure as a whole.

експлуатаційну стійкість і довговічність дорожньої конструкції в цілому.

Література

1. Добров Э.М., Емельянов С.Н., Федулов А.А. Природа формирования свойств глинистых грунтов с помощью стабилизаторов // Автомоб. дороги: Науч. техн. информ. сб. / ГП «Информавтодор». - М., 2002. - Вып. 2.
2. Кочеткова Р.Г. Улучшение свойств глинистых грунтов стабилизаторами // Автомоб. дороги. - 2006. - № 3.
3. Hassan Hossam F., Taha Ramsi, Al Rawas Arner, Al Shandaudi Badr Potential uses of Petroleum-contaminated Soil in highway construction. Constr. And Build Mater. 2005. 19, №8, p. 646-652.
4. Ярмолинская Н.И., Чубцов В.Ф. Влияние полимерных добавок на свойства укрепленных грунтов.- Автомобильные дороги и безопасность движения, 2006, №6.- С. 182-187.
5. Латукова М.Н. и др. Особенности твердения фосфатных грунто материалов. Сб. Новые исследования в материаловедении и экологии.-СПб: Изд-во ПГУПС, 2003.- С.44-46.
6. Рубцов А.И. Вероятностная оценка структурного состояния инъекционного состава на основе карбамидной смолы при химическом закреплении грунтов.- Тр. ЦНИИС, 2000, №207.- С. 98-106.
7. Строкова В.В., Щеглов А.Ф., Яковлев Е.А. Грунтоизвестковые смеси для строительства устойчивых конструкций высоких насыпей,- Вестник БГТУ, №9, 2005.-С.421-423.

Рецензенти:

Касків В.І., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Kaskiv V.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Literature

1. Добров Э.М., Емельянов С.Н., Федулов А.А. Природа формирования свойств глинистых грунтов с помощью стабилизаторов // Автомоб. дороги: Науч. техн. информ. сб. / ГП «Информавтодор». - М., 2002. - Вып. 2.
2. Кочеткова Р.Г. Улучшение свойств глинистых грунтов стабилизаторами // Автомоб. дороги. - 2006. - № 3.
3. Hassan Hossam F., Taha Ramsi, Al Rawas Arner, Al Shandaudi Badr Potential uses of Petroleum-contaminated Soil in highway construction. Constr. And Build Mater. 2005. 19, №8, p. 646-652.
4. Ярмолинская Н.И., Чубцов В.Ф. Влияние полимерных добавок на свойства укрепленных грунтов.- Автомобильные дороги и безопасность движения, 2006, №6.- С. 182-187.
5. Латукова М.Н. и др. Особенности твердения фосфатных грунто материалов. Сб. Новые исследования в материаловедении и экологии.-СПб: Изд-во ПГУПС, 2003.- С.44-46.
6. Рубцов А.И. Вероятностная оценка структурного состояния инъекционного состава на основе карбамидной смолы при химическом закреплении грунтов.- Тр. ЦНИИС, 2000, №207.- С. 98-106.
7. Строкова В.В., Щеглов А.Ф., Яковлев Е.А. Грунтоизвестковые смеси для строительства устойчивых конструкций высоких насыпей,- Вестник БГТУ, №9, 2005.-С.421-423.

Стаття надійшла до редакції: **28.10.2016 р.**

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р економ. наук, Олійник С.В.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ МІСТА

Анотація. У статті розглянуто ряд соціально-економічних проблем в Україні, а саме утримання наявного житлового фонду в належному стані. Технічний стан багатоквартирних житлових будинків в Україні, їх якість, особливо у сфері енергоефективності, а також з точки зору комфортності проживання, суттєво відстає від аналогів у розвинутих зарубіжних країнах. Головною причиною такого стану багатоквартирного житлового фонду – багаторічна відсутність належного технічного обслуговування й низький рівень проведення ремонтних робіт. Вирішенням цього питання є стратегічне управління покликане забезпечити належне планування необхідних заходів, визначення джерел їх фінансування, залучення інвестицій та ефективне використання наявних ресурсів. Все це можливо завдяки використанню спеціалізованих прикладних програм, розроблених на основі геоінформаційних систем (ГІС) та проведення ГІС аналізу.

Ключові слова: будівництво, геоінформаційні системи, ГІС аналіз, житловий фонд, карта.

UDC 528.9

Mamonov K. A., Doctor of Economic Sciences, Oliinyk S.V.

GEOIGRAPHIC INFORMATION ANALYSIS OF THE STATE OF THE CITY HOUSING STOCK

Abstract. The article considers a number of socio-economic problems in Ukraine, namely the maintenance of existing housing stock in good condition. Technical condition of apartment houses in Ukraine, their quality, especially in the field of energy efficiency, as well as from the point of view of comfort of living, lags far behind counterparts in other developed countries. The main reason for this state of multi-family housing – a perennial lack of proper maintenance and lack of repairs. The solution to this issue is the strategic management is designed to ensure proper planning of the necessary activities, identifying sources of funding, attracting investment and efficient use of available resources. All this is possible through the use of specialized application programs developed on the basis of geographic information systems (GIS) and GIS analysis.

Key words: construction, geographic information systems, GIS analysis, housing, card.

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р економ. наук, Олейник С.В.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА ГОРОДА

Аннотация. В статье рассмотрен ряд социально-экономических проблем в Украине, а именно содержание имеющегося жилого фонда в надлежащем состоянии. Техническое состояние многоквартирных жилых домов в Украине, их качество, особенно в сфере энергоэффективности, а также с точки зрения комфортности проживания, существенно отстает от аналогов в развитых зарубежных странах. Главной причиной такого состояния многоквартирного жилого фонда – многолетнее отсутствие надлежащего технического обслуживания и низкий уровень проведения ремонтных работ. Решением этого вопроса является стратегическое управление призвано обеспечить надлежащее планирование необходимых мероприятий, определение источников их финансирования, привлечение инвестиций и эффективное использование имеющихся ресурсов. Все это возможно благодаря использованию специализированных прикладных программ, разработанных на основе геоинформационных систем (ГИС) и ГИС анализа.

Ключевые слова: строительство, геоинформационные системы, ГИС анализ, жилой фонд, карта.

Вступ

На сьогодні однією з найбільш гострих соціально-економічних проблем України є утримання наявного житлового фонду в належному стані. Технічний стан багатоквартирних житлових будинків в Україні, їх якість, особливо у сфері енергоефективності, а також з точки зору комфортності проживання, суттєво відстає від аналогів у розвинутих зарубіжних країнах. Головною причиною такого стану багатоквартирного житлового фонду – багаторічна відсутність належного технічного обслуговування й низький рівень проведення ремонтних робіт. Застарілими є організаційні принципи роботи та управління та відсутність системних перетворень у житлово-комунальній сфері.

Без запровадження ефективної системи управління житловим фондом, навіть за наявності достатнього фінансування його утримання та ремонтів, ситуацію корінним чином виправити неможливо. Саме стратегічне управління покликане забезпечити належне планування необхідних заходів, визначення джерел їх фінансування, залучення інвестицій та ефективне використання наявних ресурсів.

Основна частина

Питання підвищення ефективності системи управління житловим фондом потребують залучення автоматизованих засобів та інструментів, що відкривають перед управліннями набагато ширші можливості щодо ефективного утримання, покращання споживчих якостей багатоквартирних будинків, забезпечення комфортних умов проживання. У зв'язку з цим підвищується актуальність використання спеціалізованих прикладних програм, розроблених на основі геоінформаційних систем (ГІС) та проведення ГІС аналізу.

ГІС аналіз є процесом пошуку просторових закономірностей у розподілі даних і взаємозв'язків між об'єктами. Аналітичні методи можуть бути як дуже простими – при звичайному створенні карти, так і більш складними, що включають моделі, які імітують реальний світ шляхом об'єднання

Membership

Nowadays keeping the housing stock of Ukraine in proper state proves to be one of the most urgent socio economic problems in Ukraine. The technical state of apartment buildings in Ukraine, their quality –especially from the point of view of energy usage efficiency and the comfort of dwelling – considerably fall back from that in the developed foreign countries. The main reason of such a state of the housing stock of apartment buildings is the lack of the proper technical maintenance over many years and the low level of redecoration services. The organisational principles of work and management are outdated, the systematical optimization in housing and communal sphere is not taking place.

Even if sufficient financing for maintenance and repairment of houses is available, it is impossible to achieve radical changes in the housing system, without introducing an effective system of housing stock management. Only the strategic management can serve as a basis for planning of certain measures, defining the sources of financing, attraction of investments and an efficient usage of the given resources.

The main part

To increase the efficiency of housing stock management the introduction of automatic means and instruments is required, what would grant the city housing administration vast opportunities in terms of the efficient maintenance of the housing stock, the improvement of the consumption quality of apartment buildings, the provision of dwelling comfort. That is why the question of usage of specialized application programmes, developed on the basis of geographic information systems (GIS) and GIS analysis, is becoming more and more topical.

GIS analysis is a process of a search for spatial patterns in the distribution of data and in the correlations between the objects. The analytical method applied may be, when creating usual maps, very simple, and more complicated, when including models, that imitate the real world by uniting multiple informational layers.

багатьох шарів інформації.

ГІС аналіз включає наступні етапи:

Етап 1 – Постановка питання. Починаючи аналіз, необхідно визначити, яку саме інформацію необхідно отримати. Правильна постановка питання часто допомагає визначити як краще підійти до аналізу, який метод ефективніше використовувати і як краще представити результати. Іншим фактором, що впливає на процес проведення аналізу: як і хто буде використовувати його результати.

Етап 2 – Розуміння даних. Тип даних і об'єктів, з якими буде проводитися робота, визначає специфіку методу, який краще всього використовувати. І навпаки, якщо було вирішено використовувати конкретний метод, щоб отримати інформацію потрібної якості, необхідно забезпечити потрібний набір вихідних даних. Потрібно добре уявляти собі, яка вихідна інформація використовується (типи об'єктів і атрибутів), і що необхідно ще отримати або створити. У процесі, створення нових даних можуть з'являтися нові величини в таблиці даних або навіть нові шари карт.

Етап 3 – Вибір методу аналізу. Майже завжди є два або три способи отримання необхідної інформації. Часто, один метод більш швидкий і дає більш наближену інформацію. Інші можуть вимагати більш детальних даних, більше часу та зусиль на обробку, але забезпечать більш точні результати. Потрібно обирати метод аналізу, виходячи з поставленої проблеми і того, як будуть використані його результати.

Етап 4 – Обробка даних. Як тільки обрано метод аналізу, необхідно вибудувати ланцюжок його реалізації засобами ГІС.

Етап 5 – Оцінка результатів. Результати аналізу можуть бути представлені у вигляді карти, значень в таблиці або діаграми. Це буде фактично нова інформація. Необхідно

GIS analysis encompasses the following stages:

Stage 1 – Setting a question. When starting an analysis it is important to define which information it is important to get. The correct setting of the question usually helps to find the best approach to the analysis that is the optimal methods to apply and the best way to present the results. Another factor that influences the conduction of the analysis is the knowledge of who and how will be using the gained results.

Stage 2 – Understanding of the data. The type of the data to be get and the objects of the analysis determine the peculiarities of the optimal methods to apply. On the contrary, if it is decided to use a definite method, to obtain information of definite quality, it is important to provide the necessary data base of basic information. The understanding of what basic data has to be used (types of objects and attributes) and which information is still to be collected or created is crucial. New values or even new map layers may still appear in the data tables, when creating new data.

Stage 3 – Selection of the analysis method. Almost every time there are two or three methods to obtain the necessary information. As a rule one of them is faster and gives more accurate information. The application of other methods may require more detailed data, more time and effort to process the gained information, which though provides a more accurate output. It is important to choose the analysis method considering the specifications of the set problem as well as the fact how the results are to be used.

Stage 4 – Data processing. As soon as the method of the analysis is chosen, it is important to create a chain of processes of its realisation with the means of GIS.

Stage 5 – Evaluation of the results. The results of the analysis may be presented in a form of a map, a table or a diagram. It will be a purely new information. It is important to decide which

вирішити, яку інформацію слід нанести на карту, як групувати значення для найкращого представлення даних. Потрібно також вирішити, чи допоможуть діаграми легше сприйняти інформацію, яка на них представлена. В процесі оцінки результатів є можливість визначити об'єктивність і необхідність отриманої інформації, прийняти рішення про повторення аналізу з іншими параметрами або застосуванні іншого методу. ГІС дозволяє порівняно легко зробити необхідні зміни і отримати новий результат. Також є можливість оперативно порівняти результати різних аналізів і побачити, який метод представляє інформацію найбільш точно.

У результаті застосування геоінформаційного аналізу подубовано діаграми кількості мешканців ветхого житла на фоні кількості ветхих будинків в розрізі адміністративних районів міста Харкова (рис. 1). Найбільша кількість ветхих будинків (1265) і людей, що проживають в них (9222 чол.) зосереджено в Новобаварському районі. Другий район за цим показником Основ'янський – 874 будинки та 6551 чол. Відповідно. Найменша кількість зношених будинків у Немишлянському та Московському районах, – 52 та 77 будинків, в яких проживають 221 чол. та 727 чол. відповідно.

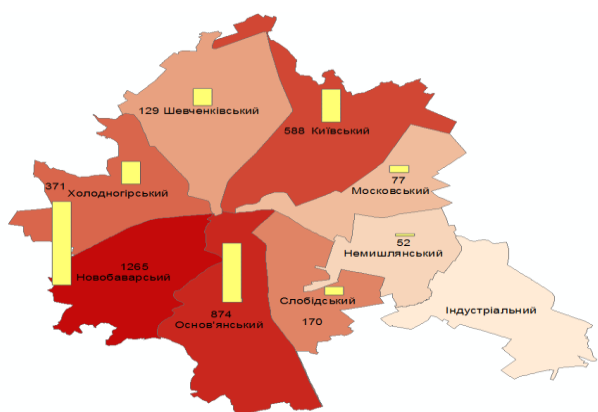


Рисунок 1 – Діаграми розподілу ветхих житлових будинків

У результаті співвідношення ветхого житлового фонду та незавершеного будівництва відобразимо у вигляді діаграм (рис. 2) встановлено, що найбільша площа незавершеного будівництва зосереджена в Шевченківському та Новобаварському

information is to be depicted on the map, how to group the values to present the data in the best way. Furthermore, it is necessary to decide if the diagrams are really making the perceiving of the information, depicted on them, easier. In the process of the results evaluation it is possible to define the objectiveness and the importance of the gained information, the question of the necessity to repeat the analysis, using other parameters or applying other methods, can also be answered at this stage. There is also an opportunity to compare the results of the current analysis to those of other analyses and to detect which method gives more accurate results.

As a result of applying of GIS analysis a diagram, depicting the dwellers of decrepit habitation in comparison to those in average in administrative regions of Kharkiv city, was created (pic. 1). The highest number of decrepit houses (1265) and their dwellers (9222) is concentrated in Novobavarsky region. It is followed by the second region according to this indicator i.e.Osnoviansky region: 874 houses and 6551 dwellers respectively. The least quantity of decrepit habitation is found in Nemysljanskij and Moskovsly regions: 52 and 77 houses with 221 and 727 dwellers respectively.

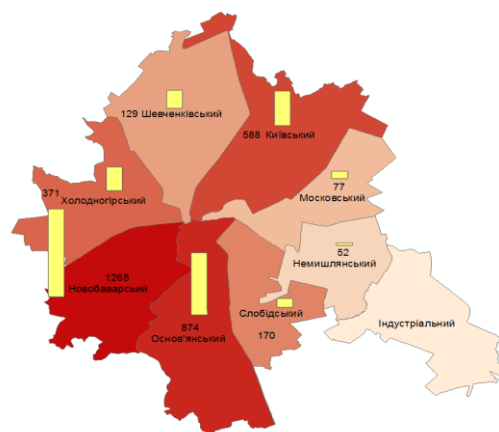


Figure 1 – Diagram that shows distribution of the decrepit housing

As the results of the correlation of decrepit housing stock to that of unfinished ones was shown in the form of a diagram (pic. 2). In this analysis it was discovered that the biggest area of unfinished constructions is concentrated in Shevchenkivsky and Novobavarsky regions of Kharkiv city (51,8 and 45,1 thousand square

районах міста Харкова – 51,8 та 45,1 тис. м² відповідно. В трьох районах міста: Шевченківському, Слобідському, Московському, площа незавершеного будівництва перевищує площу ветхого житлового фонду. Найменша площа незавершеного будівництва зосереджена в Холодногорському районі – 6,4 тис. м².

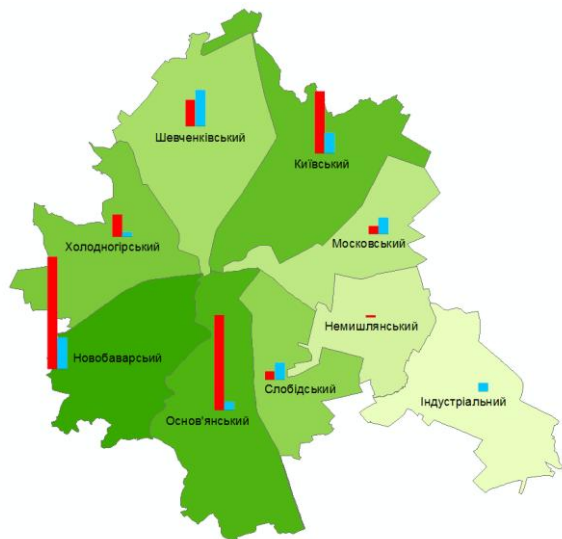


Рисунок 2 – Діаграми співвідношення ветхого житлового фонду та незавершеного будівництва

Висновки

Отже, було проаналізовано стан житлового фонду м. Харкова та виявлені проблемні райони, що потребує здійснення відповідних управлінських дій щодо підвищення ефективності управління житловим фондом.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

meters respectively). In three regions of the city: Shevchenkivsky, Slobidsky, Moskovsky the area of unfinished construction exceeds the area of decrepit housing stock. The least number of unfinished construction is situated in Kholodnogirsky region (6,4 thousand square meters).

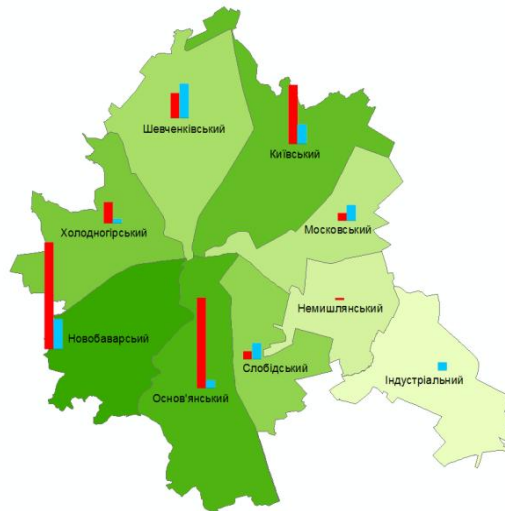


Figure 2 – Diagram that depicts the correlation of decrepit housing stock to that of unfinished construction

Conclusion

So the housing stock of Kharkiv city was analysed. Due to this analysis the problematic regions, that require conduction of appropriate administrative actions, aiming to increase the efficiency of the housing stock management, were detected.

Стаття надійшла до редакції: 22.09.2016 р.

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р економ. наук, Радзінська Ю.Б.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ НЕРУХОМОСТІ

Анотація. У статті розглянуто питання застосування геоінформаційних систем для вирішення технічних, економічних і цілого ряду інших завдань, в тому числі управління об'єктами нерухомості. У результаті дослідження запропоновано послідовність кроків здійснення аналізу нерухомості із застосування геоінформаційних систем.

Об'єкт дослідження – формування та використання геоінформаційних систем для аналізу об'єктів нерухомості.

Ключові слова: база даних, геодані, геоінформаційні системи, нерухомість, просторові дані.

UDC 528.9

Mamonov K. A., doctor of economic sciences, Radzinska J. B.

GEOGRAPHIC INFORMATION ANALYSIS OF THE REAL ESTATE

Abstract. The article considers the questions of using geoinformation systems to solve technical, economic and a number of other tasks, including managing real estate. The study proposed a series of steps of carrying out real estate analysis using GIS systems.

The object of study – the formation and use of geographic information systems for analysis of real estate.

Key words: database, geodata, geographic information systems, property, spatial data.

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р эконом. наук, Радзинская Ю. Б.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения геоинформационных систем для решения технических, экономических и целого ряда других задач, в том числе управление объектами недвижимости. В результате исследования предложена последовательность шагов проведения анализа недвижимости с применением геоинформационных систем.

Объект исследования – формирование и использование геоинформационных систем для анализа объектов недвижимости.

Ключевые слова: база данных, геоданные, геоинформационные системы, недвижимость, пространственные данные.

Вступ

Інформаційні технології є невід'ємною частиною функціонування різних систем. Останнім часом геоінформаційні системи (ГІС) стають все більш популярними в різних країнах Європи, США, Росії. ГІС є новою системою орієнтування в часі і просторі, вона включає в себе сучасні

Membership

Information technology is the inseparable part of the functioning of different systems. The geographic information systems (GIS) become more popular in Europe, USA, Russia lately. GIS is the new system of orientation in time and space, it involves modern methods of information processing, at the same time it's

методи обробки інформації і, в той же час, є доступною для більшості людей. Застосування ГІС дозволяє на якісно новому рівні забезпечити інформаційною базою практично всі служби і на цій основі забезпечити вирішення технічних, економічних і цілого ряду інших завдань. Також ГІС широко використовується в розвитку і управлінні об'єктами нерухомості.

Незважаючи на те, що карти використовуються тисячі років, тільки порівняно недавно, близько 40 років тому, графічна і описова інформація були об'єднані для створення першої географічної інформаційної системи.

Одні з перших ГІС з'явилися в організаціях пов'язаних саме з управлінням об'єктами нерухомості, так як ця сфера їх застосування найбільш очевидна. Розвиток ГІС було пов'язано з бурхливим розвитком інформаційних технологій в цілому і, в першу чергу, з розвитком апаратної бази. Перші ж загальнодоступні, повнофункціональні ГІС, здатні працювати на звичних персональних комп'ютерах, з'явилися трохи більше 20 років тому - в 1994 (Arcview), бурхливий розвиток яких слід пов'язувати саме з ними. ГІС швидко адаптувалися до цієї нової, дешевшої платформи, і ціна систем почала падати у міру того, як число користувачів і організацій, які могли б дозволити собі ГІС, збільшувалася. Сьогодні популярність ГІС пояснюється ще й тим, що до 85% всіх існуючих у світі БД містить географічну інформацію, використовуючи яку можна прив'язати і всі інші дані до карти і отримати якісно нові можливості для аналізу.

Основна частина

Розуміння парадигми неоінформаційних систем відповідає уявленню про те, що ГІС – це більш ніж пакет програмних засобів, електронних таблиць даних, комп'ютерних засобів для відображення світу, задоволення інформаційних потреб

available for majority of people. GIS using lets providing almost all services with an information base on the high new level and basing on it to provide solving of the technical, economic and big variety of the other tasks. Also GIS is used spread on the development and control of the real estate objects.

Despite maps is used thousand years, graphic and descriptive information were gathered for creating the first geographic information system around quite recently, around 40 tears ago.

One of the first GIS appeared at connected exactly with the control of the real estate objects organizations, as this sphere of the using is most obvious. In the Development of the GIS was connected with the rapid development of the information technology in general, however the first of all it was connected with the development of the hardware base. The fist open full-blown capable to work on a usual PC GIS has appeared little bit later than 20 years ago – in 1944 (Arcview), which impetuous development should especially be connected with it. GIS quickly adapted to this new cheap platform, and the price of the systems began to move down in conformity with growing up quantity of the users and organizations, which could afford GIS.

The main part

Today GIS popularity is explained by almost 85% all existing DB of the world have geographic information, using it, all other data can be connected with maps and it lets to receive an absolutely new capability foranalyzing.

користувачів при вирішенні проблем обробки даних і знань та прийняття можливих відповідальних рішень. ГІС – це більш ніж інструмент для вирішення проблем. Вирішення проблем засобами та технологіями ГІС вимагає висококваліфікованих фахівців, системних аналітиків для аналізу ситуації, інтеграції відповідної інформації, прийняття рішень в умовах невизначеності на множині альтернатив, критеріїв і обмежень, що визначаються предметною областю [1].

Особливе значення має застосування геоінформаційних систем для управління нерухомістю на основі результатів її аналізу. Для аналізу ринку нерухомості Харкова запропоновано використовувати продукти сімейства ArcGIS. Таке рішення дозволяє сконцентрувати увагу на функціональності системи і реалізації рішення завдань, що стоять перед користувачем.

Важливим етапом у роботі зі створення ГІС є підготовка просторових даних.

Від їх коректності, актуальності та несуперечності залежить успішне функціонування системи в цілому.

Джерелами просторових даних є: картографічні матеріали, дані дистанційного зондування (космічна і аерофотознімання), відомчі матеріали. Враховуючи відповідні матеріали створено базу геоданих та побудовані “шари” та виконується відповідна обробка.

У результаті дослідження запропоновано послідовність кроків здійснення аналізу нерухомості із застосування геоінформаційних систем:

Крок 1. Отримання інформації про об’єкти нерухомості: загальна площа, жила площа, площа кухні, вартість, поверх, адреса, та інше.

The conception of the neo-information systems paradigm appropriates to the notion that GIS is more than the set of the program means, electronic data tables, computer means for depicting world, satisfaction of the information needs of the users during problem-solving of the processing information and making possible proper decisions. GIS is more than problem-solving tool. The problem-solving with GIS technologies and means claims highly qualified specialists, system actuaries for situation analyzing, integration of the appropriate information, making decision, standing in conditions of the indeterminacy with alternatives variety, criteria and limits, which are determined by subject realm.

Using of the GIS has especially meaning for real estate control, basing on resultsit’s analysis. The products of the ArcGIS kind were offered to use for analyzing of the real estate market. Such solution let concentrating attention to the system’s functionality and implementing of the solution of, standing opposite user, tasks.

The important stage in the creating of GIS is preparation of spatial data. General functioning of system depends on correctness, relevance and consistency of it.

The sources of spatial data are map information, data of remote probing (space and air photography), departmental data. Considering corresponding the information base of geographic data was created, “spheres” were build and proper data processing are executed.

The result of this research is the proposition of sequence of steps for, using Geographic Information Systems, analyzing of a real estate:

Step 1. Collecting information about real estate object: total area, accommodation, kitchen’s area, price, stage, address etc.

Крок 2. Класифікація об'єктів нерухомості за типом нерухомого майна: жила, комерційна нерухомість; за місцем розташування; типом майна (квартира, будинок, ділянка).

Step 2. Classification of real estate objects by types: place of living , commercial real estate, by location, type of real estate (flat, house, parcel).

Крок 3. Внесення об'єктів в базу геоданих.

Step 3. Loading of objects into geo-data base.

Крок 4. База геоданих, виконання запитів в базі.

Step 4. Geo-data base. Execution of the data base's query.

Крок 5. Пошук нерухомого майна відповідно до зазначених вимог покупця в базі геоданих.

Step 5. Seeking of the real estate according to the customer's demands.

Крок 6. Використання поверхонь розподілу вартості нерухомості, для аналізу існуючих варіантів.

Step 6. Using of distribution surfaces of the price for analysis existing variants.

Крок 7. Надання інформації про об'єкти нерухомості клієнту. Після того як знайдено необхідний об'єкт нерухомості за вимогами покупця, необхідно, щоб він розглянув запропоновану пропозицію. Це можна зробити з використання карт в програмі ArcMap, клієнт може візуально подивитися район розташування об'єкту, інфраструктура, та характеристики об'єкту.

Step 7. Informing of client about real estate objects. When, appropriating for client's demands, object was found, a client have to consider this proposition. Using maps in the computer program ArcMap, a client can visually see district, object's location, infrastructure and object's characteristics.

Крок 8. Перевірка умови чи задовольняє запропонований об'єкт умови клієнта, якщо так то переходимо до кроку 9, якщо ні то треба повернутися до кроку 5.

Step 8. Checking of a satisfaction of a client's demands. If proposed object satisfy client than Step 9 is executed, otherwise returning to Step 5.

Крок 9. Узгодження деталей між покупцем та власником майна, обговорення вартості та інших деталей.

Step 9. Matching of details between customer and owner, discussing price and other conditions.

Крок 10. Оформлення документів. Юридичне оформлення всіх необхідних документів для здійснення угоди.

Step 10. Issuance of documents. Juridical issuance of all needed documents for conducting a transaction.

Крок 11. Договір-купівлі продажу. Останнім кроком є укладання договору.

Step 11. Contract of sale. Signing of a contract is last step.

Для ефективного управління нерухомим майном, рекомендовано: вести облік всіх об'єктів у вигляді бази геоданих, ведення структурованої системи об'єктів нерухомості з широким набором характеристик і можливістю додавання

Keeping records as data base, implementing of structural systems of having wide set of characteristics and opportunity adding of free characteristics real, estate objects: all loaded characteristics can be used in future for creating requests and making reports, creating list of real estate objects with opportunity to

довільних характеристик; всі введені характеристики в подальшому можуть використовуватися для побудови запитів та формування звітів, формування реєстру об'єктів нерухомості з можливістю відбору за різними характеристиками.

Висновки

Отже, геоінформаційний аналіз нерухомого майна дозволяє виконувати оперативний перегляд розміщення об'єкта на плані, занесення об'єктів нерухомості до бази геоданих, можливість географічної прив'язки, а також прив'язки об'єктів нерухомості до цінкових категорій. Отже, впровадження роботи на підприємстві, дозволяє скоротити час роботи, а також персонал працівників, забезпечує користувачів достовірною, актуальною інформацією.

Література

1. ГИС техник, все о ГИС и их применении. Геоинформационная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gistechник.ru/publik/git.html>.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кірічек Ю.О., д-р. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kirichuk Yu.O., Dr. Tech. Sci., Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture.

chose objects by different characteristics.

Conclusion

So Geographic information analysis gives opportunity to execute operative review of object's location on a plan, adding real estate objects into geo-data base, possibility of a geographic linking, linking of real estate objects to price categories also.

Literature

1. GIS technician, all about GIS and their application. Geographic information system [Electronic resource]. – Mode of access: <http://gistechник.ru/publik/git.html>.

Стаття надійшла до редакції: **20.09.2016 р.**

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р економ. наук, **Рудомаха А.В.**

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ЗЕМЛІ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Анотація. В статті показано, що аналіз використання ГІС-технологій у грошовій оцінці земель населених пунктів дозволяє зробити висновок щодо значних переваг автоматизації цих робіт та отриманні певного ефекту від їх використання. Ці переваги знайшли відображення у скороченні (вдвічі, втричі) термінів виконання робіт, підвищенні якості проектної документації, можливості практично необмеженого тиражування результатів оцінки, уніфікації проектних матеріалів.

Ключові слова: ГІС-технології, грошова оцінка, земельні відносини, земельна ділянка, рентний дохід.

UDC 528.9

Mamonov K. A., doctor of economic sciences, **Rudomakha A. V.**

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO ESTIMATE THE VALUE OF THE LAND OF INHABITED LOCALITIES

Abstract. The article shows that analysis of GIS technology in the monetary evaluation of land settlements leads to the conclusion about the significant advantages of automating work and getting some effect of their use. These benefits are reflected in the reduction of (double, triple) deadlines, improve the quality of project documentation, the possibility of virtually unlimited duplication of evaluation, harmonization project materials.

Key words: GIS technology, monetary valuation, land relations, land, rental income.

УДК 528.9

Мамонов К.А., д-р економ. наук, **Рудомаха А.В.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЗЕМЛИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Аннотация. В статье показано, что анализ использования ГИС-технологий денежной оценке земель населенных пунктов позволяет сделать вывод о значительных преимуществ автоматизации этих работ и получении определенного эффекта от их использования. Эти преимущества нашли отражение в сокращении (вдвое, втрое) сроков выполнения работ, повышении качества проектной документации, возможности практически неограниченного тиражирования результатов оценки, унификации проектных материалов.

Ключевые слова: ГИС технологии, денежная оценка, земельные отношения, земельный участок, рентный доход

Вступ

За останній час грошова оцінка населених пунктів України перетворилась у вид робіт, в яких найбільш повно та ефективно використовуються ГІС-технології. Закон України "Про плату за землю"

Membership

In the recent time the monetary evaluation of inhabited localities of Ukraine turned into one of the fields in which the GIS systems are used on the biggest scope and the most efficiently.

визначає, що грошова оцінка землі застосовується для економічного регулювання земельних відносин при укладанні цивільно-правових угод, передбачених законодавством України. Статтею 2 закону передбачено, що плата за землю, яка справляється у вигляді земельного податку або орендної плати, визначається залежно від грошової оцінки земель.

Нормативно-методичну базу грошової оцінки земель населених пунктів започатковує методика грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 1995 р. за № 213 та порядок грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів (Мінсільгосппрод, Держкомзем, Держкоммістобудування, Українська академія аграрних наук, 1995 р., з урахуванням змін та доповнень згідно з наказом Держкомзему України від 15 квітня 1997 р.).

Згідно з Законом України "Про плату за землю" грошова оцінка є капіталізованим рентним доходом із земельної ділянки. В населених пунктах рентний дохід виникає, перш за все, завдяки облаштуванню території та перевагам місця розташування відносно ринків сировини, збуту та робочої сили.

Основна частина

На розмір рентного доходу впливають:

* місцезнаходження населеного пункту у територіальних системах виробництва і розселення та особливості місцезнаходження земельної ділянки в його межах;

* рівень інженерно-транспортного облаштування, природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови, архітектурно-ландшафтна та історико-культурна цінність, екологічний стан території населеного пункту;

The law of Ukraine "About Payment for Land" specifies that the monetary evaluation of the land is to be used for the economic regulation of land relations, when making civil legal agreements that are regulated by the legislation of Ukraine. According to the Article 2 the payment for the land, in a form of a tax or a rental payment, depends on the monetary evaluation of the land.

The regulation basis of the monetary evaluation of lands sets the methodology of monetary evaluation of lands that are assigned for agricultural purposes and of lands of inhabited localities, approved by the resolution No 213 of the Cabinet of Ministers of Ukraine from March, 23 1995 and by the order about monetary evaluation of agricultural lands and inhabited localities (Ministry of Agriculture, State Land Committee, State Committee of City Planning, Academy of Agricultural Science of Ukraine, 1995 considering the changes and supplements in accordance to the order of the State Land Committee of Ukraine from April, 15 1997).

According to the law of Ukraine "About Payment for Land" the monetary evaluation is considered to be a capitalized interest income from a land. In the inhabited localities the interest income depends in the first place on the arrangement of the territory and on the advantages of the location in relation to the proximity to the raw material markets as well as to the product and working force markets.

The main part

The interest income is influenced by:

* the location of the inhabited locality in the territorial systems of production and demography as well as the peculiarities of the position of the land propriety in the measures of a certain system;

* The level of the engineering and transport development, natural and climatic as well as geotechnical conditions, architectural, landscape, historical and cultural value, the ecological state of the inhabited locality;

* The kind of purpose the land is to be used for.

* характер функціонального використання земельної ділянки.

Процедура виконання грошової оцінки земель населених пунктів визначена “Порядком грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів”.

На першому етапі виконання грошової оцінки будь-якого населеного пункту визначається базова, середня вартість 1м^2 земель, яка залежить від місцезнаходження населеного пункту в загальнодержавній, регіональній та місцевій системах виробництва і розселення та рівня освоєння та облаштування території.

На другому етапі базова вартість диференціюється в межах населеного пункту по економіко-планувальних зонах, які встановлюються в залежності від неоднорідності функціонально-планувальних якостей території, котрі впливають на розмір рентного доходу: різниця в доступності, в рівні інженерного забезпечення та благоустрою території, розвитку сфери обслуговування населення, в екологічній якості території та привабливості середовища.

На третьому етапі визначається вартість одного квадратного метра земельної ділянки певного функціонального використання з урахуванням територіально-планувальних, інженерно-геологічних, історико-культурних, природно-ландшафтних, санітарно-гігієнічних та інженерно-інфраструктурних особливостей її місцезнаходження.

Сьогодні, коли в Україні широко розгорнуті роботи з грошової оцінки земель, важливо повернутись в минуле і проаналізувати той тернистий шлях, який пройшла оцінка земель населених пунктів за останнє десятиріччя.

Попередником грошової оцінки є

The procedure of the monetary evaluation of inhabited localities is defined by the “Order of the Monetary Evaluation of Lands for Agricultural Purposes and of Inhabited Localities”.

On the first stage of the monetary evaluation of any inhabited locality the basis and middle value 1m^2 for have to be set, depending on the location of the inhabited locality in the state, regional and the local systems of production and demography and the level of the development of the infrastructure.

On the second stage, the basis value will be differentiated in the measures of the inhabited locality, according to the qualities of the functional planning of the area, which influence the size of the interest income: the difference in availability, in the development of the service sector, in the ecological quality of the territory and the attraction of the area.

In the third stage the price of one square meter of a land is set, considering the territorial, planning, geotechnical, historical, cultural, natural, geological, sanitary and hygienic as well as infrastructural characteristics of the location.

Today, that in Ukraine the work in the field of monetary evaluation of land is widely deployed, it is important to look at the past and to analyze the hard way the evaluation of land of inhabited localities went through in the last decades.

The predecessor of the monetary evaluation was

комплексна економічна оцінка земель населених пунктів (скорочено КЕОТ), яка почала виконуватись в різних містах колишнього СРСР з кінця 80-х рр. На той час КЕОТ не мала під собою чіткого правового підґрунтя. В той же час здійснені експериментальні дослідження і впровадження КЕОТ у дію в деяких містах СРСР (в тому числі і в Україні) свідчили про її неабияку економічну ефективність. За рахунок впровадження КЕОТ вводилася плата за користування міськими землями і, тим самим, збільшувався міський бюджет. Спроби застосування КЕОТ в умовах соціалістичної держави були першими спробами переходу у земельних відношеннях на ринкові рейки.

Фактично в цей час склалися кілька методологічних шкіл КЕОТ. Одну з них очолювала С.Кабакова (НДІЕБ Держбуду СРСР), іншу склали Санкт-Петербурзькі фахівці НДІВІ генплану: М.Пальчиков, О.Пахомова, В.Мягков, В.Федоров; третю очолював В.Щеглов (ЦНДИП містобудування); в Україні свою методику розробляли групи Є.Куця (Київ НДІП містобудування), Г.Заблоцького і В.Сотнікова (Київ НДІП містобудування), Ю.Палехи, О.Зюзюка, Г.Підгрушного (інститут “Діпромисто”).

Саме в розробках українських фахівців в економічній оцінці вперше були застосовані елементи геоінформаційних технологій (Львів, Лисичанськ, Тернопіль, Бердянськ тощо). Основним напрямком використання геоінформаційних технологій в цих роботах було економіко-планувальне зонування території населених пунктів, яке проводилось на основі використання електронних векторних карт місцевості та засобів просторового аналізу і моделювання ГІС (розрахунок транспортно-функціональної зручності, оцінка екологічного стану, експертна оцінка містобудівних якостей території).

a complex economic evaluation of land of inhabited localities, that started to be introduced in different cities of the Soviet Union at the end of 80-ies. At that time the complex economic evaluation of land of inhabited localities did not have a definite basis. At the same time the experimental researches as well as the introduction of the complex economic evaluation of land of inhabited localities in some cities of the Soviet Union (also in Ukraine) can serve as an evidence of its high efficiency. With the introduction of the complex economic evaluation of land of inhabited localities the payment for the usage of municipal lands was also introduced, what meant an additional contribution into the city budget. The attempts to apply the complex economic evaluation of land of inhabited localities in the conditions of a socialistic country were the first endeavor of transition in land relations to the market ones.

Practically at this time a few methodological schools of economic evaluation of land of inhabited localities were founded. One of them was headed by S. Kabakova, the other was formed by specialists in St. Petersburg: M. Palchikov, O. Pahomova, V. Miahkov, V. Fedorov; the third was headed by V. Shcheglov; in Ukraine the groups of E. Kutzia (Kiev National Research and Project Institute of Municipal Building), of G. Zablodzkij and V. Sotnikova (Kiev National Research and Project Institute of Municipal Building), of J. Pelecha, O. Zaziuka, G. Pidgrushnuj (Intutute “Dnipromisto”) were developing their methodology.

Exactly in the developments of the Ukrainian specialists in the field of the economical evaluation the first elements of geographic information technologies were employed (Lviv, Lysychansk, Ternopil, Berdjansk etc.). The main sphere of the usage of geographic information technologies in these area was the economic and planning zoning of the territories of the inhabited localities that was carried out on the basis of the usage of electronic vector maps of a certain location as well as of the means of spatial analysis and GIS modeling (calculation of the transport system convenience, evaluation of the ecological state of the area, expert evaluation the city building qualities of the territory.)

В інституті “Діпромисто” застосування ГІС в КЕОТ (а з 1995 р. у грошовій оцінці) набуло масового характеру. Опрацьовані методологічні та технологічні прийоми використання ГІС-технологій у цьому виді робіт.

Застосування ГІС-технологій значно підвищує якість грошової оцінки у контексті здійснення:

1. Автоматизованого збіру, обробки та систематизації вихідних даних (як картографічних, так і семантичних).

2. Аналізу отриманої інформації (застосування методів просторового аналізу для обрахунку площ об'єктів, їх довжини, периметра; використання оверлейного та буферного аналізу для визначення щільності розповсюдження окремих факторів оцінки; побудова картограм та картодіаграм при визначенні інтегральних індексів якості території; застосування методу ізоліній при інтерполяції результатів).

3. Пошуку, сортуванні та вибірки результатів грошової оцінки окремих земельних ділянок.

4. Підготовки та роздрукування результатів грошової оцінки через застосування принтерів та плотерів.

Першим програмним продуктом, який використовувався нами в оцінці земель була геоінформаційна система МІСТО. Але вже в 1997 р. ми відчули необхідність розробки програмного продукту, яка використовує як оболонку одну з широковідомих ГІС. Такою ГІС стала ArcView 3.1. від фірми ESRI. На даний час розробка програми “Грошова оцінка земель” закінчена і впроваджена при виконанні грошової оцінки ряду міст України.

Умовами для виконання грошової оцінки окремої земельної ділянки (а саме це є кінцевою метою будь-якої оцінки) на основі застосування ГІС є:

In the institute “Dnipro” the usage of GIS within of the complex economic evaluation of land of inhabited localities (from 1995 within monetary evaluation) became massive. The revised methods and techniques of usage of GIS technologies in this area.

The employment of the GIS technologies considerably improves the quality of the monetary evaluation in the context of realization of:

1. the automated collection, processing and systematization of the output data (both cartographic and semantic)* наявність електронної карти населеного пункту (векторної або растрової);

2. the analysis of the obtained information (application of the methods of spatial analysis for the calculation of the areas of an object and its perimeter; employment of the overlaying and buffer analysis, to define the density of the expansion of the single factors of the evaluation; building of cartograms and of diagram maps, when defining the integral indices of the territory quality; using of isolines, when interpolating the results)

3. search, sorting and selecting of results of the monetary evaluation of single lands.

4. preparation and printing out of the results of the evaluation, using printers and plotters.

The first program product that we applied in the evaluation was the geographic information system MISTO. However, already in the 1997 we felt the need to develop a program product that would use as its shell one of the widely known GISes. This GIS was ArcView 3.1. by ESRI. At present, the development of the program “Monetary Evaluation of Lands” is completed and has already been introduced when conducting the monetary evaluation of a number of cities in Ukraine.

The conditions for using of monetary evaluation of single lands (this is the final aim of every evaluation), basing on the GIS are as follows:

* availability of an electronic map of the

* графічні дані щодо економіко-планувального зонування території, зони впливу локальних факторів, агропромислові групи ґрунтів;

* дані земельного кадастру, або системи реєстрації земельних ділянок.

У випадку наявності всіх перерахованих даних користувач системи отримує можливість:

1. Визначити грошову оцінку земельної ділянки різного функціонального використання в будь-якій точці електронної карти населеного пункту з 2 переліком локальних факторів, що формують оцінку (оцінка 1 м).

2. Визначити грошову оцінку вільного полігону з урахуванням взаємного розташування полігону і факторів.

3. Визначити грошову оцінку земельної ділянки юридичної чи фізичної особи із збереженням інформації в базі даних та можливістю отримання звіту із грошової оцінки.

За останній час загалом в інституті “Діпромісто” геоінформаційні технології були використані у розробці більше 40 проектів комплексної економічної та грошової оцінки земель населених пунктів. Серед них слід відзначити міста Севастополь, Запоріжжя, Дніпропетровськ, Одесу, Миколаїв, Чернігів.

Перевага виконання грошової оцінки з використанням ГІС полягає не тільки у заощадженні часу, але й у можливості поєднати її з іншими містобудівними роботами: земельним і містобудівним кадастрами, генеральним планом, схемою приватизації земель населених пунктів тощо. Прикладом створення такої “перманентної” ГІС став Тернопіль, де на основі використання ГІС та створення цифрової електронної карти (використовувались топопланшети масштабу 1:2000) були у 1992-95 рр. виконані роботи по комплексній економічній оцінці території, земельному кадастру, концепції містобудівного і

inhabited locality (vector or raster one);

*graphic data about the economic and planning zoning of the territory, zones of influence of local factors, agroindustrial groups of the soils; the data of land cadastre or the system of registration of lands.

In the case if all the information is provided, the user of the system is able to:

1. Define the monetary evaluation of a land with a different functional purpose in any point of the electronic map of an inhabited locality with 2 list of local factors that form the evaluation (evaluation of 1 meter).

2. Define the monetary evaluation of the free polygon, taking into consideration the correlated location of the polygon and the factors.

3. Define the monetary evaluation of a piece of land that belongs to a legal or a physical person, preserving the information in the data base, with an opportunity of getting a report on the monetary evaluation.

Till present time the geographic information technologies has been used in the institute “Dnipromisto” to develop more than 40 projects of complex economic and monetary evaluation of lands of inhabited localities. Between them such cities as Sevastopol, Zaporizzia, Dnipropetrovsk, Odessa, Mykolaiv, Chernigiv should be noted.

The advantage of the implementation of monetary valuation of the GIS is not only save time, but also the ability to combine it with other town planning works, land and urban cadastre, general plan, scheme of privatization of land settlements and so on. Examples of such "permanent" GIS has become Ternopil, where through the use of GIS and creating digital electronic cards were in 1992-95 years and the work performed on the overall economic assessment of the territory, land cadastre concept of urban and economic development of the city and urban land privatization schemes.

господарського розвитку міста і схеми приватизації міських земель.

В 1997-99 рр. аналогічні проекти були виконані у м. Стаханов, Бровари, Чернігів.

Аналіз використання ГІС-технологій у грошовій оцінці земель населених пунктів дозволяє зробити висновок щодо значних переваг автоматизації цих робіт та отриманні певного ефекту від їх використання. Ці переваги знайшли відображення у скороченні (вдвічі, втричі) термінів виконання робіт, підвищенні якості проектної документації, можливості практично необмеженого тиражування результатів оцінки, уніфікації проектних матеріалів.

Висновки

Таким чином, застосування сучасних технологій таких як ГІС дозволяє забезпечити зростання якості оцінки, її повноти та достовірності, що позитивно впливає на ринок землі та інших об'єктів нерухомості.

In the 1997-99 years similar projects have been implemented in the city: Stakhanov, Brovary, Chernihiv.

Analysis of GIS technology in the monetary evaluation of land settlements leads to the conclusion about the significant advantages of automating work and getting some effect of their use. These benefits are reflected in the reduction of (double, triple) deadlines, improve the quality of project documentation, the possibility of virtually unlimited duplication of evaluation, harmonization project materials.

Conclusion

The use of modern technologies such as GIS allows for the growth of quality assessment, its completeness and reliability, which has a positive impact on the market of land and other real estate. Also using of modern technologies such as GIS allows for the growth of quality assessment, its completeness and reliability, which has a positive impact on the market of land and other real estate.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Харченко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kharchenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **28.09.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/.8

Усиченко О.Ю., канд.техн. наук, Миколаєнко О.А.,

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДБОРУ ГЕОСИНТЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ДРЕНАЖНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Анотація. В процесі будівництва об'єктів, а також при реконструкції існуючої забудови будівельникам часто доводиться мати справу з ґрунтовими і поверхневими водами. Кінцева вартість об'єкта безпосередньо залежить від ефективності і витрат на протипаводкові і фільтраційно-дренажні заходи. На сьогоднішній день існують різні системи, що дозволяють забезпечити постійний стійкий дренаж. Одним з сучасних підходів є застосування геосинтетичних матеріалів в дренажних системах, що дозволяє значно скоротити витрати при будівництві та вирішити питання надійності та довговічності об'єктів будівництва[1].

Ключові слова: геосинтетичний матеріал, геокомпозит, дренаж, фільтраційний прошарок, водопроникність, водопропускна здатність.

УДК 625.7/.8

Усиченко Е.Ю., канд.техн. наук, Миколаєнко О.А.,

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОДБОРА ГЕОСИНТЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДРЕНАЖНОЙ КОНСТРУКЦИЯХ

Аннотация. В процессе строительства объектов, а также при реконструкции, существующей застройки строителям часто приходится иметь дело с грунтовыми и поверхностными водами. Конечная стоимость объекта напрямую зависит от эффективности и затрат на противопаводковые и фильтрационно-дренажные мероприятия. На сегодняшний день существуют различные системы, позволяющие обеспечить постоянный устойчивый дренаж. Одним из современных подходов является применение геосинтетических материалов в дренажных системах, что позволяет значительно сократить расходы при строительстве и решить вопрос надежности и долговечности объектов строительства [1].

Ключевые слова: геосинтетические материалы, геокомпозит, дренаж, фильтрационный слой, водопроницаемость, водопропускная способность.

UDC 625.7/.8

Usychenko E., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Mykolaïenko O.

AN ANALYSIS OF EXISTENT METHODS IS FOR THE SELECTION OF GEOSYNTHETIC MATERIALS IN DRAINAGE CONSTRUCTIONS

Abstract. Often builders have to deal with subsoil and superficial waters in the process of building of objects or at the reconstruction of existent building. The eventual cost of object directly depends on efficiency and charges on torrent-control and filtration and drainage measures. Today there are different systems that allow provide permanent proof drainage. One of modern approaches there is application of geosynthetic materials in the drainage systems. It allows cutting down expenses at building and deciding the question of reliability and longevity of building objects.

Key words: geosynthetics, geocomposites, drainage, filtration layer, permeability, culvert capacity.

Вступ

Класифікація геосинтетичних матеріалів, яка використовується в дорожньому будівництві представлена за такими функціями : армування, розділення, фільтрування, дренажування, боротьба з ерозією, гідроізоляція, теплоізоляція та захисту. Звернемо особливу увагу на такі функції як фільтрування та дренаж. У дренажно-фільтраційних системах застосовуються ткани і неткани геосинтетичні матеріали.

Геосинтетичний матеріал - загальний термін, який описує рулонний, стрічковий або об'ємний (у вигляді трьохмірної структури) матеріал, один із компонентів якого виконаний із синтетичного або натурального полімеру, який використовують у контакті із ґрунтом і (або) іншими матеріалами в дорожньому, геотехнічному та цивільному будівництві.

Дренажі з застосуванням геосинтетиків влаштовують для відведення води від дорожньої конструкції в дренажну систему.

Основна частина

При влаштуванні всіх шарів дорожнього одягу з монолітних матеріалів як площинний горизонтальний дренаж після техніко-економічного обґрунтування допускається застосовувати (замість дренажного шару) прошарок з геотекстильного матеріалу товщиною не менше 4 мм з коефіцієнтом фільтрації не нижче 50 м/добу з випуском полотнищ на укоси насипу на висоту не менше 0,5 м. Вибір матеріалу в цьому випадку проводиться за спеціальними вказівками.

А саме, розрахунок фільтруючих прошарків у дорожній конструкції застосовують п'ять критеріїв:

- 1) критерій утримання ґрунту – пористість фільтра повинна бути достатньо малою, щоб затримувати ґрунтові частинки;
- 2) критерій водопроникності фільтра – геотекстиль повинен бути достатньо водопроникним, щоб забезпечити максимально вільне протікання води;

Introduction

Classification of geosynthetic materials that used in travelling building presented after such functions: of reinforcement, division, filtration, catchment, fight against erosion waterproofing, insulation and protection. Lets turn the special attention on such functions as filtrations and drainage. The woven and nonwoven geosynthetic materials are used in the drainage and filtration systems.

Geosynthetic material is a general term that describes roll, band or by volume (as a three-dimensional structure) material, one of components of that is executed from a synthetic or natural polymer that is used in a contact with soil and (or) other materials in travelling, geotechnical and civil building.

Drainages using geosynthetics arrange for removal of water from road construction in the drainage system.

Subject matter

When the device of pavement layers of reinforced material like plane horizontal drainage after the feasibility study may be applied (instead of draining layer) layer of geotextile material. Its thickness must be not less than 4 mm with a coefficient of filtration not less than 50 m/day of release panels on the slopes of the embankment on height of not less than 0.5 m. The choice of material in this case is for special instructions.

Specifically, the calculation filter layers in road construction using five criteria:

- 1) Soil retention criterion - porosity filter should be small enough to hold soil particles;
- 2) criterion permeability filter - geotextiles must be water permeable enough to provide a maximum free flow of water;

розрахунків із використанням модифікованої математичної моделі руху рідини у пористому середовищі [1]

3) критерій незабивання фільтра – геотекстиль повинен залишатись високо пористим впродовж строку служби з низькою ймовірністю забивання;

4) критерій міцності – геотекстиль повинен бути достатньо міцним щоб протистояти пошкодженням під час укладання в конструкцію, будівельним та експлуатаційним навантаженням;

5) критерій стійкості – геотекстиль повинен бути стійким до хімічного, біологічного і ультрафіолетового впливу впродовж запроектованого терміну служби.

При розрахунку за критерієм утримання ґрунту, визначають розмір отворів геотекстильного фільтра [1]:

$$O_{90} < 2 \cdot d_{85}, \quad (1)$$

де O_{90} – необхідний розмір отворів геотекстильного фільтра, мм, згідно з СОУ45.2-00018112-025; d_{85} – розмір фракції, мм, дрібніше якої в ґрунті міститься 85 % частинок за масою сухого ґрунту.

Мінімально допустиму водопроникність геотекстилю встановлюють з умови (2):

$$k_{ГТ} \geq 10 \cdot k_{ф}, \quad (2)$$

де $k_{ГТ}$ – водопроникність геотекстилю, м/добу, згідно з 7.4.2 СОУ45.2-00018112-025; $k_{ф}$ – коефіцієнт фільтрації ґрунту, який захищають геотекстильним фільтром.

Номінальну водопроникність геотекстилю визначають з умови (3):

$$k_{ГТ.ном} > k_{ГТ} \cdot K_3 \cdot K_{П} \cdot K_{Пр} \cdot K_X \cdot K_B, \quad (3)$$

де $k_{ГТ.ном}$ – номінальна водопроникність геотекстилю, м/добу; K_3 – коефіцієнт зменшення водопроникності внаслідок забруднення і забивання фільтра частинками ґрунту; $K_{П}$ – коефіцієнт зменшення пористості геотекстилю в наслідок повзучості; $K_{Пр}$ – коефіцієнт впливу їх проникнення в структуру геотекстилю; K_X –

3) criteria not clogging the filter- geotextiles must remain highly porous over the lifetime of the low probability of clogging;

4) strength criterion - geotextile should be strong enough to resist damage during styling in the design, construction and operational load;

stability criterion - geotextile to be resistant to chemical, biological and UV exposure over projected service life.

5) stability criterion - geotextile to be resistant to chemical, biological and UV exposure over projected service life.

For calculating the size of the holes geotextile filter use the criterion keeping the soil [1]:

$$O_{90} < 2 \cdot d_{85}, \quad (1)$$

where O_{90} - a necessary mesh size into geotextile filter, mm, according to SOU45.2-00018112-025 7.4.1; d_{85} - fractions size mm, which is smaller in soil particles contained 85% by weight of dry soil.

Condition of the minimum allowable permeability geotextile set (2):

$$k_{ht} \geq 10 \cdot k_f, \quad (2)$$

where k_{ht} - geotextile permeability, m/day, according to SOU45.2-00018112-025 7.4.2; k_f - coefficient of soil filtration, which protects geotextile filter.

Nominal permeability geotextile determined from the condition (3):

$$k_{ht.nom} > k_{ht} \cdot K_z \cdot K_p \cdot K_{Pr} \cdot K_H \cdot K_B, \quad (3)$$

where $k_{ht.nom}$ - rated geotextile permeability, m/day; K_z - rate reduction of permeability due to pollution and clogging of the filter soil particles; K_p - coefficient geotextile porosity reduction as result of creep; K_{Pr} - coefficient of influence surrounding the granular material because of their penetration into the structure geotextiles;

коефіцієнт впливу хімічного забивання фільтра; K_B – коефіцієнт впливу біологічного забивання фільтра [6].

В [6] наведені методики розрахунку дренажних конструкцій, які включають різні параметри підбору та наведені схеми до розрахунків.

Опрацювавши [3] можна побачити, що вимоги до геосинтетиків висуваються наступні:

- фільтр повинен мати стійкість до хімічного складу вод протягом всього терміну служби;
- фільтр повинен пропускати максимальну кількість ґрунтових вод;
- вода в фільтр повинна надходити з усієї змочуваної поверхні;
- фільтр повинен мати оптимальну пористість;
- при постійній роботі фільтра не повинно відбуватися замулення (кольматації) геотекстилю;
- фільтр необхідно підбирати з урахуванням можливої зміни розмірів прохідних отворів в залежності від хімічного складу ґрунтових вод;
- гравійне обсіпання труби сприяє запобіганню від замулення фільтрів і підвищенню термінів їх експлуатації.

Правильно підібраний геотекстиль може використовуватися замість мінеральних матеріалів, що фільтрують, а також в сукупності з ними [4].

Отже, використання геосинтетичних матеріалів дозволяє істотно знизити вартість споруди за рахунок заміни традиційних дорожніх гравійно-галькових фільтрів на тонкі фільтри з нетканого матеріалу, а з іншого боку приводить до вирішення специфічних задач зв'язаних з кольматацією та фільтраційними властивостями.

Геосинтетичні матеріали можуть використовуватись в якості фільтраційного шару при:

- укладанні геотекстилю по периметру траншейної дрени, що дозволяє запобігти міграції частинок ґрунту в дренажний шар;
- використанні геотекстилю під

K_H - coefficient of influence of a chemical filter logging; K_B - factor influence biological filter logging. [6]

In [6] there are methods of calculating drainage structures that include different parameters of selection and some schemes for calculations.

There are seven requirements for geosynthetics [3]:

- Filter should be resistant to the chemical composition of water throughout the service life;
- Pass filter has the maximum number of groundwater;
- Water filter should come with all wetted surface;
- Filter should have optimal porosity;
- At constant work filter performance should not be geotextiles siltation (mudding);
- Filter should be select considering possible changes in the size of through-holes depending on the chemical composition of groundwater;
- Sprinkled gravel pipes helps prevent silting of filters and improve their life.

The correct geotextiles can be used instead of mineral materials filtered and together with them [4].

On one hand, using geosynthetics can significantly reduce the cost structure by replacing costly traditional gravel filter on thin nonwoven filters. On the other hand, it leads to solve specific problems related to mudding and filtration properties.

Geosynthetic materials are using as a filtration layer at:

- Laying geotextiles perimeter trench drains that prevents migration of particles in soil drainage layer;
- The use of geotextiles under sidewalks, providing a collective geocomposites, combined with drainage sewers;

тротуарами, що дозволяє створити збірний геокомпозит, об'єднаний з дренажною каналізацією;

- будівництві підпірних стін, що дозволяє відокремити дренажну систему від зворотної засипки.

Структура геотекстилю схожа на ґрунтову, він має пори (пори) і частки (нитки і волокна), проте стисливість і взаємне розташування компонентів відрізняються. Структурою геосинтетичного матеріалу є геометричне співвідношення між волокнами і порами, яке на порядок складніше, ніж у ґрунті. Розмір пор визначається лабораторним шляхом.

Основною задачею геосинтетичного матеріалу, який використовується в дренажних системах є переміщення рідини уздовж полотна тканини. Як дренаж найбільш ефективні неткані геосинтетики, водопроникність яких однаково висока як поперек площини полотна, так і вздовж нього.

Дренуючі геосинтетики застосовують в конструктивних шарах дорожнього одягу, в земляному полотні та в підстиляючій основі та використовують для влаштування траншейного і площинного понижуючого дренажу, горизонтального дренажу в основі земляного полотна чи/під тимчасовим навантаженням, для вертикального та горизонтального дренажу основи з метою прискорення консолідації, для капіляронеривання, для горизонтального і прикордонного дренажу конструкції дорожнього одягу, для перехоплюючого дренажу при захисті укосів виїмок, для дренажу армованого укосу та підпірних стінок, при захисті бетонного фундаменту від агресивної дії засолених ґрунтових вод [1].

Швидкість потоку, який проходить через полотно, визначається при випробуваннях на приладах МТ – 162 (рис. 1). Основною задачею випробування є визначення коефіцієнта фільтрації, який являє собою швидкість фільтрації води перпендикулярно до площини або в площині полотна. Отже, коефіцієнт фільтрації заключає в собі два поняття:

- Construction of retaining walls to separate the drainage system of back filling.

Geotextile structure similar to the soil, it has voids (pores) and particles (yarns and fiber) but there are different between the compressibility and the relative position of the components. Structure of geosynthetics are geometric ratio between fibers and pores, which is an order of magnitude more difficult than in soil. The size of the pores is determined by laboratory methods.

The main task of geosynthetics used in drainage systems is to move fluid along the leaf tissue. As the most effective drainage is nonwoven geosynthetics. Permeability are equally high as a plane across the cloth and along it.

Geosynthetics for drainage used in structural layers of pavement, the roadbed and underlying basis. They used for the device trench and planar lowering drainage, horizontal drainage in the basis of the roadbed and/or under temporary load for vertical and horizontal drainage foundations to accelerate consolidation. For intercepting drainage grooves in the protection of slopes for drainage and reinforced slope retaining walls while protecting the concrete foundation of the aggressive action of saline groundwater. [1]

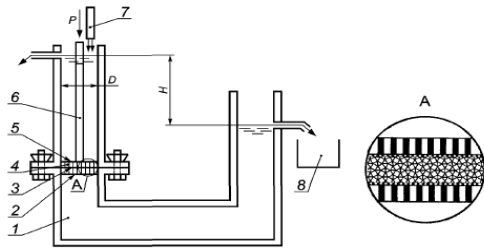
The flow rate, which passes through the canvas, is determined by tests on devices MT - 162 (Fig. 1). The main objective of the test is to determine the coefficient of filtration, which is a filtration rate of water perpendicular to the plane or in the plane of the canvas. Thus, the filtration coefficient concludes two concepts:

- Θ culvert capacity - the ability to hold water in the material plane;

- водопропускна здатність θ – здатність матеріалу пропускати воду в площині;
 - водопроникність ψ – здатність матеріалу відводити воду з площини.
 Саме ці характеристики дозволяють оцінити ефективність роботи дренажної системи [6].

- Ψ permeability - the ability to divert water from the material plane.
 These characteristics allow evaluate the efficiency of the drainage system. [6]

А)



Б)

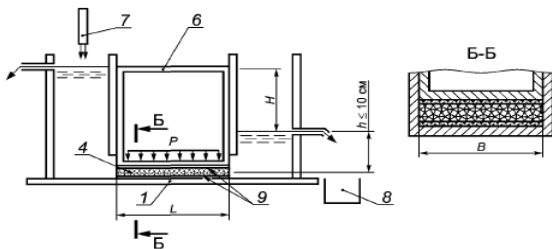


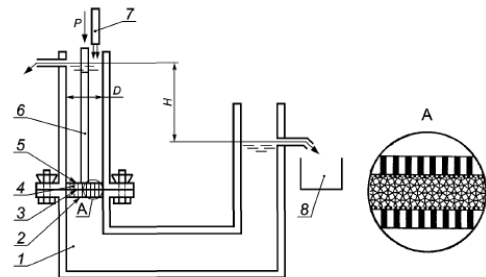
Рисунок 1 – Приклад схеми приладів для визначення водопроникності геосинтетичних матеріалів

А- в напрямі, перпендикулярному до площини полотна, Б- в площині полотна.

1 - фільтраційна камера з внутрішнім діаметром D (для А) або довжиною L і шириною B (для Б); 2 – перфорований диск; 3 – сітка; 4 – зразок геотекстильного матеріалу; 5 – перфорований штамп; 6 – прилад для передачі тиску (P) на пробу; 7 – прилад для подачі води; 8 – ємкість для збору води; 9 – резинові прокладки; H – значення напору; h – рівень води на виході з приладу.

Водопропускна здатність і водопроникність оцінюються при різних значеннях тиску, що дає можливість визначити, як буде вести себе геосинтетичний матеріал на різних глибинах і при різному навантаженні, в конкретних будівельних конструкціях. У процесі випробування на приладі необхідно забезпечувати безперервний потік рідини. Таким чином, повинен зберігатися рівень води на вході і виході води з проби, при цьому необхідна незмінність положення зразка в процесі випробувань. За результатами випробування за коефіцієнт

А)



Б)

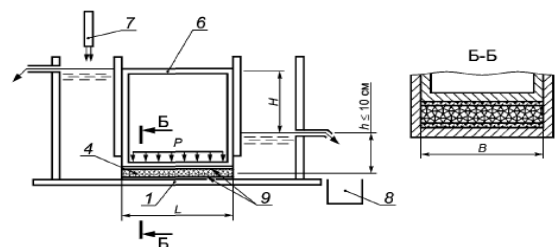


Figure 1 – Example circuit devices for permeability of geosynthetics.

А- Perpendicular to the plane of the canvas, а В-plane of the canvas

1 - filtration chamber with an internal diameter D (for A) or length L and width B (for B); 2 - perforated disc; 3 - net; 4 - like geo-textile material; 5 - perforated punch; 6 - a device for transferring pressure (P) in the sample; 7 - A device filling water; 8 - capacity to collect water;

9 - rubber gaskets; H - value of pressure; h - the water level at the output of the device.

Culvert capacity and permeability are measured at different values of pressure, which makes it possible to define how to behave geosynthetic material at different depths and at different load, in particular building structures. During the test instrument must provide a continuous flow of liquid. So the water level should be maintained at the inlet and outlet of water samples, with the necessary provisions immutability sample during testing. As a result of tests on filtration coefficient taken the arithmetic mean calculated values (at least 5 - perpendicular to

фільтрації приймається середнє арифметичне обчислених значень (не менше 5 - перпендикулярно до площини полотна, не менше 6 - в площині полотна), визначених при однаковому тиску на проби [2].

Ефективними геосинтетиками для дренажу є: геотекстильні неткані скріплені механічним (голкопробивним), термічним та комбінованим способами; дренажні геокompозити. Найбільш ефективними для дренажу є геокompозити, які складаються з дренажного ядра та геотекстильних фільтрів, які можуть виконувати дренажування з однієї чи обох сторін від геокompозитного полотна. Дренажні геокompозити - один з видів геосинтетиків, являють собою геосітки (георешітки), з осередками ромбовидної форми, що виготовляються з композицій поліетилену низького і високого тиску або поліпропіленові екструдовані геомати. Георешітка або геомати використовуються в якості каркаса, покритого по верхній і нижній площинах фільтром з нетканого голкопробивного геотекстильного матеріалу. Така структура забезпечує високу і стабільну водонепроникність в площині матеріалу. Використання геокompозитного матеріалу дає широкі можливості по підбору фільтра в залежності від конкретних ґрунтових, гідрологічних умов, прийнятого конструктивного рішення.

Цікавою є методика використання геосинтетичного матеріалу в поєднанні з глинами. Експерименти були проведені П. Кенделом та Дж. Баклі в Австралії. Так званий «сендвіч», який вкладається в основу конструкції і працює одночасно як капілярноперериваючий шар так і дренажний прошарок, що збирає і відводить зайву вологу [7].

Висновки

На сьогоднішній день вчені займаються питанням оптимізації розрахунку дренажних прошарків з природних матеріалів чи повної їх заміни на геосинтетичний матеріал. Можна сказати, що геосинтетичні матеріали є альтернативою для сипучих матеріалів. Відмовившись або скоротивши використання природних матеріалів можна зменшити затрати праці на влаштування дренажної конструкції при забезпеченні необхідних показників надійності та довговічності.

the plane of the canvas no less than 6 - in the plane of the canvas) defined at the same pressure tests [2].

Effective for geosynthetic drainage are: non-woven geotextile mechanically fastened (punched) by thermal and combined methods; geocomposites draining. Most effective for drainage geocomposites is composed of core and draining geotextile filters that can perform draining from one or both sides of geocomposites canvas.

Drainage geocomposites - a type of geosynthetics represent geogrid with diamond-shaped mesh made from polyethylene compositions of low and high pressure or polypropylene extruded geomats. Geomats or geogrid used as a skeleton, covered on the top and bottom planes punched nonwoven filter from geotextile material. This structure provides a stable and high permeability in the plane of the material. Use geocomposites material provides many opportunities for the selection of filter depending on the specific soil, hydrological conditions and the adopted constructive solutions.

An interesting technique is the use of geosynthetics in combination with clay. J. P. Kendel and Buckley conducted the experiments in Australia. The so-called "sandwich", which is embedded in the foundation design and works both as capillaries interrupting layer and a drainage layer that collects and removes excess moisture. [7]

Conclusions

Nowadays scientists involved in the optimization calculation drainage layers of natural materials or their complete replacement by geosynthetic material. We can say that geosynthetic materials is an alternative for bulk materials. Refusing or reducing the use of natural materials can reduce labor costs for the arrangement of drainage structures while ensuring the required parameters of reliability and durability.

Now conducts many experimental studies

Зараз проводиться багато експериментальних досліджень за кордоном по підбору оптимального геосинтетика для тих чи інших умов. Науковці з Англії, Франції та Німеччини в своїх працях описують дані, які були отримані експериментальним шляхом і демонструють переваги використання геосинтетичних матеріалів перед дисперсними матеріалами

Література

1. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
2. Посібник № 1 з проектування земляного полотна і дорожніх одягів із застосуванням геосинтетичних матеріалів (до ГБН В.2.3-37641918-544:2014)
3. ОДМ 218.2.055-2015 Рекомендации по расчёту дренажных систем дорожных конструкций.
4. Литвиненко А.С. Щодо питання відмови від влаштування «дренуючих» піщаних шарів в основі дорожніх одягів автомобільних доріг/стаття.
5. ОДМ 218.5.003-2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.
6. ПНСТ 20-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дренирования. Общие технические условия.
7. P. Kendall & J. Buckley Investigation of GCL Overlap Techniques Using a Large Scale Flow Box

abroad for the selection of optimal geosynthetics for different conditions. Scientists from Britain, France and Germany are describe in their writings the data obtained by experiment and demonstrate the advantages of using geosynthetics materials to disperse.

References

1. HDN V.2.3-37641918-544: 2014 Application of geosynthetics in road construction. Basic requirements.
2. Guide number 1 on the design of the roadbed and road pavements using geosynthetics (HDN to V.2.3-37641918-544: 2014).
3. Recommendations on ODM 218.2.055-2015 Guidance on calculating drainage of road structures.
4. Litvinenko AS On the issue of failure of the device "draining" sand layers in pavements on highways/article.
5. ODM 218.5.003-2010 Recommendations on Application geosynthetic materials in the construction and repairs of roads.
6. PNST 20-2014 Automobile public roads. Geosynthetic materials for drainage. General specifications.
7. P. Kendall & J. Buckley Investigation of GCL Overlap Techniques Using a Large Scale Flow Box.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.09.2016 р.**

УДК 691.327.32

Мішутін А.В. д-р техн. наук, Кровяков С.О. к-т техн. наук, Полторапавлов А.О.

ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ У БЕТОНАХ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Анотація. Досліджені бетони для транспортних споруд з застосуванням щебеню зі щільних вапняків і керамзиту. Порівняно властивості бетонів і фібробетонів на вапняковому і гранітному щебені. Досліджено властивості бетонів, модифікованих суперпластифікатором С-3 і мікрокремнеземом. Проведено порівняння властивостей бетонів, виготовлених за традиційною технологією та з попередньою обробкою пористого щебеню цементної суспензією. Встановлено, що найбільшу міцність мають бетони при кількості мікрокремнезему близько 30 кг/м^3 і добавки С-3 від 0.8 до 0.9%. Попередня обробка пористого щебеню підвищує міцність бетону при стиску в середньому на 5 МПа.

Об'єкт дослідження – бетони на пористих заповнювачах для транспортних споруд.

Мета роботи – підвищення механічних властивостей бетонів для транспортних споруд на щебені зі щільних вапняків і керамзиті за рахунок застосування модифікаторів і попередньої обробки пористого заповнювача.

Методи дослідження – планування експерименту, експериментально-статистичне моделювання, стандартні методики визначення властивостей бетону.

Ключові слова: карбонатний щебінь, керамзит, попередня обробка заповнювача, мікрокремнезем, суперпластифікатор, транспортні споруди.

UDC 691.327.32

Mishutin A.V., Doctor of science, Kroviakov S.O., PhD., Poltorapavlov A.O.

THE USE OF POROUS FILLERS IN CONCRETE FOR TRANSPORT STRUCTURES

Abstract. Concretes for transport structures were investigated. Rubble from a dense limestone and expanded clay aggregate was used for the concrete. Comparison of the properties concrete and fiber-reinforced concrete with limestone and granite rubble was conducted. Concretes were modified superplasticizer S-3 and silica fume. It was comparing the properties of concrete prepared by different technologies. One batch of concrete was made by traditional technology, the other batch was made with pretreatment of the cement slurry of porous rubble. It has been found that concretes have the greatest strength when the content of silica fume about 30 kg/m^3 and superplasticizer S-3 from 0.8 to 0.9%. Pretreatment porous rubble increases the compressive strength of concrete average on 5 MPa.

The object of study – concrete on porous fillers for transport structures.

Purpose – improving the mechanical properties of concrete for transport structures in the rubble of dense limestone and expanded clay aggregate through the use of modifiers and pretreatment of the porous filler.

Research methods – design of experiment, experimental-statistical modeling, the standard methods of determining the concrete properties.

Keywords: carbonate gravel, expanded clay aggregate, pretreatment of aggregate, silica fume, superplasticizer, transport structures.

УДК 691.327.32

Мишутин А.В. д-р техн. наук, Кровяков С.А. к-т техн. наук, Полторапавлов А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ В БЕТОНАХ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Исследованы бетоны для транспортных сооружений с использованием щебня из плотных известняков и керамзита. Проведено сравнение свойств бетонов и фибробетонов на известняковом и гранитном щебне. Исследованы свойства бетонов, модифицированных суперпластификатором С-3 и микрокремнеземом. Проведено сравнение свойств бетонов, изготовленных по традиционной технологии и с предварительной обработкой пористого щебня цементной суспензией. Установлено, что наибольшую прочность имеют бетоны при количестве микрокремнезема около 30 кг/м^3 и добавки С-3 от 0.8 до 0.9%. Предварительная обработка пористого щебня повышает прочность бетона при сжатии в среднем на 5 МПа.

Объект исследования – бетон на пористых заполнителях для транспортных сооружений.

Цель работы – повышение механических свойств бетонов для транспортных сооружений на щебне из плотных известняков и керамзите за счет применения модификаторов и предварительной обработки пористого заполнителя.

Методы исследования – планирование эксперимента, экспериментально-статистическое моделирование, стандартные методики определения свойств бетона.

Ключевые слова: карбонатный щебень, керамзит, предварительная обработка заполнителя, микрокремнезем, суперпластификатор, транспортные сооружения.

Постановка проблеми

Для конструцій транспортних споруд, зокрема водопропускних, сьогодні найчастіше використовується бетон на гранітному щебені. Проте в південних і деяких інших регіонах України ефективнішим можна вважати застосування бетонів на місцевих природних і штучних пористих заповнювачах. Наприклад, в Одеській області виробляється керамзити і багато покладів вапняків, серед яких є і досить щільні. Такі заповнювачі можуть бути застосовані у транспортному будівництві. Бетони на вапняковому щебені мають порівняно низьку вартість при достатній конструкційній міцності. Відомо, що бетони на карбонатних заповнювачах або керамзитобетони мають досить високу міцність порівняно з міцністю власне заповнювача. Позитивний вплив пористих заповнювачів частіше всього пояснюється процесами самовакуумування його зерен [1]. Вони відіграють роль своєрідних «насосів», які забирають воду з цементного тіста, в результаті чого розчинна складова бетону ущільнюється. При подальшому твердінні волога, що акумульована зернами заповнювача, знову віддається з заповнювача і покращує процес гідратації цементу. Завдяки

Formulation of the problem

Concrete on a granite gravel used for construction of transport structures (for example, culverts pipes) more often. However, the use of concrete on the local natural and artificial porous aggregates effectively in the south and other Ukraine regions. In the Odessa region is made expanded clay and limestone deposits there. There is also a dense limestone in the region. Expanded clay and limestone may be used in transport engineering. Concrete on limestone rubble has a relatively low cost and sufficient strength.

It is known that the expanded clay concrete and concrete on calcareous rubble have strength higher than the strength of expanded clay or limestone. The positive effect of porous fillers often explains the process of self-vacuuming [1]. They perform the function of "pumps" that take water from the cement paste. As a result of the porous filler is compacted cement paste. Moisture that has been accumulated filler grains, again given in the cement paste later. This moisture from the filler improves the cement hydration process. The concrete on the

самовакууванню бетон на пористому заповнювачі в порівнянні в бетоном на гранітному щебені також менш схильний до седиментаційних процесів. За даними [2] самовакуування також підвищує хімічну стійкість бетонів, завдяки чому для конструкцій, підданих агресивного впливу, рекомендується застосовувати заповнювачі з великим капілярним водопоглинанням. У роботі [3] при використанні низькоміцних вапняків і витраті цементу від 250 до 450 кг/м³ були отримані бетони з міцністю при стиску 25-45 МПа при водостійкості 0.98-1.0.

Сьогодні фактично майже весь бетон є модифікованим в тій або іншій спосіб. У транспортному будівництві широко використовуються фібробетони, тому дослідження ефективності введення дисперсної арматури у бетон на вапняковому наповнювачі є актуальним.

Також вельми перспективним напрямком у технології композитів на основі цементу є застосування мікрокремнезему в якості активної мінеральної добавки [4]. Цей модифікатор покращує структуру за рахунок хімічної активності і ефекту «мікронаповнювача», сприяє ущільненню, зменшенню кількості мікрodefektів і веде до підвищення міцності, зниження проникності та збільшення довговічності бетону. Проте застосування мікрокремнезему вимагає підвищення В/Ц суміші, через що його ефективне застосування можливо лише в комплексі з суперпластифікатором [5]. Тобто актуальною є задача дослідження модифікованих мікрокремнеземом і суперпластифікатором бетонів на вапняковому щебені.

Методика досліджень

У попередніх дослідженнях застосовувався керамзитовий гравій Одеського керамзитового заводу фракції 5-10 мм з насипною щільністю гравію 655 кг/м³. У даних дослідженнях застосовувався вапняковий щебень Великодолинського кар'єру (Одеська область) фракції 5-20 мм з насипною щільністю 1200 кг/м³, кварцовий пісок з Мкр=2.6 та портландцемент М400. Для порівняння властивостей бетонів на вапняковому та

porous filler is less prone to sedimentation than concrete to granite rubble. This is due to self-vacuuming too. According to [2], self-vacuuming also increases the chemical resistance of concrete. For this reason, in an aggressive environment for constructions concrete recommended fillers with large capillary water absorption. In [3] concretes have been obtained with compressive strength of 25 to 45 MPa at a water resistance of 0.98-1.0. Used in this study is not strong limestone and the amount of cement was from 250 to 450 kg/m³.

Almost all concrete is modified in different ways in our time. Fibre-concretes are also widely used in transport construction. Therefore, there is an important study of the effectiveness of using dispersed reinforcement in the concrete on the limestone rubble

It is known that silica fume is active mineral additives. This additive has promising for composites based on cement [4]. This modifier improves the structure due to chemical activity and the effect of "micro filler." Also silica fume compacts the concrete structure, reduces the number of micro-defects, increases strength and reduces water permeability, increase the durability of concrete. However, the use of silica fume requires increasing the W/C ratio in the mixture. Because of this, silica fume used effectively with the superplasticizer only [5]. Thus, the current research is the task of the modified silica fume and superplasticizer concrete with limestone rubble.

Research methodology

Expanded clay gravel Odessa plant of expanded clay used in previous studies. Gravel size was 5.10 mm and an average density of 655 kg/m³. In these studies used limestone gravel quarry Velikodolinskoe (Odessa region). Crushed stone has a size of 5-20 mm and an average density of 1200 kg/m³. Also used silica sand with gradation factor 2.6 and Portland cement M400. Properties of concrete with limestone and

гранітному щебені перша серія експериментів проводилися на двох аналогічних партіях бетонів з рівною по обсягу кількістю вапнякового або гранітного щебеню.

У першій серії проводився 2-х факторний експеримент за 9-ти точковим оптимальним планом [6], у якому варіювалися наступні фактори складу бетону:

X_1 – кількість портландцементу, від 300 до 500 кг/м³;

X_2 – кількість поліпропіленової фібри Ваусон (діаметр волокон 18.7 мкм, довжина – 12 мм), від 0 до 1 кг/м³.

Всі досліджені у даній серії суміші були пластифіковані суперпластифікатором С-3 в кількості 0.8% від маси цементу і мали рівну рухливість ОК = 2 ± 0.5 см, що досягалося підбором кількості води і забезпечувало коректність порівняння.

У другій серії досліджень проводився інший 2-х факторний експеримент за 9-ти точковим планом. Варіювалися наступні фактори складу:

X_1 – кількість мікрокремнезему, від 0 до 40 кг/м³;

X_2 – кількість суперпластифікатору С-3, від 0.5 до 1.0% від маси цементу.

Для всіх складів кількість портландцементу становила 450 кг/м³. Всі суміші мали рівну рухомість ОК=6..8 см.

У другій серії також виконувалося дві паралельних партії, обидві на вапняковому щебені, проте за різними технологіями змішування суміші. У першій партії (контрольній) змішування проходило за традиційною технологією з послідовним завантаженням у змішувач вапнякового щебеню, який при змішуванні зволожувався водою в обсязі 10% від загальної кількості води у складі, далі завантажувалася пісок, портландцемент, мікрокремнезем (при необхідності) й вода з добавкою С-3. Загальний час приготування суміші складав 4-5 хвилин.

Для другій партії змішування проводилося з попередньою обробкою пористого вапнякового щебеню цементною суспензією.

granite rubble compared to the first series of experiments. Studies have been conducted on two batches of similar concrete with equal volume of crushed stone: limestone or granite.

2 factorial experiments were conducted in the first series with accordance of 9-a point the optimal plan [6]. In the experiment varied following concrete composition factors:

X_1 – the amount of Portland cement, from 300 to 500 kg/m³;

X_2 – the amount of polypropylene fibers Baucon (fiber diameter is 18.7 microns, length is 12 mm), from 0 to 1 kg/m³.

All investigated in this series mixture contained superplasticizer S-3 0.8% by weight of cement. Also, all mixture had the same mobility 2 ± 0.5 cm. This is achieved by selecting the amount of water in the mixture and provided a comparison between the concrete.

Another 2 factorial experiment was conducted in the second series with accordance of 9-a point the optimal plan to. Such concrete composition factors varied:

X_1 – the amount of silica fume, from 0 to 40 kg/m³;

X_2 – the amount of superplasticizer S-3, from 0.5 to 1.0% by weight of cement.

For all compositions the amount of Portland cement was 450 kg/m³. All blends have equal mobility 6..8 cm.

In the second series also produced two parallel batch of concrete. Both parties were made on limestone rubble, however, different blending technology has been used. The first batch (control) the mixing produced by traditional technology. At first charged to the mixer limestone gravel, which is then saturated with water in the amount of 10% of the total amount of water in the concrete. Further, the mixer was charged with sand, Portland cement, silica fume (if necessary), and water with addition S-3. The total time of mixing is 4-5 minutes. For the second batch mixing was carried out with pre-treatment of porous limestone

Обробка проводилася з метою покращення властивостей бетону завдяки зміцненню контактної зони крупного заповнювача. Послідовність змішування була такою: у змішувач подавалася вся вода з добавкою С-3 і з 30% від необхідної кількості портландцементу та, при необхідності, мікрокремнезему. Після хвилини перемішування цементної суспензії у змішувач подавався вапняковий щебінь, який далі оброблявся даною суспензією протягом 1-ї хвилини (тобто продовжувалося перемішування). Далі в змішувач подавався пісок і решта цементу та мікрокремнезему. Суміш перемішувалася до досягнення однорідності. Загальний час перемішування складав 5-6 хвилин, що лише на хвилину довше, ніж приготування суміші традиційним способом. Ця хвилина необхідна для приготування цементної суспензії, а подальші операції проходять приблизно в тому ж темпі, що і при традиційній технології приготування бетонної суміші.

Результати досліджень

Проведені у попередніх етапах дослідження властивостей керамзитобетонів для конструкцій транспортних споруд показати високу ефективність цього матеріалу [7]. Модифіковані мікрокремнеземом і добавкою С-3 керамзитобетони мали міцність при стиску до 40 МПа, міцність на розтяг при згині до 7 МПа і водонепроникність до W12. Проте подібні матеріали через досить викосу вартість керамзиту можна рекомендувати лише для обмеженого кола споруд, в конструкціях яких важливою характеристикою є вага та/або термічні властивості. Тому в подальшому будуть розглядаються бетони на вапнякових заповнювачах. Ці заповнювачі на ринку є дешевшими за граніт і завдяки місцевому походженню забезпечують менші витрати на доставку.

У першій серії [8] з умов експерименту водопотреба сумішей залежала від їх складу, відповідно найменше В/Ц в обох партіях мають суміші з максимальною кількістю портландцементу і без фібри. При використанні карбонатного щебеню В/Ц сумішей було дещо вищою, що пояснюється

rubble cement slurry. Processing was carried out to strengthen the contact zone of the coarse fillers. This operation improves the properties of concrete. Mixing sequence was as follows: all loaded into the mixer with the addition of water, S-3 and 30% of the required amount of Portland cement, and (if necessary) silica fume. After one minute of mixing the cement slurry in the mixer was charged with limestone rubble. Then gravel treated with this suspension in the course of one minute while mixing. Further in the mixer was charged with sand, cement and silica fume remainder. The mixture was mixed to it reached the homogeneity. Total time of the mixture was 5-6 minutes. This time just for a one minute longer than the time of preparation of the concrete mixture in the traditional way. This one minute is required for the preparation of a cement slurry. The remaining of the mixing operation are roughly the same pace as in the traditional technology of concrete preparation.

Research results

Properties of lightweight expanded clay concrete for construction of transport structures were studied in the early stages of research. These studies show the high efficiency of expanded clay concrete [7]. The modified silica fume and additive S-3 expanded clay concrete had a compressive strength up to 40 MPa, tensile strength in bending up to 7 MPa, and water resistance up to W12. However, such materials because of the high cost of expanded clay can be recommended only for limited types of structures. It is effective for constructs in which weight or a thermal property is important. Therefore, in the future will be considered concrete on limestone aggregates. These fillers on the market cheaper than granite. They also provide a lower cost of shipping because of local origin.

For the experimental conditions in the water demand of the first series of mixtures depend on their composition [8]. Accordingly, the smallest W/C ratio in the two batches were mixed with the maximum amount of Portland cement and without

поглинанням води заповнювачем. В цілому, за рахунок застосування добавки С-3 всі досліджені суміші мали досить низькі показники В/Ц (від 0.34 до 0.49 для складів на вапняковому щебені та від 0.32 до 0.46 – на гранітному).

Середня щільність бетонів на вапняковому щебені коливалася від 2270 до 2300 кг/м³, аналогічних складів на гранітному щебені – від 2380 до 2400 кг/м³. Тобто при використанні карбонатного заповнювача з щільних порід вапняку середня щільність бетону несуттєво відрізняється від об'ємної маси «традиційного» важкого бетону на гранітному щебені.

Встановлено, що кількість поліпропіленової фібри не впливає на міцність матеріалів при стиску. Відповідно на рис.1 показано вплив кількості портландцементу на міцність досліджених у першій серії бетонів.

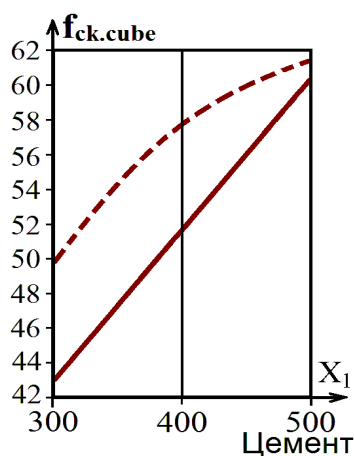


Рисунок 1 – Вплив кількості портландцементу на міцність бетонів при стиску: — склади на карбонатному щебені, - - - склади на гранітному щебені (перша серія досліджень)

Як видно з діаграм, міцність при стиску бетонів на карбонатному щебені була дещо нижчою, ніж на гранітному. Проте по мірі збільшення кількості цементу різниця знижується і при кількості в'язучого 450-500 кг/м³ вона не перевищує 5%. Це можна пояснити кращою роботою пористого заповнювача у «жирних» сумішах з великою кількістю цементу, також при зростанні

fibers. When using a carbonate gravel W/C ratio blends were slightly higher, it due to the absorption of the water by filler. In general, due to the use of the additive S-3 all the studied mixtures had enough low levels W/C ratio (from 0.34 to 0.49 for a composition of limestone rubble and from 0.32 to 0.46 for a composition of crushed granite).

The average density of concrete on limestone rubble was from 2270 to 2300 kg/m³. The density of the compositions similar to granite rubble was from 2380 to 2400 kg/m³. That is, when using a carbonate filler of solid limestone rocks average density of concrete is little different from the density of the "traditional" heavy concrete on the granite rubble.

It is found that the amount of polypropylene fibers has no effect on the compressive strength of the concrete. Accordingly, in Figure 1 shows the effect of the amount of Portland cement concrete for strength, which was study in the first series.

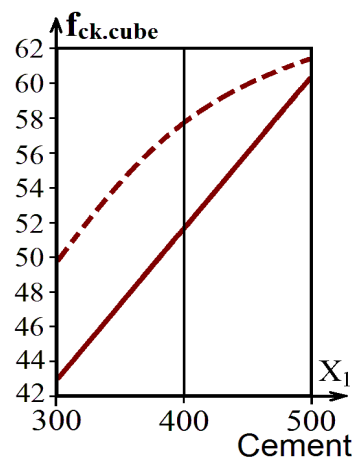


Figure 1 – The impact on amount of Portland cement to concrete compressive strength: — compositions on carbonate rubble, - - - compositions on a granite rubble (the first series of studies)

The diagram shows that the compressive strength of concrete on carbonate rubble was slightly lower than the concrete strength of concrete on crushed granite. However, this difference is reduced as the amount of cement. When the amount of the binder of 450-500 kg/m³, strengths difference does not exceed 5%. Also, when the amount of binder

кількості в'язучого згідно з принципами підбору складу дещо знижується частка крупного заповнювача в суміші та зростає розсунення його зерен.

Побудована за відповідними експериментально-статистичними (ЕС) моделями діаграма, що відображають вплив факторів на міцність бетонів на різних заповнювачах на розтяг при згині, показана на рис.2. Її аналіз дозволяє сказати, що міцність досліджених бетонів на розтяг несуттєво залежить від виду застосованого щебеню. Це можна пояснити тим, що вапняк є доволі пористим заповнювачем, через що проявляє ефект «самовакуумування». Тобто адгезія між розчинною частиною бетону і заповнювачем покращується, що в першу чергу відображається на величині міцності на розтяг. При введенні $0.8-0.9 \text{ кг/м}^3$ дисперсного волокна міцність бетонів на розтяг зростає на $0.4-0.9 \text{ МПа}$ для складів на гранітному щебені та на $0.3-0.4 \text{ МПа}$ для складів на карбонатному щебені. Більше дозування фібри вже не ефективно, що пояснюється її впливом на В/Ц сумішей.

У другій серії експерименту всі суміші мали рухомість $OK=6..8 \text{ см}$, тобто їх водопотреба теж залежала від складу. Встановлено, що технологія змішування (традиційна або з попередньою обробкою пористого вапнякового щебеню суспензією) не впливає на рівень В/Ц суміші. По мірі зростання кількості суперпластифікатору В/Ц суміші знижується. При введенні в бетонну суміш мікрокремнезему у кількості до 20 кг/м^3 її В/Ц змінюється несуттєво. Збільшення кількості мікрокремнезему до 40 кг/м^3 викликає необхідність підвищення В/Ц або кількості добавки С-3 для збереження рухомості суміші.

is increased in accordance with the principles of selection of the composition of amount of coarse gravel in the mixture is little reduced, thereby increasing the distance between the porous gravels in concrete.

Figure 2 shows a diagram, which reflects the impact of factors on the strength of concrete at various fillers tensile bending. This diagram is based on relevant experimental-statistics (ES) models. Its analysis makes it possible to say that the tensile strength of the investigated concrete insignificantly depends on the application of rubble. This can be explained by the fact that limestone is a porous filler, because of which shows a "self-vacuum" effect. That is, the adhesion between the filler and the soluble part is improved, which greatly affects the tensile strength of the concrete. With the using of $0.8-0.9 \text{ kg/m}^3$ of fiber concrete tensile strength is increased by $0.4-0.9 \text{ MPa}$ for the composition on granite rubble and $0.3-0.4 \text{ MPa}$ for compositions on carbonate gravel. But increasing the more amount of fiber is not effective, because the influence of the fiber on the W/C ratio in the mixtures.

In the second series of experiment were all mixtures mobility $6..8 \text{ cm}$, i.e. W/C ratio of mixtures is also dependent on the concrete composition. It is found that blending technology (traditional or pretreatment calcareous gravel cement slurry) the level W/C mixing ratio does not affect. By increasing the amount of superplasticizer W/C ratio of the mixture is reduced. When injected into the concrete mix of silica fume in amounts of up to 20 kg/m^3 W/C is changed slightly. Increasing the amount of silica fume 40 kg/m^3 is the need to increase the W/C or increasing the amount of additive S-3 for storing the mobility of the mixture.

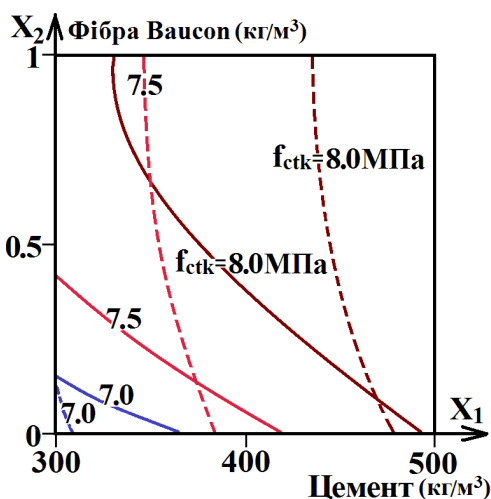


Рисунок 2 – Вплив кількості портландцементу і фібри на міцність бетонів на розтяг при згині: — склади на карбонатному щебені, - - - склади на гранітному щебені (перша серія досліджень)

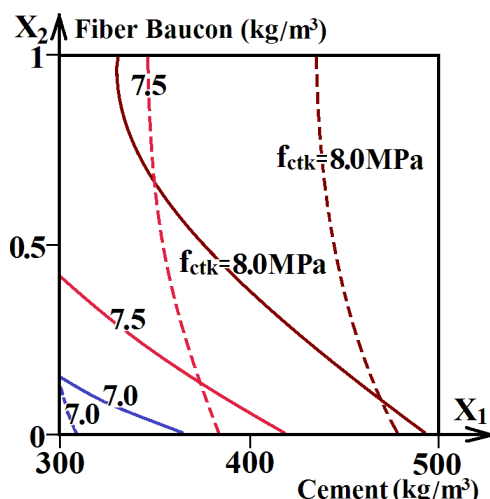


Figure 2 – The impact on amount of Portland cement to concrete tensile bending strength: — compositions on carbonate rubble, - - - compositions on a granite rubble (the first series of studies)

За відповідними ЕС-моделями були побудовані діаграми, що показані на рис.3 і відображають вплив кількості С-3 і мікрокремнезему на міцність при стиску досліджених бетонів на вапняковому щебені. Аналіз діаграм показує, що для обох партій досліджених бетонів максимальну міцність мають склади при кількості добавки С-3 0.8-0.9% і мікрокремнезему приблизно 30 кг/м³. Завдяки застосуванню оптимальної кількості модифікаторів міцність при стиску бетонів зростає на 16-18 МПа в порівнянні зі складами без мікрокремнезему і з мінімальною кількістю добавки С-3. Тобто запропонований метод модифікації є ефективним для бетонів на вапняковому щебені.

Важливим ефектом можна вважати, що міцність бетонів на обробленому цементною суспензією вапняковому щебені була на 4-5 МПа вища за міцність контрольних бетонів аналогічних складів. Тобто за рахунок зміни технології приготування бетону на пористому заповнювачі відчутно збільшується міцність матеріалу. Цей ефект пояснюється зміцненням поверхневого шару крупного заповнювача та перехідної зони між заповнювачем і розчинною частиною бетону.

У другій серії також аналізувалася міцність бетонів на розтяг при згині. Встановлено, що величина цього показника не залежить від технології приготування бетонної суміші. Це можна пояснити тим, що міцність заповнювача в меншій мірі впливає на

Figure 3 shows diagrams that were built under the relevant ES-model. These diagrams reflect the influence of the amount of P-3 and silica fume on compressive strength of concrete on limestone rubble. Diagram analysis shows that the maximum strength of the concrete are at the amount of the additive S-3 0.8-0.9% and silica fume about 30 kg/m³ (for both parties). Use optimum amount of modifiers increases the compressive strength of concrete at 16-18 MPa compared to compositions without silica fume and with the minimum amount of additive S-3. That is, these modifiers is effective for concrete on limestone rubble.

The strength of the concrete on pre-treated by cement slurry limestone rubble at 4-5 MPa higher, than the strength of control concrete of similar composition. This is a very important technical effect. That is the strength of concrete with porous fillers increased due to the change of its production technology. This effect is due to the strengthening of the surface layer of coarse filler and the transition zone between filler and cement paste in concrete.

The tensile strength of concrete in bending investigated in the second series of experiments as well. It is found that the value of the tensile strength is independent of the technology of preparation of a concrete mix. This can be explained by the fact that the filler strength has little effect on

здатність композиту протидіяти розтягуючим навантаженням, ніж навантаженням стиску.

the ability of the composite to withstand tensile loads.

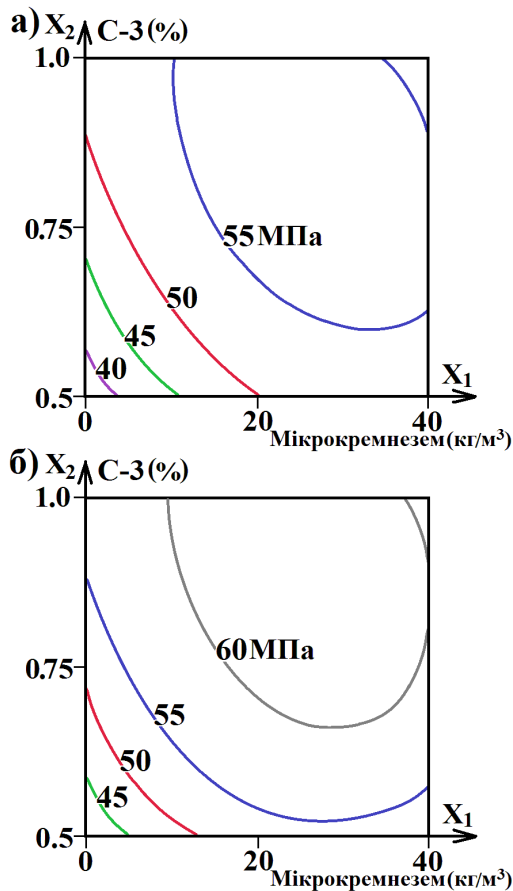


Рисунок 3 – Вплив кількості мікрокремнезему і добавки С-3 на міцність при стиску досліджених бетонів на вапняковому щебені (друга серія досліджень):
а) приготованих за традиційною технологією,
б) на обробленому цементною суспензією щебені

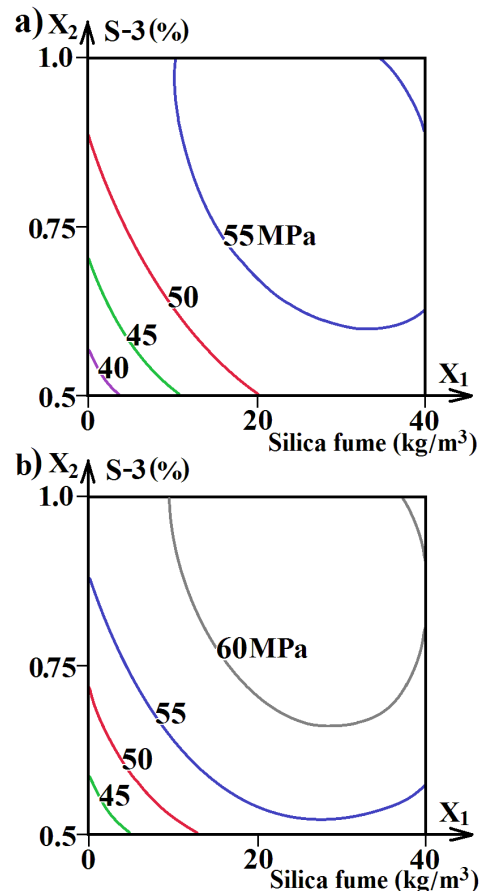


Figure 3 – The impact on amount of silica fume and additives S-3 to compressive strength of concrete on limestone rubble (second series of studies):
a) prepared by traditional technology,
b) pre-treated cement slurry rubble

На рис.4 показана діаграма у вигляді квадрату, яка побудована по відповідній ЕС-моделі та відображає вплив складу бетону (для обох партій другої серій) на величину його міцності на розтяг при згині. Аналіз діаграми показує, що варійовані у експерименті фактори на величину f_{ctk} оказують менший вплив, ніж на величину міцності при стиску. За рахунок введення мікрокремнезему міцність на розтяг збільшується на 0.2-0.6 МПа, при чому по мірі збільшення кількості добавки С-3 вплив цього фактору зменшується. При підвищенні кількості суперпластифікатору з 0.5 до 1% величина f_{ctk} досліджених бетонів збільшується приблизно на 1 МПа для складів без мікрокремнезему і приблизно на 1.5 МПа для складів з вмістом 30-40 кг/м³ мікрокремнезему. Тобто досліджені бетони на вапняковому щебені характеризуються досить

Figure 4 shows a diagram which illustrates the effect of the composition of the concrete tensile strength in bending (for both parties of the second series). This diagram constructed in a square form for the relevant ES-model. Analysis of the diagram shows that the factors, for varying, the tensile strength of the concrete has less effect than the compressive strength. By introducing silica fume tensile strength increases by 0.2-0.6 MPa, but as the amount additives S-3 the influence of this factor diminishes. The tensile strength of concrete is increased by about 1 MPa with increasing the amount of superplasticizer by 0.5 to 1% for compositions without silica fume and about 1.5 MPa for compositions containing 30-40 kg / m³ silica fume.

That is concrete on a dense limestone rubble have high tensile strength. This allows us to

високим рівням міцності на розтяг, що дозволяє вважати їх перспективним матеріалом для конструкцій транспортних споруд. Досліджені модифіковані бетони також мають досить високий рівень морозостійкості та водонепроникності [8], що забезпечує їх довговічність.

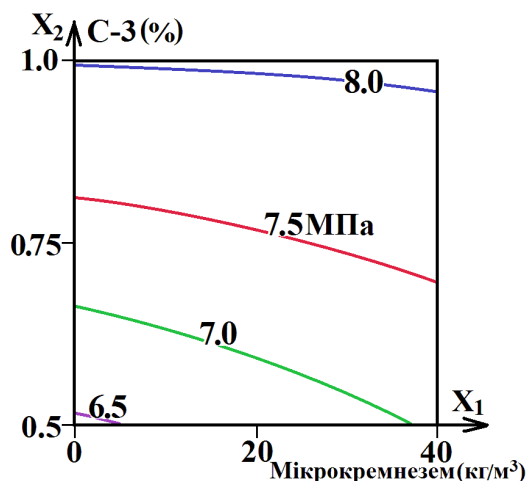


Рисунок 4 – Вплив кількості мікрокремнезему і добавки С-3 на міцність на розтяг при згині досліджених бетонів на вапняковому щебені (друга серія досліджень).

Висновки

Механічні властивості модифікованих бетонів на обробленому місцевому вапняковому щебені дозволяють рекомендувати їх для конструкцій ряду транспортних споруд. Міцність бетонів на щільних вапняках несуттєво відрізняється від міцності бетонів на гранітному щебені. Найбільшу міцність при стиску мають бетони при кількості мікрокремнезему близько 30 kg/m^3 і добавки С-3 від 0.8 до 0.9%. За рахунок модифікації та дисперсного армування на 1-1.5 МПа підвищується міцність на розтяг при згині бетонів на вапняковому щебені. Попередня обробка пористого щебеню цементною суспензією дозволяє підвищити міцність бетону при стиску в середньому на 5 МПа, тобто попередня обробка є ефективним технологічним прийомом підвищення якості бетонів на пористих заповнювачах.

Література

1. Симонов М.З. Основы технологии легких бетонов / М.З. Симонов – М.: Стройиздат, 1973. – 584 с.
2. Хохрин Н.К. Парадигмы долговечности легкого бетона/ Н.К. Хохрин. – Самара:

consider them a promising material for the construction of transport structures. The modified concrete on limestone rubble also have high levels of frost resistance and water resistance [8], which ensures their durability

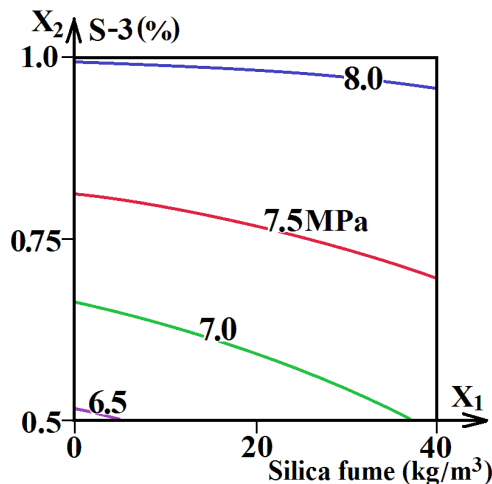


Figure 4 – The impact on amount of silica fume and additives S-3 to tensile bending strength of concrete on limestone rubble (second series of studies).

Conclusions

The modified concrete on pre-treated by cement slurry local limestone rubble has high mechanical properties. It is possible to recommend such concrete for some transport structures.

The strength of concrete on solid limestone does not differ from the strength of concrete on granite rubble. The highest compressive strength of concretes have composite in an amount of silica fume about 30 kg/m^3 and additives S-3 from 0.8 to 0.9%. Tensile strength in bending of concrete on limestone rubble increases by 1-1.5 MPa due to the modification and reinforcement fibers. Pretreatment cement slurry of porous concrete rubble can increase the compressive strength in average of 5 MPa. Thus, pre-treatment of the porous fillers is an effective technological methods of increasing the quality of concrete.

Literature

1. Simonov M.Z. Bases of technology of lightweight concrete / M.Z. Simonov – Moscow: Stroyizdat, 1973. – 584 p.
2. Khokhrin N.K. Paradigms durability of lightweight concrete / N.K. Khokhrin. – Samara: SamIIT, 2000. – 181 p.

СамИИТ, 2000. – 181 с.

3. Черепов В.Д. Бетон на основе низкопрочных карбонатных пород / В.Д. Черепов, Н.П. Коршунова – Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования», 2013, №2 [Электрон. ресурс]. - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/108-8676>

4. Shetty M.S. Concrete technology. Theory and practice / M.S. Shetty. – New Delhi: S. Chand & company ltd, 2000. – 624 p.

5. Каприелов С.С. Бетоны нового поколения с высокими эксплуатационными свойствами / С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд // Материалы международной конференции "Долговечность и защита конструкций от коррозии", М., 1999 - С.191-196.

6. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.

7. Механічні властивості модифікованих суднобудівних керамзитобетонів / А.В. Мишутін, С.О. Кровяков, О.В. Піщев, Т.І. Піщева, М.В. Заволока // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. №63 – Одеса; Атлант, 2016. – С.161 – 166.

8. Мішутін А.В. Порівняння властивостей бетонів жорстких дорожніх покриттів на різних типах заповнювача / А.В. Мішутін, С.О. Кровяков, А.О. Полторапавлов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 31. – Рівне: НУВГП, 2015. – С.251-257.

3. Cherepov V.D. Concrete based on low-strength carbonate rocks / V.D. Cherepov, N.P. Korshunova – Electronic scientific journal "Modern problems of science and education", 2013, №2 [Electron. resource]. – Access mode: <http://www.science-education.ru/108-8676>

4. Shetty M.S. Concrete technology. Theory and practice / M.S. Shetty. – New Delhi: S. Chand & company ltd, 2000. – 624 p.

5. Kaprielov S.S. A new generation of concretes with high performance / S.S. Kaprielov, A.V. Sheynfeld // Proceedings of the international conference "The durability and corrosion protection of structures", Moscow, 1999 – PP.191-196.

6. Voznesensky V.A. Numerical methods for solving construction and technological tasks on a computer / V.A. Voznesensky, T.V. Lyashenko, B.L. Ogarkov. – Kiev: High School, 1989. – 327 p.

7. Mechanical properties of modified shipbuilding expanded clay concrete / A.V. Myshutin, S.O. Krovyakov, O.V. Pischev, T.I. Pischeva, N.V. Zavoloka // Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. №63 – Odessa; Atlanta, 2016. – PP.161 - 166.

8. Mishutin A.V. Comparison properties of concrete pavement on different types of filler/ A.V. Mishutin, S.O. Krovyakov, S.A. Poltorapavlov // Resource materials, structures and buildings. Issue 31 - Rivne: National university of water and environmental engineering, 2015. – PP.251-257.

Рецензенти:

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Солодкий С.Й., д-р техн. наук, НУ "Львівська політехніка".

Reviewers:

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Solodkyi S.Yo., Dr. Tech. Sci., NU "Lviv Polytechnic".

Стаття надійшла до редакції: **11.10.2016 р.**

УДК 625.7/.8

Мусієнко І.В., к-т техн. наук

РОЗРАХУНОК НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ У ПРОГРАМІ UKRRDO 16

Анотація. У статті розглянуто програму для автоматизованого розрахунку нежорстких дорожніх одягів УКРРДО 16. Розглянуто інтерфейс програми, компоновка вихідних даних та результатів розрахунків. Розрахунки ведуться за трьома критеріями міцності: за допустимим пружним прогином, за умовою зсувостійкості земляного полотна та шарів з малозв'язних матеріалів, по міцності на розтяг при згині. У версію 2016 року добавлена можливість автоматизованого розрахунку на розрахункове навантаження 130 кН для приблизної оцінки, а також функцію формування звіту по розрахункам у MS Office Excel.

Об'єкт дослідження – автоматизація розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу.

Мета роботи – алгоритмізація та програмування усього циклу проектування дорожнього одягу нежорсткого типу за українськими нормативами.

Методи дослідження – методи об'єктно-орієнтованого програмування.

Ключові слова: автоматизований розрахунок, нежорсткий дорожній одяг, інтерфейс програми, розрахунок дорожнього одягу, ґрунт земляного полотна, відомчі будівельні норми, розрахункове навантаження.

UDC 625.7/.8

Musiienko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

THE NON-RIGID PAVEMENT CALCULATION IN UKRRDO 16

Abstract. In the article the program for the automated calculation of non-rigid pavements UKRRDO 16 has been reviewed. Interface, layout data and the results of calculations have been considered. Calculations have been performed for three strength criteria: permissible elastic deflection, shear strength of subsoil and monolithic layers resistance of tensile bending. In the 2016 version two functions have been added: the possibility of 130 kN load calculation for approximate estimate and calculations report in MS Office Excel.

The object of study - automated calculation of non-rigid pavements.

Purpose – to create algorithms and programs for calculation of non-rigid pavements by Ukrainian standards.

Research methods - methods of object-oriented programming.

Keywords: computer-aided calculation, non-rigid pavement, interface panel, non-rigid pavement calculation, soil subgrade, Departmental building codes, the calculated load.

УДК 625.7/.8

Мусиенко И.В., к-т техн. наук

РАСЧЕТ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПРОГРАММЕ UKRRDO 16

Аннотация. В статье рассмотрена программа для автоматизированного расчёта нежестких дорожных одежд УКРРДО 16. Рассмотрены интерфейс программы, компоновка исходных данных и результатов расчётов. Расчёты ведутся по трём критериям прочности: по допускаемому упругому прогибу, по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв, на сопротивление монолитных слоёв усталостному

разрушению от растяжения при изгибе. В версию программы 2016 года добавлена возможность автоматизированного расчёта на расчётную нагрузку 130 кН для приблизительной оценки, а также функция формирования отчёта по расчётам в MS Office Excel.

Объект исследования - автоматизация расчёта дорожной одежды.

Цель работы - алгоритмизация и программирование всего цикла проектирования дорожной одежды по украинским нормативам.

Методы исследования - методы объектно-ориентированного программирования.

Ключевые слова: автоматизированный расчёт, нежёсткая дорожная одежда, интерфейс программы, расчёт дорожной одежды, грунт земляного полотна, ведомственные строительные нормы, расчётная нагрузка.

Вступ

Використання автоматизованих систем розрахунку дорожніх одягів дозволяє:

- 1) скоротити час розрахунків;
- 2) підвищити якість проектних рішень.

Підвищення якості проектних рішень можливо за рахунок:

- 1) підбору оптимальних дорожньо-будівельних матеріалів;
- 2) підбору оптимальних товщин шарів.

Крім того, є брак програмних продуктів, в основі яких лежать українські нормативи.

Програмний продукт консорціуму CREDO Радон UA не підтримує останні зміни у нормативній базі [1].

Все це обумовлює актуальність даного напрямку.

Перша експериментальна версія програми по автоматизованому розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу УКРРДО була розроблена на кафедрі вишукувань та проектування доріг і аеродромів (ХНАДУ) у 2014 році. З тих пір програма ускладнювалася й удосконалювалася.

Основна частина

Були вирішені наступні задачі (рисунки 1):

- 1) створення бази даних по дорожньо-будівельним матеріалам на основі норм [2];
- 2) створення бази даних по автомобілям;
- 3) створення бібліотеки класів по автоматизованому розрахунку;
- 4) створення інтерфейсу, зручного для користувача;
- 5) створення функції виведення звіту в зручному форматі.

Introduction

The computer-aided calculation using allows us:

- 1) to reduce the time calculations;
- 2) to improve the quality of the design solutions.

Improving the quality of design solutions is possible by:

- 1) selection of the optimal road-building materials;
- 2) selection of the optimum layers thickness.

In addition, there is a lack of software products, which are based on Ukrainian standards.

The software of CREDO Consortium of Radon UA does not support the recent changes in the regulatory framework [1].

That is why this problem is actual direction. The first experimental version of the program for non-rigid pavement calculation УКРРДО has been developed at the Department of survey and engineering of highways and airfields (KhNAHU) in 2014. Since then, the program is being complicated and perfected.

Main part

Problems, that have been solved (figure 1):

- 1) creation of the road-building materials database [2];
- 2) creation of the vehicles database;
- 3) creation of the class library for computer-aided calculation;
- 4) creation of the user-friendly interface;
- 5) creation of the report launch function in convenient format.



Рисунок 1 – Структура програми по автоматизованому розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу УКРРДО 16

Інтерфейс програми складається з двох головних частин:

- 1) частина, в якій користувач вносить вихідні данні;
- 2) частина, в якій наведено результати розрахунків.

Головна особливість інтерфейсу програми – представлення вихідних даних і результатів розрахунків на одному вікні.

Частина, в якій користувач вносить вихідні данні складається з чотирьох блоків:

- 1) вихідні данні за результатами техніко-економічних вишукувань;
- 2) вихідні данні для формування характеристик ґрунту земляного полотна;
- 3) вихідні данні для формування характеристик дорожнього одягу;
- 4) данні по шарах дорожнього одягу.

Блок вихідних даних за результатами техніко-економічних вишукувань складається з 4 пунктів (рисунок 2):

- 1) найменування дороги;
- 2) перспективна (на 20 років) середньорічна добова інтенсивність руху;
- 3) коефіцієнт приросту інтенсивності руху;
- 4) склад транспортного потоку.

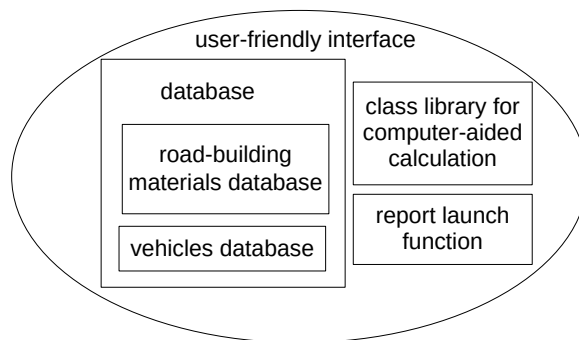


Figure 1 – The structure of non-rigid pavement computer-aided calculation UKRRDO 16

The program interface consists of two main parts:

- 1) the data input part;
- 2) the results of calculations part.

The main feature of the interface is presentation of initial data and calculation results in a single window.

The data input part consists of four blocks:

- 1) economic surveys data;
- 2) initial data for soil subgrade forming;
- 3) initial data for pavement forming;
- 4) pavement structure data.

The economic surveys data consists of four item (figure 2):

- 1) object title;
- 2) perspective (20 years) the average annual daily traffic;
- 3) rate of change in traffic;
- 4) transport flow percentage.

Рисунок 2 – Блок вихідних даних за результатами техніко-економічних вишукувань

Склад транспортного потоку може мати до 25 транспортних засобів. У полі по кожному обраному типу транспортного засобу потрібно поставити його відсоток у потоці. Пункти чекбоксів генеруються з бази даних автомобілів (рисунок 3).

Рисунок 3 – Формування складу потоку

База даних автомобілів була заповнена з нормативного документу [2].

Блок вихідних даних для формування характеристик ґрунту земполотна складається з 5 пунктів (рисунок 4):

- 1) дорожньо-кліматична зона;
- 2) номер дорожнього району;
- 3) тип місцевості за зволоженням;
- 4) ґрунт земполотна;
- 5) щільність нижнього шару конструкції дорожнього одягу.

Пункти для заповнення дорожньо-кліматичної зони та номерів дорожнього району мають свою довідку (карту

Figure 2 – Economic surveys data

Transport flow may consist of the 25 components. This component has required fields: percentage of vehicles in transport flow. Checkboxes of vehicles are generated from the vehicles database (figure 3).

Figure 3 – Transport flow forming

The vehicles database had been filled out the normative document [2].

The initial data for soil subgrade forming consists of five item (figure 4):

- 1) the road-climatic area;
- 2) the number of road region;
- 3) the type of terrain humidification;
- 4) the soil subgrade;
- 5) the density of the lower layer of the pavement.

The road-climatic region item and the number of road area item have help button – map. This map load by «?» - button.

районування), яка підвантажується за допомогою кнопки «?».

Figure 4 – Soil subgrade forming

Рисунок 4 – Формування характеристик ґрунту земполотна

Блок вихідних даних для формування характеристик дорожнього одягу складається з 6 пунктів (рисунк 5):

- 1) технічна категорія дороги;
- 2) осьове навантаження;
- 3) перемикач для встановлення колісної схеми;
- 4) тип дорожнього одягу;
- 5) строк служби дорожнього одягу;
- 6) коефіцієнт смуги.

Блок вихідних даних по шарам дорожнього одягу складається з двох головних блоків: блок по асфальтобетоним шарам, та блок по іншим шарам дорожнього одягу.

Figure 5 – Pavement forming

Рисунок 5 – Блок для формування характеристик дорожнього одягу

В цій версії програми (рисунк 5) з'явився перемикач (елемент управління операційної системи) для розрахунку конструкції на 130 кН. У новому нормативному документі

Here, in this version of the program RadioBatton (control of the operating system) for 130 kN axial load calculations has been appeared (figure 5). The new Ukrainian standard provides the calculation for axle load of 130 kN [3].

передбачається розрахункове навантаження на вісь 130 кН [3].

Потрібний модуль пружності розраховується за формулою [3]:

$$E_{нотр} = 42,843 \cdot \ln \sum N_{сум} \cdot C, \quad (1)$$

де $N_{сум}$ – сумарна розрахункова кількість прикладання розрахункового навантаження на найбільш завантажену смугу, одиниць/добу;
 C – коефіцієнт, який залежить від розрахункового навантаження.

Маємо емпіричну залежність коефіцієнту C від розрахункового навантаження (рисунок 6).

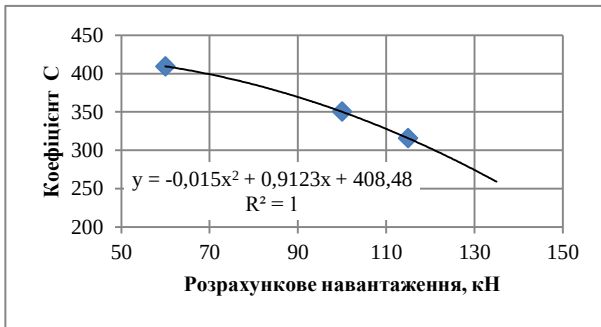


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнту C від розрахункового навантаження

Залежність коефіцієнту C від розрахункового навантаження наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність коефіцієнту C від розрахункового навантаження

Розрахункове навантаження, кН	Коефіцієнт C
60	409,4
100	350,21
115	315,6
130	273,579

Мінімальний потрібний модуль пружності знаходимо з діючих нормативів [2] методом екстраполяції (рисунок 7).

Required elastic modulus is calculated by the formula [2]:

$$E_{req} = 42,843 \cdot \ln \sum N_{sum} \cdot C, \quad (1)$$

where N_{sum} - the total estimated applying number of normative load on the busiest traffic lane, units/day;
 C - coefficient that depends on the normative load.

We have the coefficient C empirical dependence on normative load (figure 6).

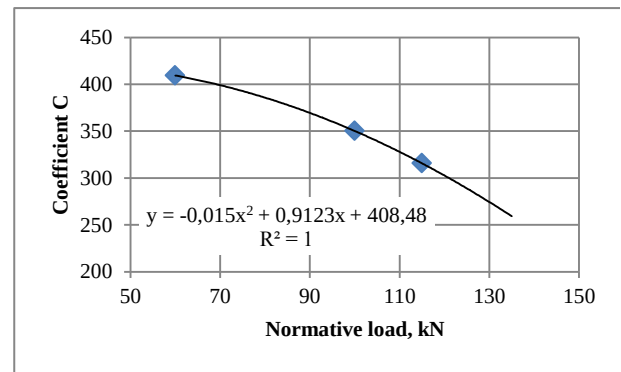


Figure 6 – The coefficient C empirical dependence on normative load

The coefficient C empirical dependence on normative load shown in the table 1.

Table 1 – The coefficient C dependence on normative load

Normative load, kN	Coefficient C
60	409,4
100	350,21
115	315,68
130	273,579

The minimum required elastic modulus has been determined from the existing norms [2] by extrapolation (figure 7).

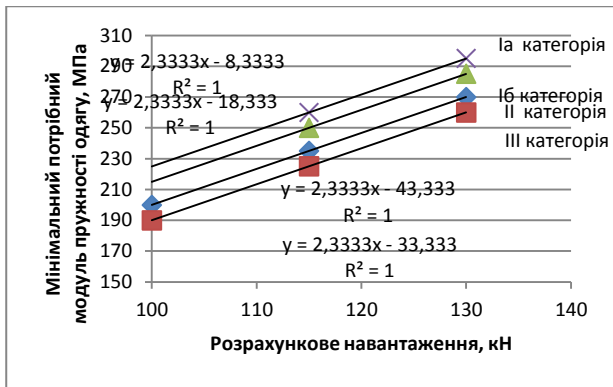


Рисунок 7 – Залежність мінімального потрібного модулю пружності від розрахункового навантаження

Результати розрахунків наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Мінімальний потрібний модуль пружності одягу для розрахункового навантаження 130 кН

Категорія дороги	Мінімальний потрібний модуль пружності одягу для розрахункового навантаження 130 кН E_{min} , МПа
Ia	295
Iб	285
II	260

Такий же принцип було використано при знаходженні коефіцієнтів приведення до розрахункового навантаження 130 кН. Детально ці дослідження описані у студентській роботі [4].

В блоці характеристик шарів дорожнього одягу інженер-дорожник встановлює товщину шарів (рисунок 8) дорожнього одягу та формує характеристики матеріалів за допомогою підвантаження двох вікон: асфальтобетонні шари (рисунок 9) та шари основи. Ці вікна відкриваються кнопками «Додати».

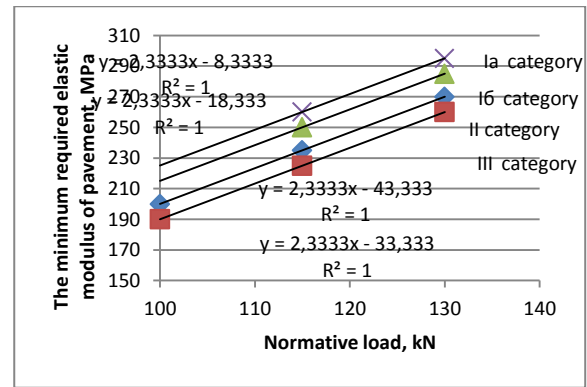


Figure 7 – The minimum required elastic modulus dependence on normative load

The calculation results are shown in table 2.

Table 2 – The minimum required elastic modulus for normative load 130 kN

Road category	The minimum required elastic modulus for normative load 130 kN E_{min} , MPa
Ia	295
Iб	285
II	260

The same principle had been used in finding the conversion coefficients for 130 kN normative load. Details of these studies were described in the student paper [4].

In the layer characteristics block a road designer assigns thickness of pavement layers (figure 8) and forms characteristics of material through two windows: asphalt layer (figure 9) and pavement structure layer. These windows open by the Add buttons.

Рисунок 8 – Блок для заповнення характеристик шарів дорожніх одягів

Figure 8 – The layer characteristics block

Рисунок 9 – Вікно для формування шарів покриття з асфальтобетону

Figure 9 – The asphalt layer window

Після вибору потрібного матеріалу для шару, текстові поля характеристик на головному вікні автоматично заповнюються з бази даних матеріалів (рисунком 8).

Після заповнення вихідних даних, інженер натискає кнопку «Прикласти навантаження» («Розрахувати», рисунок 10). Розрахунок

Automatically TextBoxes are filled in characteristics of materials from the road-building materials database (figure 8).

After forming initial data, a road designer must press applying load button (button “To calculate”, figure 10). Calculations are

проводиться за трьома критеріями: за допустимим пружним прогином, за умовою зсувостійкості земляного полотна та шарів з малозв'язних матеріалів, по міцності на розтяг при згині.

performed for three strength criteria: permissible elastic deflection, shear strength of subsoil and monolithic layers resistance of tensile bending.

Прикласти навантаження	
Результати розрахунків	
1. Загальні результати	2. Пружний прогин
Розр. вологість $W_t = 0,69$	$E_{sag1} = 86,36 \text{ МПа}$
Прив. інтенсивність $N_p = 34,69985$	$E_{sag2} = 117,51 \text{ МПа}$
Кільк. розр. діб $T_{др} = 130$	$E_{sag3} = 171,08 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $K_l = 1,38$	$E_{sag4} = 209,61 \text{ МПа}$
Коефіцієнт суми $K_s = 15,03$	$E_{sag5} = 0 \text{ МПа}$
Сум. кільк. проїздів $\sum N_p = 42544$	$E_{sag6} = 0 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $k_{NC} = 1$	$E_{sag} = 254,94 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $k_{Np} = 1$	$E_{потр} = 190$
Тиск у камерах, МПа $p = 0,6$	$E_{sag}/E_{потр} = 1,34$
Діаметр штамп, см $D_D = 37,1$	Кмц прогин = 1,33
Модуль грунт $E_b = 608,13953$	задовільно
Кут внут. тертя, град $\varphi = 19,4$	
Коеф. зчеплення $\tau = 0,02716$	
3. Опір зсуву	4. Опір розтягу
$E_b = 608,13953$	$h_b = 18$
$h/D = 1,15903$	$E_b = 2755,56$
$E_b/E_{гр} = 11,17904$	$E_n = 117,51$
$\varphi_N = 19,4$	$h/D = 0,48518$
$\tau = 0,02716$	$E_b/E_{гр} = 23,44958$
$T = 0,0163$	$\sigma_{номогр} = 1,82$
$CN = 0,0148$	$\sigma = 1,09$
$T_{гр} = 0,03566$	$k_{kn} = 0,59881$
$T_{гр}/T = 2,19$	$R_p = 2,80243$
Кмц зсув = 1,4	$R_p/\sigma = 2,571$
задовільно	Кмц розтяг = 1,29
	задовільно
Зформувати звіт та передати у Excel	

Прикласти навантаження	
Результати розрахунків	
1. Загальні результати	2. Пружний прогин
Розр. вологість $W_t = 0,69$	$E_{sag1} = 86,36 \text{ МПа}$
Прив. інтенсивність $N_p = 34,69985$	$E_{sag2} = 117,51 \text{ МПа}$
Кільк. розр. діб $T_{др} = 130$	$E_{sag3} = 171,08 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $K_l = 1,38$	$E_{sag4} = 209,61 \text{ МПа}$
Коефіцієнт суми $K_s = 15,03$	$E_{sag5} = 0 \text{ МПа}$
Сум. кільк. проїздів $\sum N_p = 42544$	$E_{sag6} = 0 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $k_{NC} = 1$	$E_{sag} = 254,94 \text{ МПа}$
Коефіцієнт $k_{Np} = 1$	$E_{потр} = 190$
Тиск у камерах, МПа $p = 0,6$	$E_{sag}/E_{потр} = 1,34$
Діаметр штамп, см $D_D = 37,1$	Кмц прогин = 1,33
Модуль грунт $E_b = 608,13953$	задовільно
Кут внут. тертя, град $\varphi = 19,4$	
Коеф. зчеплення $\tau = 0,02716$	
3. Опір зсуву	4. Опір розтягу
$E_b = 608,13953$	$h_b = 18$
$h/D = 1,15903$	$E_b = 2755,56$
$E_b/E_{гр} = 11,17904$	$E_n = 117,51$
$\varphi_N = 19,4$	$h/D = 0,48518$
$\tau = 0,02716$	$E_b/E_{гр} = 23,44958$
$T = 0,0163$	$\sigma_{номогр} = 1,82$
$CN = 0,0148$	$\sigma = 1,09$
$T_{гр} = 0,03566$	$k_{kn} = 0,59881$
$T_{гр}/T = 2,19$	$R_p = 2,80243$
Кмц зсув = 1,4	$R_p/\sigma = 2,571$
задовільно	Кмц розтяг = 1,29
	задовільно
Зформувати звіт та передати у Excel	

Рисунок 10 – Блок результатів розрахунків

Figure 10 – Calculation results block

Розрахунки у програмі ведуться згідно Відомчих будівельних норм 2004 року [2] з поправками. Коректність проектних рішень контролюється за допомогою індикаторів по кожному критерію розрахунку: задовільно (індикатор синього кольору) чи не задовільно (індикатор червоного кольору).

The calculations is conducted according to Departmental building norms [2] as amended. Correctness of design solutions is controlled via the indicators: satisfactorily (blue indicator) and unsatisfactorily (red indicator).

Якщо користувача результати розрахунків задовольняють, він може сформувати звіт та передати його у електронні таблиці Excel.

If the calculation results satisfy a user, he can generate a report and submit it to a Excel spreadsheet.

Висновки

У статті розглянута проблема автоматизованого розрахунку дорожнього одягу нежорсткого типу за українськими нормативами.

Детально розглянуто інтерфейс та особливості програми УКРРДО 16.

Приділено особливу увагу до розрахунку у програмі дорожнього одягу на розрахункове навантаження 130 кН. Цей розрахунок можна використовувати тимчасово до виходу нових нормативів у якості приблизної оцінки.

Література

1. Веб-сайт консорціуму CREDO.
<http://www.credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/credo-radon-ru.html> (посилання дійсне на 1.10.2016)
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Відомчі будівельні норми України. Дорожній одяг нежорсткого типу. Вводяться на зміну ВСН 46-83.– К.: Укравтодор, 2004. – 175 с.
3. http://www.ukravtodor.gov.ua/uploads/files/2014-09-08-10-10-48-.dbn_v.2.3-4-201kh_2014.07.28.pdf (посилання дійсне на 1.10.2016).
4. Колосов В.Ю. Визначення коефіцієнтів приведення по автомобілям до розрахункового навантаження на вісь 130 кН // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інноваційні технології дорожньої галузі, аеродромного будівництва і землеустрою» - Харків: ХНАДУ, 2016. – С.178-182.

Рецензенти:

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Mozhovi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Conclusions

In this article general problem of non-rigid pavement computer-aided calculation by Ukrainian standards has been considered.

The interface and specifics of computer program UKRRDO 16 has been shows in detail.

Special attention to computer-aided calculation on the normative load 130 kN was given. Temporarily one can use this calculation for rough estimate until new standards will be used.

Literature

1. The website of the CREDO Consortium.
Available at: <http://www.credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/credo-radon-ru.html> (accessed 1.10.2016)
2. IBS B.2.3-218-186-2004. Industry building standards. Non-rigid pavement. Introduced instead of All-UnionBS 46-83.– K.: Ukravtodor, 2004. – 175 p.
3. http://www.ukravtodor.gov.ua/uploads/files/2014-09-08-10-10-48-.dbn_v.2.3-4-201kh_2014.07.28.pdf (accessed 1.10.2016).
4. Kolosov V.Yu. Determining of conversion coefficients for 130 kN normative load // International scientific-practical conference "Modern GIS and computer technology innovation road sector, airfield construction and land" - Kharkiv: KHNAHU, 2016. – P.178-182.

Стаття надійшла до редакції: **19.10.2016 р.**

УДК 625.7/8

Онищенко А.М., канд. техн. наук, **Аксёнов С.Ю.**, канд. техн. наук, **Дмитриченко А.М.**, канд. техн. наук, **Гаркуша М.В.**, **Різніченко О.С.**

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ПІВДЕННОМУ МОСТОВОМУ ПЕРЕХОДІ

Анотація. У статті розглянуто чисельний метод визначення напружено-деформованого стану асфальтобетонного покриття Південного Мостового Переходу, що базується на розв'язанні рівнянь теорії пружності – методу скінченних елементів. Застосування чисельного моделювання обумовлюється тим, що схеми навантаження ускладнюються і потребують просторового вирішення задачі з метою підвищення якості проектування покриття мостового переходу. У статті наведено приклад розподілу полів деформацій у частині мостового переходу при транспортному навантаженні.

Ключові слова: рівняння теорії пружності, метод скінченних елементів, інженерно-розрахунковий комплекс ANSYS, напружено-деформований стан, нормальні розтягуючі напруження, рівняння регресії, ортотропна плита мостового переходу.

УДК 625.7/8

Onischenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Aksenov S.Yu.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Dmytrychenko A.M.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Garkusha M.V.**, **Riznichenko O.S.**

SIMULATION OF STRESS-STRAIN STATE OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT OF THE SOUTH BRIDGE

Abstract. This article to used numerical method for determination of stain and tension pavement South highway condition based on the solution of elasticity theory equations - Finite Element. The application of numerical modeling is determined by the fact that load patterns are becoming more complicated and require spacial concept in order to enhance the quality of overpass pavement design. In article atypical example for deformation fields distribution in one of the bridge crossing sections under traffic load is provided

Keywords: Elasticity theory equations, method finite element, engineering calculating complex ANSYS, pavement tension state, spreading the tension, regression equation, orthotropic slab of bridge crossing.

УДК 625.7/8

Онищенко А.Н., канд. техн. наук, **Аксенов С.Ю.**, канд. техн. наук, **Дмитриченко А.М.**, канд. техн. наук, **Гаркуша М.В.**, **Ризниченко А.С.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ЮЖНОМ МОСТОВОМ ПЕРЕХОДЕ

Аннотация. В статье рассмотрен численный метод определения напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия Южного мостового перехода, основанный на решении уравнений теории упругости - метода конечных элементов. Применение численного моделирования объясняется тем, что схемы нагрузки усложняются и требуют пространственного решения задачи с целью повышения качества проектирования покрытия мостового перехода. В статье приведен пример распределения полей деформаций в части мостового перехода при транспортном нагружении.

Ключевые слова: уравнения теории упругости, метод конечных элементов, инженерно-расчетный комплекс ANSYS, напряженно-деформированное состояние, нормальные растягивающие напряжения, уравнение регрессии, ортотропная плита мостового перехода.

Актуальність проблеми. З урахуванням того, що на проїзній частині Південного мостового переходу діє складне просторове навантаження доцільно використати чисельний метод визначення напружено-деформованого стану покриття, що базується на розв'язанні рівнянь теорії пружності – методу скінченних елементів, як найбільш універсального і ефективного. Його особливістю є безпосередній перехід від континуального об'єкту до дискретного аналізу шляхом ділення області об'єкту, який досліджується, на ряд під-областей та апроксимації полів переміщень, зусиль, напружень, наприклад, з використанням інженерно-розрахункового комплексу ANSYS.

Алгоритм аналітичного опису тривимірної чисельної моделі. Застосування чисельного моделювання обумовлюється тим, що схеми навантаження ускладнюються і потребують просторового вирішення задачі з метою підвищення якості проектування покриття мостового переходу. Тривимірне моделювання має за основну мету усунути недоліки дослідження силового навантаження та міцнісних характеристик покриття під навантаженням від транспорту у плоскій постановці. Це дає можливість більш об'єктивно оцінити ефективність взаємодії транспорту з покриттям мостового переходу з огляду на мінімальну зміну покриття.

Для цього широко застосовують інженерно-розрахункові комплекси типу Ansys, SolidWorks, Inventor та інші, які дозволяють використовувати встановлені особливості поведінки покриття під навантаженням.

Використання таких комплексів дозволяє зменшити терміни виконання технічних розрахункових операцій, суттєво скоротити термін отримання результатів досліджень та строки проектування. Крім кількісних показників, використання таких комплексів дозволяє отримати візуально якісну картину отриманих результатів.

Модель частини мостового переходу виконана в середовищі Mechanical Desktop, що наведена на рис. 1.

Фізико-механічні властивості покриття та металоконструкції, навантаження, контакти та граничні умови до вирішення задачі

Urgency of a problem. Taking account of the fact that there is complex space load on the carriageway of the South highway stream crossing it is reasonable to use numerical method for determination of stain and tension pavement condition based on the solution of elasticity theory equations - Finite Element Method as the most universal and efficient one. Its particular feature is a direct changeover from the continual subject to sampling analysis by the way of investigated subject area division into the range of sub-areas and approximation of displacement fields, forces, tension, for example with the application of engineering calculating complex ANSYS.

Analytic Description of Three-D Numerical Model Algorithm. The application of numerical modeling is determined by the fact that load patterns are becoming more complicated and require spacial concept in order to enhance the quality of overpass pavement design. Three-D modeling main goal is to remove the drawbacks in the investigation of power load and pavement strength properties under traffic load in flat setting. This enables us to estimate more efficiently traffic and overpass pavement interaction efficiency considering the minimum pavement change.

Engineering calculating complexes like ANSYS, SolidWorks, Inventor etc. are widely use for this purpose and enable us to use specified pavement behavior patterns under load.

The application of such complexes allows to shorten the engineering design operations performance period, to decrease essentially the investigation result generation term as well as the design time. Accept for quality quantitative characteristics the use of such complexes enables us to receive high quality visual picture of the results obtained.

The model of overpass part is created in Mechanical Desktop shown in (Fig. 1.).

Mechanical and physical pavement and structural steel parameters, loads, contacts and boundary conditions for the purposes of task solution have been created within Ansys framework as well as models breakdown into the network of fine elements

виконано в середовищі Ansys. Там же здійснено розбивання моделей на сітку скінченних елементів у вигляді тетраедрів. Наведемо алгоритм аналітичного опису задачі у тривимірному просторі для просторового елемента моделі (тетраедра), описаний в [1,7]. Розв'язання задачі для тривимірної підсистеми виконано в середовищі Ansys. Розрахункову схему дії зовнішніх навантажень на покриття мостового переходу, в даному випадку, приведено на рис. 2.

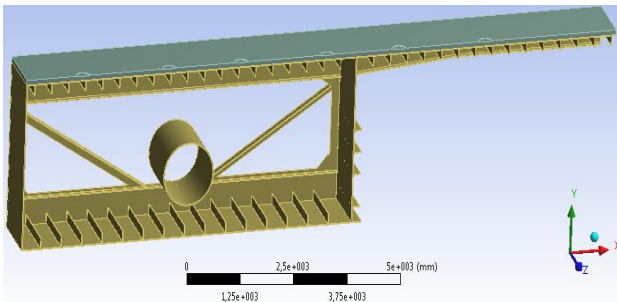


Рисунок 1 – Модель частини мостового переходу

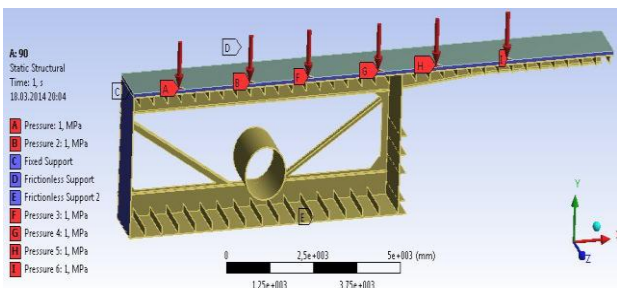


Рисунок 2 – Схема навантажень покриття мостового переходу від транспорту

На покриття мостового переходу діє тиск P від коліс транспортних засобів, що рухаються в три ряди по мостовому переходу. Тиск P рівномірно по п'ятну контакту.

Відстань між колесами прийнята 2100 мм. Покриття розглядається при виконанні розрахунків як пружне тіло та статично не визначена конструкція мостового переходу. В якості змінних факторів, які на нашу думку чинитимуть найбільш суттєвий вплив на зміну напруженого стану покриття (розтягуючи напруження), при інших незмінних умовах, прийнято наступні:

in the tetrahedron form.

Here is the algorithm of task analytic description in the three-dimensional space for a special model element (tetrahedron), described [1,7]. Task solution for three-dimensional sub-system made within Ansys framework.

Analytical model of the external loading impact on the overpass pavement in this case is provided in (Fig. 2.).

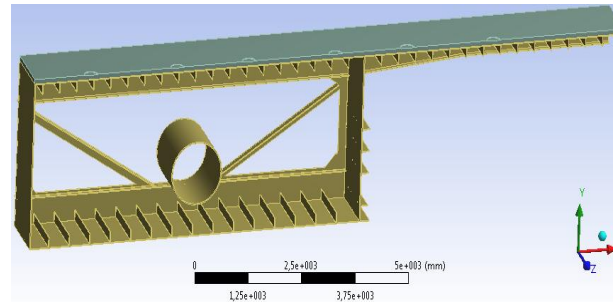


Figure 1 – The model of the bridge

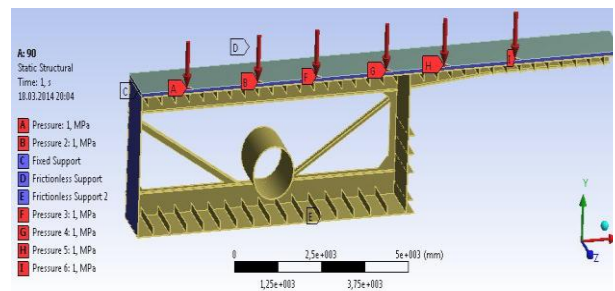


Figure 2 – Model of loading on the overpass pavement the bridge from traffic

Analytical model of the external loading impact on the overpass pavement in this case is provided.

The overpass pavement is being influenced by the pressure P from the traffic wheels moving in three lines along the bridge overpass. Pressure P is proportionally distributed over the contact patch.

The distance between the wheels is accepted as 2100 mm. The pavement is considered to be an elastic body and statically undetermined highway stream crossing structure as calculating. The following factors are accepted to be changeable factors which in our opinion will have the most substantial influence on the change of pavement tension state (spreading the

X_1 – товщина покриття, h , мм;

X_2 – тиск від транспортних засобів на покриття, P , МПа

X_3 – модуль пружності покриття, E , МПа;

X_4 – діаметр п'ятна контакту, D , мм.

Рівні змінних факторів та інтервали їх варіювання вибрані на основі аналізу типів покриття, його властивостей, навантажень та п'ятен контакту від транспортних засобів, які приведено в таблиці 1. При зміні значень будь – яких вихідних факторів є можливість отримання функціональної залежності напружень в характерних точках від зміни цього фактору. Визначення напруженого стану в точках масиву покриття від зміни декількох факторів потребує проведення факторних експериментів з об'єктивним вибором комбінацій значень необхідних параметрів.

Таблиця 1 – Рівні змінних факторів та інтервали їх варіювання при дослідженні впливу навантажень від транспортних засобів на покриття

Незалежні змінні		Рівні варіювання			Інтервали варіювання Δi
		Верхній +1	Основний	Нижній –	
X_1	h , мм	90	80	70	10
X_2	P , МПа	1,0	0,9	0,8	0,1
X_3	E , МПа	7000	5500	4000	1500
X_4	D , мм	360	330	300	30

В результаті можна отримати математичну модель (ММ) напружень в характерних точках покриття від зміни зовнішніх факторів виду:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

де y – функція відгуку, у даному випадку розтягуючи напруження σ у покритті мостового переходу; x – фактори, що впливають на напружений стан покриття.

Отримання моделі вказаного виду дозволить всебічно проаналізувати зміну напруженого стану покриття в характерних точках та в масиві в цілому при зміні значень вхідних параметрів. Це дасть змогу в кінцевому рахунку визначити раціональну комбінацію

tension) under other permanent conditions:

X_1 – pavement thickness, h , mm;

X_2 – pressure from vehicles over the pavement, P , MPa;

X_3 – pavement elasticity modulus, E , MPa;

X_4 – contact patch diameter, D , mm.

The levels of changeable factors and variability intervals have been chosen basing on the analysis of pavement types, their properties, loads and contact patches from vehicles, provided in (table. 1).

In case any background factors change there is an opportunity to get strain functional relation in the characteristic points caused by the change of this factor. The determination of tension state in the particular points of pavement under the change of several factors requires factorial experiments involving unbiased sampling of essentials value patterns.

Table 1 – Levels of variables and intervals of variation in study the influence of stress on the vehicle to cover

Independent variables		Levels of variation			Varying intervals Δi
		Upper +1	Main 0	Lower –1	
X_1	h , mm	90	80	70	10
X_2	P , МПа	1,0	0,9	0,8	0,1
X_3	E , МПа	7000	5500	4000	1500
X_4	D , мм	360	330	300	30

In the result we can get strain mathematical model (ММ) in the characteristic points of pavement depending on the change of external factors:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

where: y – is a response function, in this case spreading the tension σ over the overpass pavement; x – factors which have influence on the pavement tension state.

In case we get the model of the above mentioned type this will enable us to analyze across-the-board the change of pavement tension state both in particular points and in the massive as a whole under the change of initial parameters value. This will allow us in the long run to identify a

значень вхідних параметрів, які забезпечать мінімальні значення розтягуючих напружень та максимальну довговічність покриття.

Побудова математичних моделей напруженого стану покриття можлива лише на основі одержаних даних факторних експериментів, фізичних або чисельних. Зважаючи на те, що проведення фізичних експериментів є достатньо трудомістким, вартісним та тривалим у часі процесом, то більш раціональним є застосування для вирішення поставлених задач чисельних (комп'ютерних) експериментів.

Адекватність результатів чисельних експериментів в обов'язковому порядку має бути підтверджена фізичними експериментами. Вибір раціональних значень вихідних параметрів, що визначають розтягуючі напруження в покритті, може бути забезпечений плануванням експериментів.

Існує велика кількість варіантів планів проведення факторних експериментів [1, 6]. Із [2, 5] випливає, що оптимальними для вирішення поставлених задач є плани другого порядку.

Плани другого порядку квадратичних моделей, близькі до D-оптимальних типу B_n , знайшли найбільш широке використання, порівняно з ортогональними та рототабельними планами Бокса. Вони відрізняються від інших планів другого порядку меншою кількістю дослідів та можливістю отримання оцінки коефіцієнтів регресії з мінімальними дисперсіями.

Отже, для побудови математичної моделі (рівняння регресії) визначення напруженого стану покриття скористаємося повним факторним планом і планом типу B_n для квадратичних моделей.

При побудові плану повнофакторного експерименту для отримання математичних моделей, з варіюванням змінних факторів на двох рівнях, число необхідних експериментів рівне 2^k , де k – кількість факторів. У разі переходу до планів типу B_n , для квадратичних моделей кількість експериментів визначається. Таким чином, при визначенні напруженого стану покриття у даному дослідженні мінімальна кількість чисельних дослідів повинна складати $2^4 = 16$ для ядра плану. У разі необхідності до плану додаються 8

reasonable pattern of initial parameters value which can provide minimum value of the tension stress and maximum pavement durability.

It is possible to construct mathematic models of the pavement tension state only basing on the

data received in the result of factorial experiment either physical or numerical. Taking account of the fact that physical experiments are rather expensive, time and labour consuming then it is more reasonable to carry on numerical (computer) experiments in order to achieve the objectives.

The faithfulness of such numerical experiments should be obligatory confirmed by physical experiments. The choice of initial parameters rational values determining pavement tension stress can be insured by the way of experiments planning. There is a huge number of options for the factorial experiment design [1, 6], [2, 5], having studied which we consider that the optimal one in order to achieve the objectives there is a second-order design.

Second-order quadratic model designs are similar to D-optimal type B_n , and are the most widely used comparing with orthogonal and rotatable Box design. They differ from other second-order designs by small number of experiments and the opportunity to get regression estimated coefficient with minimum dispersion.

Therefore in order to build a mathematic model (regression equation) for pavement tension state determination we will use a full factorial design and B_n type design for quadratic models.

At the construction of full factorial experiment design in order to receive mathematic models with variation of changeable factors at two levels, the number of the experiments required equals 2^k , where k – is the number of factors. In case we use B_n type design for quadratic models the number of experiments is determined as follows $2^k + 2k$.

Consequently, the minimum number of numeric experiments at the determination of pavement tension state under this investigation should be $2^4 = 16$ for design

зіркових точок. Побудова на емпіричному рівні [1, 9] математичної моделі типу [10], що описує залежність напружень в асфальтобетоні під дією транспорту з урахуванням факторів, які впливають на напружений стан покриття у відповідності з матрицею планування, дозволить знайти величини напружень у характерних точках і вирішити задачі вибору раціональних товщин покриття.

План виконання чисельного експерименту приведено в табл. 1.

Способом визначення коефіцієнтів математичної моделі є метод найменших квадратів (МНК), застосування якого обґрунтовано у [4].

Це значить, що вид моделі визначається наперед, оскільки структура «шуканої» емпіричної функції достеменно невідома. Підбір класу або типу функцій здійснюється на основі апіорної інформації [8]. Вибір типу ММ на початку дослідження базується на гіпотезі про лінійний вплив факторів x_i на величину функції відгуку, що вивчається. Математичні моделі, отримані за даними експериментів є емпіричними (статистичними).

Оскільки статистичні математичні моделі призначені не для опису механізму явища визначення напружень в асфальтобетоні, а для визначення поведінки системи, при виборі виду функції будемо виходити з принципу простоти [7]. Останньому найкраще відповідають поліноміальні моделі порядку m , які для k -змінних факторів записуються, як:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{n=1}^k a_{ijn} x_i x_j x_n + \dots + a_{12\dots k} x_1 x_2 \dots x_k + \zeta \quad (2)$$

де a_0 , a_i , a_{in} , a_{inj} – коефіцієнти значущості поліноміальної моделі.

У математичну модель введений доданок ξ , який відображає вплив випадкових факторів на результати розрахунку коефіцієнтів значущості моделі. Величина ξ це похибка моделі або залишок. Ця величина випадкова, її математичне очікування дорівнює нулю, а дисперсія $S_y^2 \neq 0$.

Аналізуючи результати за такою моделлю має бути реалізований принцип відповідності або принцип адекватності моделі [7]. У разі неадекватності залежності (3), розглядається можливість побудови квадратичної моделі:

core. In case of necessity 8 star points should be added to the design.

Construction at empiric level [1, 9] of mathematic model type [10] describing the dependence of tension at asphalt-concrete under the influence of traffic taking account of factors which influence the pavement tension state in accordance with the planning matrix, will enable us to find stress rate in particular points and achieve the objectives як $2^k + 2k$. regarding the choice of rational pavement thickness.

The numeric experiment design is provided in (table. 1).

The way to determine mathematic model coefficients is the least squares method (LSM), the application of which is justified [4].

This means that the model type is determined beforehand as the structure of “desired” created function is not completely known. Selection of function class or type is made basing on aprior information [8]. The choice of type at the beginning of the investigation is based on the theory of x_i linear factor influence on the investigated response function value. Mathematic models received in the experiment result are empiric (statistical).

As statistical mathematic models are designed not for description of mechanism measuring the strain in the asphalt-concrete but for definition of system behavior, we will judge from simplicity principle when choosing the function type [7]. Polynomial models of m order correspond this principle the best and are written for k -variable factors as follows:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \sum_{n=1}^k a_{ijn} x_i x_j x_n + \dots + a_{12\dots k} x_1 x_2 \dots x_k + \zeta \quad (2)$$

where: a_0 , a_i , a_{in} , a_{inj} – is polynomial models importance index.

Addendum ζ reflecting the influence of chance factors on the results of model importance coefficient estimation has been introduced into the mathematic model. ζ value is a model margin of error or excess. This value is randomized, its mathematical expectation equals zero and dispersion equals $S_y^2 \neq 0$.

In case we analyze the results using this model the conformity principle or model validity principle should be realized [7]. In

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{i=i+1}^k a_{in} x_i x_n + \zeta \quad (3)$$

Розподіл полів деформацій в ортотропній плиті мостового переходу від дії транспорту. Для визначення напруженого стану покриття мостового переходу, відповідно до розрахункової схеми (рис. 2) та вихідних даних наведених в табл. 1 було виконано дослідження по визначенню НДС покриття методом скінченних елементів, за методологією наведеною в основних рівнях (1-3), з застосуванням програмного комплексу Ansys.

Типовий приклад розподілу полів деформацій у частині мостового переходу при транспортному навантаженні наведено на рис. 3. На основі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що максимальні поля деформацій розповсюджуються в консольній частині споруди. Максимальні деформації складають 10,9 мм. Такі результати збігаються з даними, що отримані в результаті експериментальної перевірки деформацій в консольній частині моста від дії транспорту [1, 10]. Отримані дані складають 10 мм (див. рис. 3). Різниця не перевищує 9%, що може свідчити про достатньо високу збіжність результатів отриманих експериментально [1, 10] та на моделі.

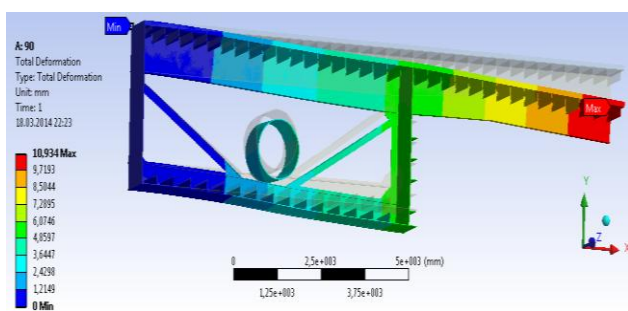


Рисунок 3 – Поля деформацій мостового переходу від дії коліс транспортних засобів

На рис. 4 показані результати еквівалентних напружень покриття та металоконструкції, яка відповідно має більш значний НДС. Еквівалентні напруження, в окремих місцях складають близько 80 МПа.

Напружено-деформований стан покриття мостового переходу в зоні контакту транспорту. Типові результати визначення нормальних розтягуючих напружень, що

case there is correspondence inadequacy we consider the opportunity to design a quadratic model:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{i=i+1}^k a_{in} x_i x_n + \zeta \quad (3)$$

Deformation fields distribution in orthotropic slab of bridge crossing under action of traffic.

In order to measure pavement tension state of the bridge crossing in accordance with design model (Fig. 2.) and initial data provided in (table. 1).

The investigation has been carried out to estimate pavement stress-strain state using fine element method and methodology provided on the mail levels (1-3) with the application of Ansys bundled software.

Atypical example for deformation fields distribution in one of the bridge crossing sections under traffic load is provided at (Fig. 3). Basing on the results received we can conclude that maximum deformation fields are distributed in the cantilever arm of the structure. Peak strain makes 10.9mm. These results coincide with the data received in the result of the experimental test of deformation in the in the cantilever arm of the bridge under traffic load [1, 10]. The data received is 10mm (Fig. 3). The difference does not exceed 9% that can be indicative of the rather high reproducibility of the results received in experimental way [1, 10] and from the model.

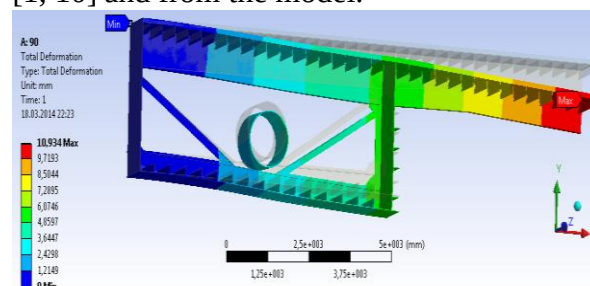


Figure 3 – Fields strain bridge from the action transport

The provided results (Fig. 4) of equivalent stress in the pavement and steelworks, which accordingly has more essential stress-strain state. Equivalent stress in some points make approximately 80 MPa.

Bridge crossing pavement stress-strain state in the traffic contact surface. The following stage of the investigation should measure stress-strain state in the traffic contact surface and

діють в покритті, яке розташоване на ортотропній плиті, відповідно до даних розрахункового положення №1 (табл. 2).

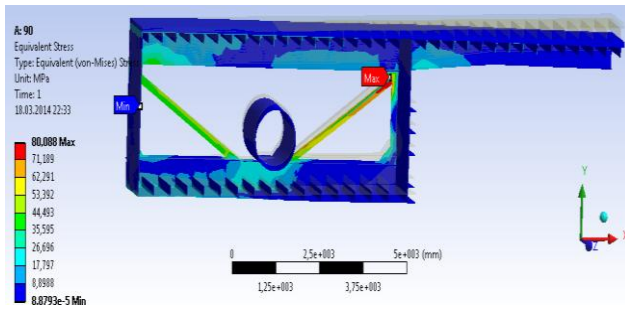


Рисунок 4 – Результати розрахунку еквівалентних напружень в покриття та металоконструкції

Найбільші значення розтягуючих напружень спостерігаються в консольній частині мостового переходу (для даного випадку 4,07 МПа, при товщині шару 90мм, тиску 0,8 МПа та модуля пружності матеріалу 7000 МПа), тому надалі будемо розглядати значення самого крайнього п'ятна контакту транспорту з покриттям на крайній правій полосі руху. Оцінка впливу факторів на зміну розтягуючих напружень в покритті моста в результаті дії на нього транспорту. Завданням є оцінити, які ж з вищенаведених факторів впливають на зміну розтягуючих напружень в покритті в результаті дії на нього транспорту. За отриманими результатами, застосувавши поліноміальну модель для 4-змінних факторів типу (3), було отримано рівняння регресії для визначення зміни розтягуючих напружень в верхніх шарах покриття мостового переходу:

$$\sigma_{\text{тр}} = 4,21 - 0,55 \cdot x_1 + 0,48 \cdot x_2 - 0,3 \cdot x_3 + 0,45 \cdot x_4 + 0,056 x_1^2 - 0,039 x_2^2 - 0,049 x_3^2 + 0,031 x_4^2. \quad (4)$$

Оскільки отримана математична модель є емпіричною (статистичною), це зумовлює обов'язкове виконання статистичного аналізу її результатів.

Правильна обробка та використання результатів чисельних експериментальних досліджень можливі тільки у випадку, коли дисперсії в кожній точці дослідження однакові (однорідні). Перевірка однорідності дисперсій виконується на основі [3].

Перевірка закону розподілу

bridge crossing pavement (tabl. 2).

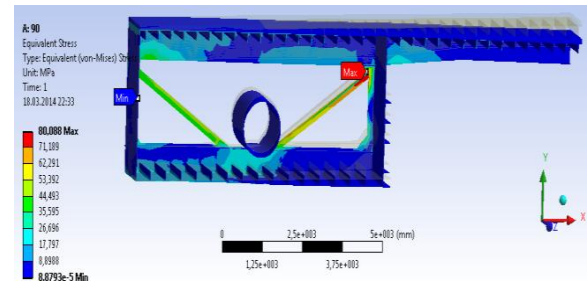


Figure 4 – The results of calculation of equivalent stresses in pavements and metal

The typical results of normal tension stress measurement, acting in the pavement locating on the orthotropic slab, are in accordance with the design parameters.

The highest tension stress values are in the cantilever arm of the bridge crossing (in this case, 0,07 MPa, at the layer thickness 90mm, presser 0,8 MPa and material elasticity modulus 7000 MPa), for this reason we will further consider the farthest contact patch value of the traffic with pavement at the right outer lane.

Estimation of factors influence on the change of tension stress in the bridge pavement in the result of traffic impact. Our task is to estimate which of the above mentioned factors influence the change of tension stress in the pavement in the result of traffic impact.

On the base of the data received and having applied polynomial model for 4 variable factors type (3) we have received regression equation to measure the change of tension stress in the top layers of bridge crossing pavement:

$$\sigma_{\text{тр}} = 4,21 - 0,55 \cdot x_1 + 0,48 \cdot x_2 - 0,3 \cdot x_3 + 0,45 \cdot x_4 + 0,056 x_1^2 - 0,039 x_2^2 - 0,049 x_3^2 + 0,031 x_4^2. \quad (4)$$

As the received model is empiric one (statistical), this fact predetermines obligatory performance of its results statistical analysis.

The correct processing and application of the numerous experimental investigation results can be done only in case when variances in each investigation point are the same (homogeneous). The check of variances homogeneous is made on the base [3].

експериментальних значень в кожній серії повторних дослідів проводилась шляхом порівняння відношень дисперсій кожного планового дослід до сумарної дисперсії експерименту з табличним значенням Кохрена [7], при перевищенні значення якого експерименти, результати яких відповідають неоднорідним дисперсіям, повторювались заново, а в іншому випадку гіпотеза про однорідність дисперсій приймалась.

Перевірка дисперсій по критерію Кохрена полягає у наступному. Серед визначених оцінок дисперсій знайдено максимальну та визначено відношення найбільшої оцінки дисперсій до суми всіх оцінок дисперсій [1].

Аналіз ступеня впливу вихідних факторів $X_1 \dots X_4$ та їх комбінацій на зміну значень нормальних розтягуючих напружень по осі ОХ в верхньому шарі покриття дозволяє зробити висновки про те, що серйозний вплив чинять: зменшення товщини покриття та модуля пружності покриття, а також зростання тиску від транспортних засобів та діаметра п'ятна контакту.

Нашим завданням стоїть визначити раціональні значення товщини покриття, аби значення нормальних розтягуючих напружень по осі ОХ в верхньому шарі покриття були допустимими та мінімальними.

За результатами виконаних чисельних досліджень наведемо графічні залежності зміни нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h . На рис. рис. 5, рис. 6 побудована залежність нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h при тиску на покриття 0,8 МПа та діаметрі контакту 300 мм.

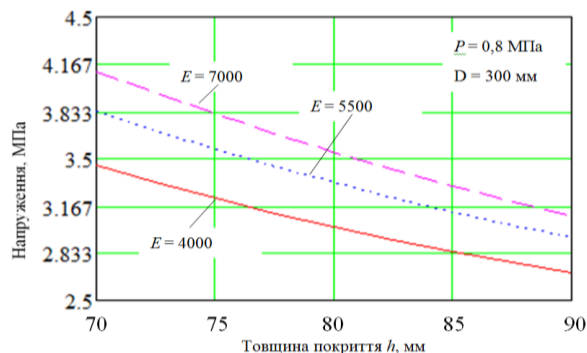


Рисунок 5 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h

The check of test values distribution law in each series of replicated experiments was carried out by the way of variance ratio comparison in each planned experiment and summarized experiment variances with Cochren [7] tabulated point. In case the Cochren tabulated point is exceeded the experiments, results of which coincide with heterogeneous variances, were repeated again in other case the hypothesis of homogeneity of variances was accepted.

The variances check in accordance with Cochren's criterium is as follows. Among the variances definitive estimate the maximum value should be found and the ratio of the maximum variance estimate to the sum of all variance estimates is determined [1].

The analysis of the initial data $X_1 \dots X_4$ and its combinations influence level on the change of normal tension stress values along the axis ОХ in the pavement top layer enable us to conclude that the decrease of pavement layer and pavement elasticity modulus as well as increase of presser from traffic and contact patch diameter seriously influence the process. Our task is to determine pavement thickness rational values in order for the normal tension stress values along the axis ОХ in the pavement top layer to be assumed and minimum.

Basing on the results of numerous experiments performed we provide a characteristic curve of the normal tension stress values change in the pavement under the condition of layer thickness change h . At (Fig. 5, Fig. 6) you can see a characteristic curve of the normal tension stress values in the pavement under the condition of layer thickness change h at the presser of 0,8MPa on the pavement and contact diameter 300mm.

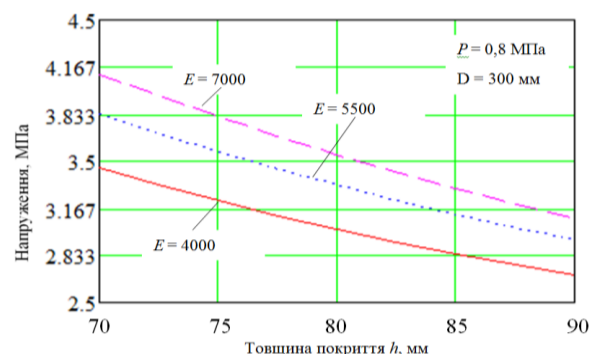
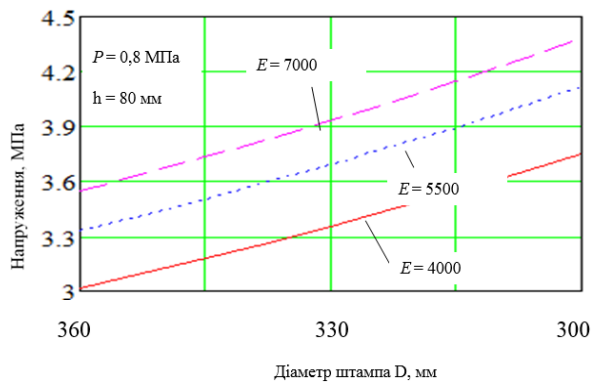


Figure 5 – Changing the normal tensile stresses in the pavement layer with the thickness h



Риснок 6 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні діаметра штампa D

Аналіз таких залежностей підтверджує прогноз про те, що збільшення товщини шару покриття призводить до зменшення розтягуючи напружень в ньому (рис. 7).

Аналіз залежностей (рис. 8) дозволяє зробити висновок про те, що суттєвий вплив може чинити діаметр штампa. З його збільшенням розтягуючи напруження зростають від 3 МПа до 4 і більше, з урахуванням збільшення модуля пружності матеріалу.

Окрім аналізу окремих факторів дії транспорту на зміну розтягуючи напружень, оцінимо комбінацію деяких факторів. На наш погляд, найбільш важливим є проаналізувати одночасний вплив X_1 – товщини шару покриття, h , мм та X_4 – діаметра штампa, при середніх значеннях тиску 0,8 МПа, та $E = 5500$ МПа. Результати наведені на рис. 9, рис. 10.

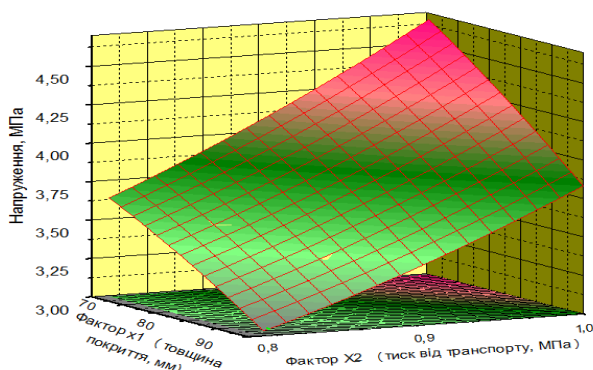


Рисунок 7 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h та тиску транспорту на поверхню

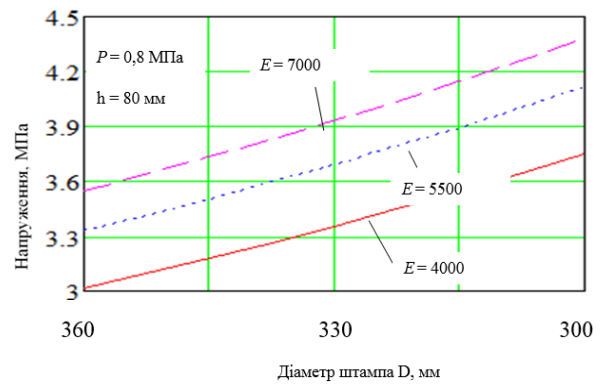


Figure 6 – Changing the normal tensile stresses in the pavement by changing the diameter punch D

The analysis of such dependence confirms the assumptions that the increase in the pavement thickness layer causes the decrease of tension stress in it (Fig. 7).

The analysis of such dependence (Fig. 8) enables us to conclude that stamp diameter can seriously influence. As this stamp increases the tension stress increases as well from 3 МПа to 4 and more, taking account of the material elasticity modulus increase.

Except for the analysis of separate factors of traffic influence on the change of tension stress, let us estimate the combination of some other factors. From our point of view the most important thing is to analyze the simultaneous influence of X_1 – pavement layer thickness, h , mm and X_4 – stamp diameter, under the average values of presser 0.8 МПа, and $E = 5500$ МПа. The results are reflected at (Fig. 9, Fig. 10).

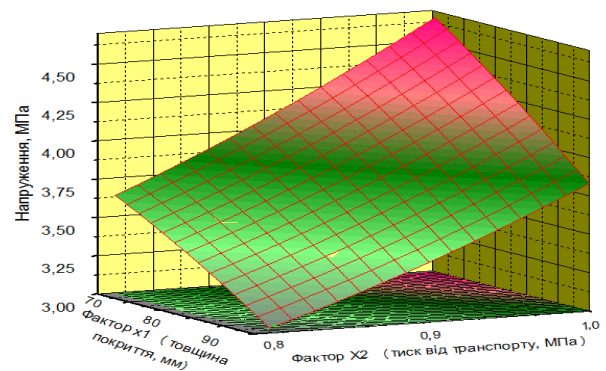


Figure 7 – Changing the normal tensile stresses in the pavement layer h with the thickness h and transport to the surface pressure

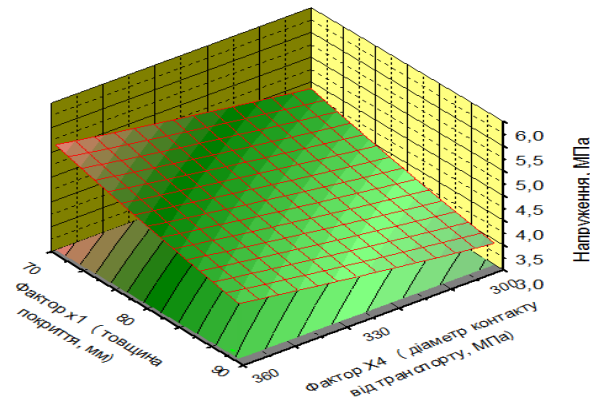


Рисунок 8 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини покриття та діаметра штампа D

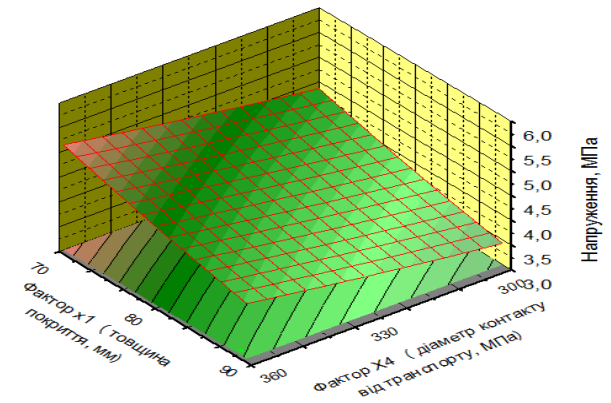


Figure 8 – Changing the normal tensile stresses in the coating in the thickness of the pavement and the piston diameter D

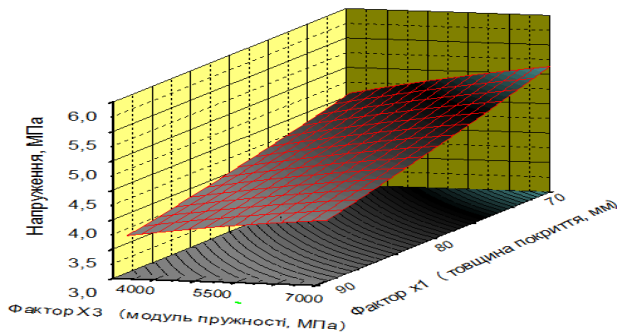


Рисунок 9 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини покриття та модуля пружності матеріала

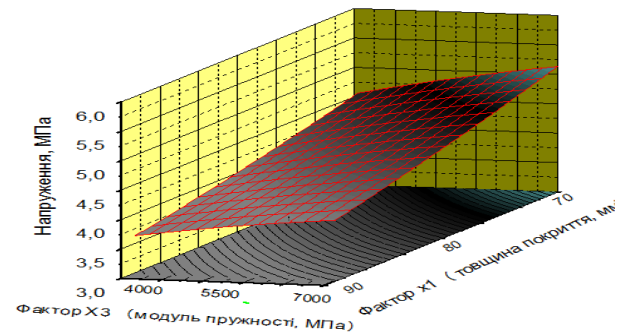


Figure 9 – Changing the normal tensile stresses in the pavement in the thickness of the pavement and elastic modulus of the material

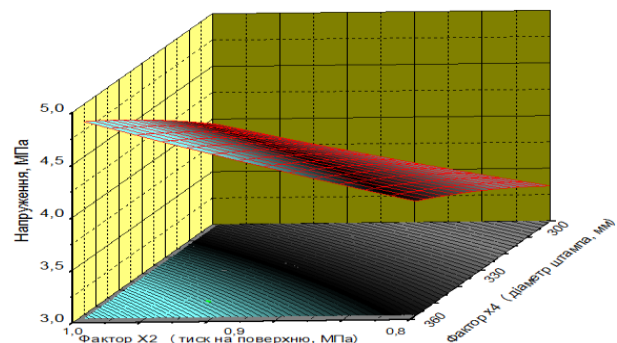


Рисунок 10 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні тиску на покриття та діаметра штампа

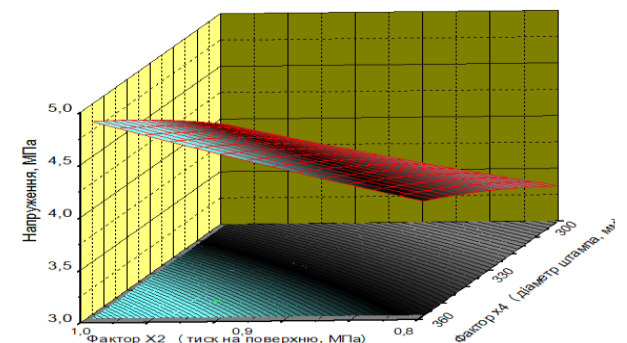


Figure 10 – Changing the normal tensile stresses in the pavement when the pressure to cover and piston diameter

Також проведено дослідження зміни температури асфальтобетонного покриття та ортотропної плити за допомогою тепловізійного обладнання. Результати досліджень зображено на рис. 11.

At the research changed temperature asphalt pavement and orthotropic slab with thermal imaging equipment. Results of research shown in (Fig. 11).

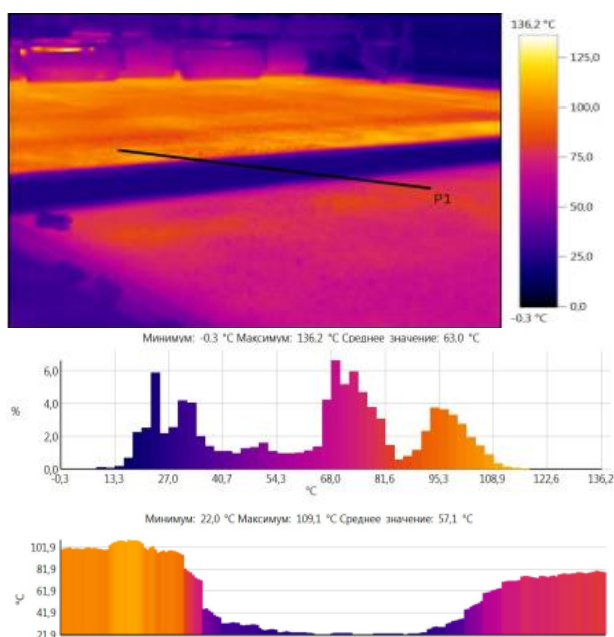


Рисунок 11 – Зміна температури охолодження асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мостового переходу

Висновок

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що найменші значення розтягуючих напружень в покритті буде спостерігатись при товщині покриття 90 мм та діаметрі штамп 300 мм. При цьому напруження в покритті не перевищуватимуть 3,7 МПа.

Література

1. Онищенко А., Кузьмінець М., Редченко В., Тарнапольський Д., Аксьонов С. Експериментальні та теоретичні дослідження Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві// Монографія К.: НТУ, 2014. – 341 с.
2. Бродский Б. Регрессионный анализ при композиционном планировании второго порядка специального вида. Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», Информационные материалы // М.: АН СССР, 1970. – 145 с.
3. Барабашук В., Креденцер Б., Мирошніченко В. Планирование эксперимента в технике // К.: Техника, 1984. – 200 с.
4. Федоров Б. Теория оптимального эксперимента // – М.: Наука, 1971. – 214 с.
5. Андрукович П., Андрукович Т., Голикова П., Костина С., Планы второго порядка на

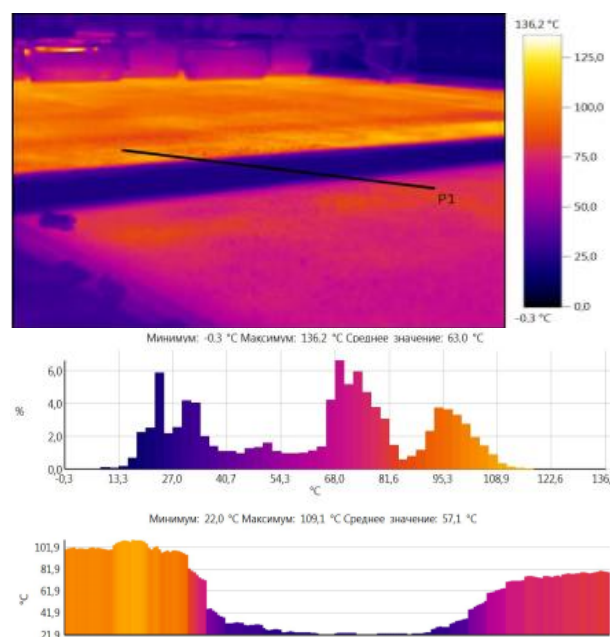


Figure 11 – Changing the cooling temperature of asphalt pavement on orthotropic slab bridge

Conclusions

The analysis of the investigation results enables us to conclude that the minimum tension stress in the pavement will be at the pavement thickness 90mm and stamp diameter 300mm. under this condition the tension in the pavement will not exceed 3.7 MPa.

References

1. Onishchenko A., Kuzminets M., Redchenko V., Tarnopolsky D., Aksenov S. Experimental and theoretical studies of the South bridge over the river Dnieper in Kiev // Monography K.: NTU 2014. – 341 p.
2. Brodsky B. Regression analysis when planning the composite second order of a special kind. Scientific Council on the Complex Problem "Cybernetics" Information materials// M.: AN SSSR, 1970. – 145 p.
3. Barabaschuk B., B. Kredentser, Miroshnichenko V. Experimental Design in Technology] // K.: Technics, 1984. – 200 p.
4. Fedorov B. The theory of optimal experiment // – M.: Science, 1971. – 214 p.
5. Andrukovich P., Andrukovich Tatyana Golikova, P., S. Kostin Plans second order

гиперкубе, близкие по свойствам к оптимальным. Новые идеи в планировании эксперимента. // – М. : Наука, 1969. – 112 с.

6. Голикова Т., Панченко М., Фридман З. Каталог планов второго порядка // М.: Изд-во МГУ, 1974. – 109 с.

7. Larry J. Segerling. Applied Finite Element Analysis // Jon Wiley and Sons, Ins. New York//London//Sydney//Toronto. 1976. – 195 p.

8. Адлер Ю., Грановский Ю. Методология и практика планирования эксперимента за десять лет // Заводск. лаб. – 1977. – С. 53–59.

9. Киселев В. Исследование деформированного состояния двухсвязных пологих оболочек на основе методов теории планирования эксперимента / Киселев В., Макий Ю., Сопротивление материалов и теория сооружений. // Вып. № 42. – 1983.

10. Онищенко А., Кузьмінець М., Прикладовський В., Різніченко О., Аксьонов С. Обґрунтування конструкції дорожнього одягу з асфальтобетону литого Гусасфальт підвищеної тріщиностійкості та колієстійкості для металеві прогонової будови південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві //Наукові нотатки – Луцьк, 2014. – Вип.№ 45. – С. 396-406.

on the hypercube, with similar properties to the optimum. New ideas in the planning of the experiment] // – М. : Science, 1969. – 112 p.

6. Golikova T., M. Panchenko, Z. Friedman plans second-order catalog// M.: Publishing office MGU, 1974. – 109 p.

7. Larry J. Segerling. Applied Finite Element Analysis // Jon Wiley and Sons, Ins. New York//London//Sydney//Toronto. 1976. – 195 p.

8. Adler Y. Hranovskyy Y. Methodology and Practice Scheduling experiment ten years // Factory Reset. lab. – 1977. – P. 53–59.

9. Kiselev B. Investigation deformatyrovannoho STATUS shallow shells methods based on the theory experiment Scheduling, Kiselev V., Maki Y., Resistance of materials and structures Theory]// Ed. № 42. – 1983.

10. Onishchenko A, Kuzminets M., Prykladovskyy V., Riznichenko O. Aksenov S. Rationale construction of asphalt concrete pavement cast Husasfalt high fracture toughness and rutting firmness for metal span south bridge over the river Dnieper in Kiev// Scientific notes – Lutsk, 2014. – Ed.№ 45. – P. 396-406.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.
Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.
Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: 26.10.2016 р.

УДК 625.7/.8

Онищенко А.М., к-т техн. наук, Возний С.П.

**МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ДЛЯ
УТОЧНЕННЯ РОЗРАХУНКУ МОНОЛІТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Анотація. В даній статті запропоновано метод з визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості цементобетону. Це дозволило удосконалити умову міцності при розрахунку монолітних цементобетонних покриттів за рахунок міцності на розтягування при згині бетонну з врахуванням коефіцієнту температурної тріщиностійкості. З метою підвищення довговічності покриття з позиції тріщиностійкості від дії коліс транспортних засобів та температури.

Об'єкт дослідження – цементобетонне покриття.

Мета роботи - розробка методу визначення коефіцієнту температурної тріщиностійкості цементобетонну для уточнення розрахункової міцності на розтягування при згині.

Методи дослідження – аналітико – експериментальні.

Ключові слов: Цементобетон, коефіцієнт температурної тріщиностійкості, міцність на розтяг при згині.

UDC 625.7/.8

Onishchenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Voznyy S.P.

**ESTIMATION METHOD FOR THERMAL CRACKING RESISTANCE COEFFICIENT TO
ENSURE GREATER CERTAINTY OF CALCULATION OF MONOLITHIC CEMENT
CONCRETE ROAD SURFACES**

Abstract. This paper proposes a method to determine the coefficient of thermal cracking resistance. It has allowed improving the condition of the strength in the estimation of monolithic cement concrete surfaces due to the tensile strength of cement concrete in bending, taking into account the coefficient of thermal cracking resistance. To improve durability of the surface as for cracking resistance to impact of wheels of vehicles and temperature.

The object of study - cement concrete surfaces

Objective of the paper - to develop a method for estimation the coefficient of thermal cracking resistance of cement concrete, in order to make more precise the estimated tensile strength in bending.

Research methods – analytical and experimental.

Key words: cement concrete, thermal cracking resistance coefficient, tensile strength in bending.

УДК 625.7/.8

Онищенко А.Н., к-т техн. наук, Возный С.П.

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРНОЙ
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ РАСЧЕТА МОНОЛИТНОГО
ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Аннотация. В данной статье предложен метод по определению коэффициента температурной трещиностойкости цементобетона. Это позволило усовершенствовать условие прочности при расчете монолитных цементобетонных покрытий за счет прочности на растяжение при изгибе бетона с учетом коэффициента температурной трещиностойкости. С целью повышения долговечности покрытия с позиции трещиностойкости от действия колес транспортных средств и температуры.

Объект исследования - цементобетонное покрытие.

Цель работы - разработка метода определения коэффициента температурной трещиностойкости цементобетона для уточнения расчетной прочности на растяжение при изгибе.

Методы исследования - аналитико - экспериментальные.

Ключевые слова: Цементобетон, коэффициент температурной трещиностойкости, прочность на растяжение при изгибе.

Вступ

Як відомо, що цементобетонне покриття доріг є найбільш довговічним у порівнянні з асфальтобетонними покриттями. Відповідно до програми КМУ з розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013-2018 роки [1]. Яка передбачає будівництво, реконструкцію, ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування згідно із стандартами, приведеними у відповідність із сучасними стандартами якості дорожньо-будівельних робіт, з використанням новітніх технологій, методів та інших дорожньо-будівельних матеріалів вітчизняного виробництва, влаштування дорожнього покриття на основі цементобетону, підвищення ефективності інноваційної та науково-технічної діяльності та ін.

Дорожній одяг не може бути абсолютно тріщиностійким, однак застосування ефективних методів боротьби з утворення тріщин дозволило б збільшити терміни служби покриттів, знизити витрати на утримання і ремонт за рахунок підвищення стійкості цементобетона до тріщин.

Основними причинами руйнувань покриття

у вигляді тріщин вважають вплив транспортних навантажень, перепади температур від позитивних до негативних, низькі негативні температури, утворення пучин.

Згідно [2] з сучасними уявленнями визначальний вплив на несучу здатність дорожніх плит при згині мають тріщини в структурі бетону, які розвиваються за механізмом нормального відриву. Процес розвитку тріщин має стійкий характер, що супроводжується поступовим накопиченням локальних руйнувань. Коли накопичення мікро- і макродефектів в структурі бетону сягає певної критичної межі, утворення нових тріщин і розвиток вже існуючих відбувається

Introduction

Cement concrete road surface is known to be the most durable as compared to bituminous concrete pavement. According to the program of the CMU on public roads in 2013-2018 [1]. It specifies the construction, reconstruction, repair and operational maintenance of public roads in accordance with the standards complying with applicable regulations on quality of road construction works, using the advanced technologies, methods and other road construction materials of domestic production, installation of road surface based on the cement concrete, increase of efficiency of innovative and scientific technological activities etc.

Road surface cannot be completely cracking resistant, though application of effective cracking prevention methods would increase service life of surfaces, reduce maintenance and repair costs by improving the cement concrete cracking resistance.

The main causes of surface cracking relate to the impact of traffic loads, temperature changes from positive to negative, low negative temperatures, and the frost heaving.

According to [2] modern concepts, the decisive influence on the bearing capacity of road slabs in bending refers to cracks in the concrete structure, developing as normal fracture. Development of cracks is stable, alongside with the gradual accumulation of local fractures. When the accumulation of micro and macro defects in concrete structure reaches a certain critical level, formation of new cracks and development of existing ones is performed

лавиноподібно - бетон руйнується. Якщо бетон працює в межах прогнозованих експлуатаційних навантажень, цей процес може тривати десятки років. Прискорення руйнування відбувається за перевищення розрахункових навантажень і посилення агресивної дії тепловолігісних і корозійних чинників.

Отже, довговічність бетонної плити при згині визначається часом або кількістю циклів сумарної дії навантаження і зовнішніх чинників від моменту зародження тріщини до початку її нестійкого розповсюдження.

Тріщиностійкість цементобетону при багаторазових температурних і вологісних впливах має велике значення для дорожніх, транспортних та інших конструкцій з періодичним зволоженням. Відомо, що циклічні впливи позитивних температур і вологи значно прискорюють руйнування бетону в конструкціях. Однак вплив таких чинників на витривалість і тріщиностійкість бетону вивчено мало.

При висиханні водонасиченого бетону виникає градієнт по перетину бетонного елемента, що зумовлює появу внутрішніх напруг внаслідок капілярної усадки, так і різної деформованості поверхневих і внутрішніх зон.

У поверхневому висихаючому шарі бетону виникають напруження розтягу, що досягають 25-30% від межі міцності на розтяг при згині $R_{зг}$. У разі багаторазового повторення циклів зволоження - висихання в структурі бетону накопичуються мікропошкодження і тріщини. У певних умовах напруги від зовнішнього навантаження можуть складатися з напругою від капілярної усадки, що створює небезпеку передчасного руйнування матеріалу (бетону), а відповідно і всієї конструкції [3].

Практичний досвід використання ВБН В.2.3-218-008-97 [4] вказує на необхідність його удосконалення, а саме методика розрахунку монолітних цементобетонних покриттів за рахунок коефіцієнта температурної тріщиностійкості.

incrementally and concrete is fractured. If the concrete operates within the estimated operating loads, this process can take decades. Acceleration of fracturing occurs at design loads exceeding and increase of aggressive action of thermal, humidity, and corrosive factors.

Thus, the durability of concrete slab in bending is determined by time or the number of cycles of total loading and external factors, from cracking until unstable development.

Cement concrete cracking resistance under repeated temperature and humidity effects is of high importance for road, transport and other structures with periodic moistening. Cyclical influences of positive temperatures and moisture are known to greatly accelerate the fracturing of concrete in structures. However, the impact of these factors on durability and crack resistance of concrete is slightly studied.

Drying of water-saturated concrete causes gradient over the cross section of the concrete element, resulting in internal tension due to capillary shrinkage, as well as different deformation of surface and internal areas. Tensile strength occurs in the drying layer of concrete, reaching 25-30% of the tensile strength limit $R_{зг}$ in bending. In case of multiple repeated cycles of moistening - drying, the structure of concrete accumulates micro fractures and cracks. Under certain conditions, the tension of external load may add to tension of capillary shrinkage, resulting in the threat of early fracture of the material (concrete), and, therefore, the whole structure [3].

Practical experience of application of ICS V.2.3-218-008-97 [4] points to the need for its improvement, namely the method of estimation of monolithic cement concrete surfaces by the coefficient of thermal cracking resistance.

Аналіз публікацій

Досвід експлуатації дорожніх одягів з цементобетонним покриттям показав, що строк їх служби перевищує очікуваний. Так, проектний строк служби таких покриттів в більшості країн раніше становило 20 років, а фактичний строк в середньому по 19 штатах США 27 років, в Австрії – 30 років, в Німеччині і Великобританії 35 - 45 років. У Великобританії розрахунковий строк служби цементобетонних покриттів рахують 40 років [5]. За цей час асфальтобетонне покриття необхідно декілька разів перекривати захисним шаром і в багатьох випадках капітально ремонтувати [5]. Якість дорожніх одягів, безпосередньо впливає на умову і безпеку руху транспортного засобу, визначається багатьма факторами. Однак, навіть суворе дотримання нормативних вимог і технологій виробництва робіт при будівництві і експлуатації, як правило, не в стані виправити розрахунки, допущення на стадії проектування. Саме ефективність проектних рішень в значному ступені визначає надійність і довговічність дорожніх одягів [5]. Питанням проектування жорстких дорожніх одягів присвячені роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як: В.К. Апестин, О.Т. Батраков, А.Г. Батракова, Ю.М. Васильєв, І.П. Гамеляк, С.К. Головка, Е.А. Гузєєв, Б.С. Радовський, В.М. Ряпухін, В.К. Жданюк, С.Н. Леонович, Г.В. Малеванський, В.В. Мозговий, В.Д. Казарновський, М.С. Коганзон, С.Й. Солодкий, В.М. Яромко, П.І. Теляєв, С.М. Толмачов, О.Г. Островерхий, А.О. Салль, та ін. [2,4-9].

В Україні розрахунок монолітних бетонних покриттів виконують згідно з Відомчого будівельного нормативу [4], який полягає у порівнянні розрахункової міцності бетону на розтяг при згині з максимальним напруженням, що виникає в дорожній плиті на пружній основі від дії навантаження і перепаду температур за товщиною плити.

Розрахункова міцність бетону дорівнює значенню класу міцності цементобетону на розтяг при згині (B_{tb}) з урахуванням двох

Analysis of publications

Previous use of cement concrete surfaces proved exceeding of expected service life. Thus, the design service life of such surfaces in most countries amounted to 20 years, while the actual service life lasts in average 27 years in 19 US states, 30 years in Austria, 35 - 45 years in Germany and the UK. In the UK the estimated service life of cement concrete surfaces is accounted as 40 years [5]. During this period the bituminous concrete pavement shall be covered with a protective layer for several times, and in many cases it shall be overhauled [5]. The quality of road surfaces directly affects the condition and safety of the vehicle and is determined by many factors. However, even strict adherence to regulatory requirements and technologies of work at construction and operation is generally unable to correct the estimations and assumptions at the design stage. Just efficiency of design solutions to a large degree determines the reliability and durability of road surfaces [5]. Design of rigid road surfaces is the subject of papers of many domestic and foreign scholars, such as: V.K. Apestyn, O.T. Batrakov, A.G. Batrakov, Yu.M. Vasyliiev, I.P. Gameliak, S.K. Golovko, E.A. Guzeev, B.S. Radovsky, V.M. Riapukhin, V.K. Zhdaniuk, S.N. Leonovych, G.V. Malevansky, V.V. Mozgovy, V.D. Kazarnovsky, M.S. Koganzon, S.Y. Solodky, V.M. Yaromko, P.I. Teliaev, S.M. Tolmachev, O.G. Ostroverckhy, A.O. Sall' and others [2,4-9].

In Ukraine the estimation of monolithic concrete surfaces complies with the Industrial construction standard [4]; it is based on comparison of the estimated tensile strength of concrete in bending with a maximum pressure, occurring in the road slab on elastic foundation in result of the load and temperature difference, by thickness of a slab.

The estimated concrete strength equals to the strength class of cement concrete in bending (B_{tb}), considering two empirical

емпіричних коефіцієнтів – втоми бетону (K_Y) і умов набору міцності (K_M). Розрахунок монолітних цементобетонних покриттів проводять шляхом перевірки міцності покриття за формулою [4]:

$$K_{MЦ} \leq \frac{R_1^{розр}}{\delta_{pt}} \quad (1)$$

де $K_{MЦ}$ - коефіцієнт міцності, що визначається залежно від категорії;

$R_1^{розр}$ - розрахункова міцність бетону на розтяг при згині;

δ_{pt} - напруження розтягу при згині, що виникають у бетонному покритті від дії навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині плити.

Розрахункову міцність на розтягування при згині цементобетонну визначають за формулою [4]:

$$R_1^{розр} = B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y, \quad (2)$$

В Москві [7] розрахункова міцність бетону дорівнює значенню класу міцності бетонну на розтяг при згині (B_{tb}) з урахуванням трьох емпіричних коефіцієнтів втоми бетону (K_Y), умов набору міцності ($K_{H.П.}$) та впливу перемінного заморожування та відтавання (K_F). Отже в Росії розрахункову міцність цементобетонна на розтяг при згині ($R_{pu}^{расч}$) визначають за формулою [7]:

$$R_{pu}^{расч} = B_{tb} \cdot K_{H.П.} \cdot K_Y \cdot K_F, \quad (3)$$

Як видно із виразу (3), що в нормативному документі розрахунок монолітних цементобетонних покриттів на міцність виконують з урахуванням коефіцієнта впливу перемінного заморожування і відтавання, який приймається ($K_F = 0,95$) є узагальненим значенням і приймається для всіх видів цементобетонну для розрахунку. Використання коефіцієнту (K_F) дозволить адекватно враховувати оцінку морозостійкості бетону та

coefficients, i.e., fatigue of concrete (K_Y) and terms of concrete strength development (K_M). Estimation of the monolithic cement surfaces is carried out by testing the strength of surface, using the formula [4]:

$$K_{MЦ} \leq \frac{R_1^{розр}}{\delta_{pt}} \quad (1)$$

where $K_{MЦ}$ is a strength coefficient, determined depending on the category;

$R_1^{розр}$ is an estimated tensile strength of concrete in bending;

δ_{pt} is a tensile strength in bending, arising in the concrete surface due to the load, taking into account the temperature difference, by thickness of a slab.

Estimated tensile strength of cement concrete in bending is determined by the formula [4]:

$$R_1^{розр} = B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y, \quad (2)$$

In Moscow [7] the estimated concrete strength is equal to the tensile strength class of concrete in bending (B_{tb}), considering three empirical coefficients of concrete fatigue (K_Y), conditions of concrete strength development ($K_{H.П.}$), and the effect of alternating freezing and defrosting (K_F). Thus, in Russia the estimated tensile strength of cement concrete in bending ($R_{pu}^{расч}$) is determined using the formula [7]:

$$R_{pu}^{расч} = B_{tb} \cdot K_{H.П.} \cdot K_Y \cdot K_F, \quad (3)$$

As seen from the expression (3), according to the regulations, the estimation of strength of monolithic cement concrete surfaces is performed considering the coefficient of influence of alternating freezing and defrosting, ($K_F = 0,95$); it is a generalized value and is accepted for estimation for all types of cement concrete. The use of coefficient (K_F) will allow

наявність і розвиток мікротріщин в ньому. Даний коефіцієнт (K_F) може бути різним в залежності від компонентів та добавок, які використовуються при виготовленні цементобетону, це суттєво може вплинути на адекватність розрахунку покриття.

Внаслідок циклічного заморожування і відтавання бетону, що має мікротріщини, виникає істотне прискорення інтенсивності його руйнування, такими питаннями займалися такі вчені: А.А. Гончаров, Ф.М. Іванов, В.М. Москвін, О.Я. Берг, Г.І. Горчаков, О.В. Ушеров-Маршак, С.М. Толмачов, В.П. Сопов [10-14] та ін. встановлено, що для забезпечення морозостійкості бетону велике значення має характер пористості матеріалу (структура капілярів) та ступень їх водонасичення. Вважається, що чим менше капілярна пористість, тим нижче проникність бетону і вище його морозостійкість.

Згідно Державному стандарту України [15] існує п'ять методів визначення морозостійкості цементобетону, для дорожнього і аеродромного цементобетону підходить другий і третій методи. Але для уточнення розрахунку міцності на розтягування при згині цементобетону даним коефіцієнтом морозостійкості є не доцільним, тому що він не враховує реальних умови експлуатації цементобетонного покриття. Тому з урахуванням виразу (3) пропонується уточнити формулу (2) коефіцієнтом температурної тріщиностійкості цементобетону $K_{КТР}^{Ц.Б.}$, який враховує реальні умови експлуатації покриття на автомобільних дорогах. Ведення даного коефіцієнту $K_{КТР}^{Ц.Б.}$ дозволить при розрахунку монолітних цементобетонних покриттів підвищити його довговічність з позиції температурної тріщиностійкості. Коефіцієнт температурної тріщиностійкості визначається за аналогом асфальтобетону, що наведено в державному стандарті України [16], який запропоновано професором Мозговим В.В.

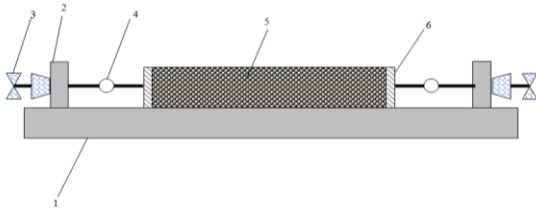
adequate considering of concrete frost resistance and the presence and development of micro-cracks in it. The coefficient (K_F) can vary depending on the ingredients and additives, used for the manufacture of cement concrete; it can significantly affect the adequacy of surface estimation.

Cyclic freezing and defrosting of concrete with micro cracks causes a significant acceleration of its fracturing. Following scholars were involved to this issue: A.A. Goncharov, F.M. Ivanov, V.M. Moskvina, O.Ya. Berg, G.I. Gorchakov, O.V. Usherov-Marshak, S.M. Tolmachev, V.P. Sopov [10-14] and others. They revealed that type of porosity (capillary structure) and degree of water saturation are of great importance for frost resistance of concrete. Less capillary porosity is considered to ensure the lower penetrability and higher frost resistance of concrete.

The State Standard of Ukraine [15] specifies five methods to determine the frost resistance of cement concrete; the second and third methods are suitable for road and airfield cement concrete. Though such frost resistance coefficient is not appropriate for greater certainty of the estimation of tensile strength of cement concrete; it does not take into account the actual terms of use of cement concrete surface. Therefore, taking into account the expression (3), it is offered to make formula (2) more precise, using the coefficient of thermal cracking resistance of cement concrete $K_{КТР}^{Ц.Б.}$, which takes into account the actual operating conditions of the road surfaces. Introduction of this coefficient $K_{КТР}^{Ц.Б.}$ at the estimation of monolithic cement concrete surfaces will enable to increase its durability within thermal cracking resistance. The coefficient of thermal cracking resistance is determined according to the analogue of bituminous concrete, specified in the State Standard of Ukraine [16], introduced by Professor Mozgovy V.V.

Опис методу

Суть методу полягає в оцінюванні руйнування структурних зв'язків цементобетону при повторному охолодженні за показником зменшення міцності на розтяг при вигині після впливу дії температурних напружень, що виникають при неможливості вільного скорочення (рис. 1) довжини зразка (аналогічно умовам роботи цементобетону в покритті).



1 - станина; 2 - упор; 3 - гвинт для закріплення зразка; 4 - шарнір; 5 цементобетонний зразок; 6 - металева пластина

Рисунок 1 - Схема з'єднання цементобетонного зразка з металевою станиною для випробувань на циклічне охолодження

Для виготовлення цементобетонних балочок розмірами 40x40x160 мм, використовували бетон важкий (дрібнозернистий) [17].

При виготовленні бетонів для покриттів автомобільних доріг використовують цемент з нормованим мінералогічним складом: бездомішкові портландцементи на основі клінкеру з нормованим мінералогічним складом з вмістом три кальцієвого алюмінату С3А в кількості не більше ніж 8 % за масою – ПЦІ-400-Н [18].

В якості крупного заповнювача використали щебінь фракції 5-10мм [19], який повинен мати середню густину від 2000 до 2800 кг/м³.

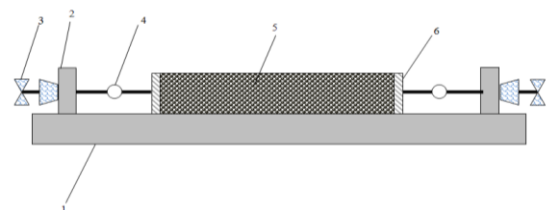
Як дрібний заповнювач для бетонів цементобетонних покриттів використовують пісок щільний природний [20], з модулем крупності (Мк) від 1,5 до 3,25.

Водоцементне відношення в бетонній суміші одношарових та верхнього шару двошарових покриттів повинно відповідати $В/Ц \leq 0,5$.

Вироблену суміш закладають у форми та вібрують на вібромайданчику. Після ущільнення ножом зрізують надлишок суміші на рівні з краями форми. Форму з сумішшю кладуть в приміщення в якому зберігається відносна вологість повітря 90-100% і

Description of the method

The method is based on assessment of structural bonds of cement concrete at the repeated cooling in terms of reducing the tensile strength in bending after influence of thermal tension, arising from the impossibility of free shrinkage (Figure 1) of the length of sample (similar to operation conditions of cement concrete in the surface).



1 - bed; 2 - support; 3 - screw to secure the sample; 4 - hinge; 5 - cement concrete sample; 6 - metal plate

Figure 1 - Diagram of connection of cement concrete with metal bed for cyclic cooling tests

Heavy (fine) concrete was used for the manufacture of 40x40x160 mm cement concrete beams [17].

Cement with standard mineralogical composition is used within the manufacture of concrete for road surface, i.e., impurity-free portland cement based on clinker with standardized mineralogical composition containing tricalcium aluminate C3A, not more than 8% by weight – ПЦІ-400-Н [18].

5-10 mm road metal [19], with an average density from 2 000 to 2 800 kg/m³, is used as a coarse aggregate.

Compact natural sand [20], with fineness modulus (M_k) from 1.5 to 3.25 is used as fine aggregate for cement concrete surfaces.

Water-cement ratio in concrete mixture of single-layer and top layer of double-layer surfaces shall correspond to $W/C \leq 0.5$.

The produced mixture is put into moulds and treated at vibratory plate compactor. After consolidation, the excess mixture is cut with the knife to level with the edges of the mould. The mould with the mixture is kept in the premise with relative 90-100% air humidity and temperature of $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

температура 18 ± 2 °C. На 7-му добу знімають опалубку і кладуть балочки у теж саме приміщення. На 28-му добу вироблені балочки починають випробовувати.

На торці зразків прикріплюють за допомогою епоксидного клею металеві пластини розміром 40 х 40 см. Потім цементобетонні зразки занурюють на 30 хв. у посудину з водою, яка має температуру (20 ± 2) °C, таким чином, щоб рівень води у посудині був вище поверхні зразків не менше ніж на 3 см, після чого зразки встановлюють у вакуумній установці, де створюють і підтримують тиск не більше 2000 Па (15 мм. рт. ст.) протягом 1 год. Потім тиск доводять до атмосферного і зразки витримують у тій самій посудині з

водою з температурою (20 ± 2) °C протягом 30 хв. Після цього зразки цементобетонні з металевими пластинами, встановлюють в станину (рис.1) попередньо термостатують на повітрі за температури (20 ± 1) °C, після цього усувають люфти між упорами та гвинтами і разом із станиною розміщують в морозильній камері, у якій підтримують температуру -30 °C. При такій температурі цементобетонний зразок витримують протягом шести год.

Після цього зразок з металевою станиною виймають з морозильної камери і витримують на повітрі за температури (20 ± 1) °C протягом шести годин. Таку процедуру охолодження - нагрівання цементобетонного зразка, закріпленого між двома упорами металевої станини здійснюють 10 разів.

Коефіцієнт температурної тріщиностійкості цементобетонну визначають за формулою:

$$K_{КТР}^{Ц.Б.} = \frac{R_p^{10_{цикл}}}{R_p}, \quad (4)$$

де - $R_p, R_p^{10_{цикл}}$ - середнє значення границі міцності на розтяг при згині відповідно до впливів циклічного охолодження і після них.

Границю міцності на розтяг при згині цементобетонних зразків визначають при швидкості деформування 100 мм/хв і обчислюють в МПа за формулою:

On the seventh day the mould is removed and beams are kept in the same premise. The 28th day is the start of tests of the produced beams.

40 x 40 cm metal plates are attached with epoxy adhesive to the face end of the samples. Then the cement concrete samples are immersed into a container for 30 minutes, where water temperature is (20 ± 2) °C; the water level in the container shall be at least 3 cm above the sample surface. Further the samples are set in the vacuum system with pressure less than 2 000 Pa (15 mm Hg) for 1 hour. Then the pressure is brought to atmospheric one and samples are kept in the same container for 30 minutes, where water temperature is (20 ± 2) °C. Then cement concrete samples with metal plates are installed in the bed (Figure 1), with preliminary thermostatic control at temperature of (20 ± 1) °C; further the plays between supports and screws are eliminated and the samples with the bed are placed into the freezing chamber, with the constant temperature of -30 °C. Such temperature is ensured for the cement concrete sample for six hours.

Then, the sample with a metal bed is removed from the freezing chamber and is being kept at air temperature of (20 ± 1) °C for six hours. Such procedure of cooling - heating of cement concrete sample attached between two supports of metal bed is repeated 10 times.

The coefficient of thermal crack resistance of the cement concrete is calculated by the formula:

$$K_{КТР}^{Ц.Б.} = \frac{R_p^{10_{цикл}}}{R_p}, \quad (4)$$

where $R_p, R_p^{10_{цикл}}$ refer to the average value of the tensile strength limit in bending, under the influence of cyclic cooling and after it respectively.

Limit of tensile strength of cement concrete samples in bending is determined by the rate of deformation of 100 mm/min and is calculated as MPa by the following formula:

$$R_p = \frac{3 \times F \times l}{2 \times b \times h^2} \times 10^{-2} \quad (5)$$

де F - руйнівне навантаження, Н; l - відстань між опорами, см; b - ширина зразка, см; h - висота зразка, см; 10^{-2} - коефіцієнт перерахунку у МПа.

Розбіжності між трьома паралельними випробуваннями не повинні перевищувати 10 %.

Відповідно до формул (2) та (3) остаточний вираз уточненої формули з розрахунку міцності на розтягування при згині цементобетонну з врахуванням коефіцієнту температурної тріщиностійкості пропонується визначати за формулою:

$$R_1^{розр} = B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y \cdot K_{КТР}^{Ц.Б.}, \quad (6)$$

Тому розрахунок монолітних цементобетонних покриттів проводять шляхом перевірки міцності покриття за виразом (1) з урахуванням формули (6) і пропонується уточнена умова міцності за залежністю:

$$K_{МЦ} \leq \frac{B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y \cdot K_{КТР}^{Ц.Б.}}{\delta_{pt}}, \quad (7)$$

Висновок

Запропоновано метод з визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості для цементобетонну.

Уточнена формула з розрахунку міцності на розтягування при згині цементобетонну за рахунок введення коефіцієнту температурної тріщиностійкості.

Удосконалено загальний вираз умови міцності при розрахунку монолітних цементобетонних покриттів за рахунок міцності на розтягування при згині бетонну з врахуванням коефіцієнту температурної тріщиностійкості. Це дозволить підвищити довговічність цементобетонного покриття з позиції тріщиностійкості від дії коліс транспортних засобів та температури.

$$R_p = \frac{3 \times F \times l}{2 \times b \times h^2} \times 10^{-2}, \quad (5)$$

where F - breaking load, N; l - distance between bearings, cm; b - width of the sample, cm; h - the height of the sample, cm; 10^{-2} - re-calculation coefficient, MPa.

The differences of three parallel tests shall not exceed 10%.

According to the formulas (2) and (3), the following precise formula is offered as the final expression to estimate the tensile strength of cement concrete in bending, taking into account the coefficient of thermal cracking resistance:

$$R_1^{розр} = B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y \cdot K_{КТР}^{Ц.Б.}, \quad (6)$$

Therefore, the estimation of monolithic cement concrete surfaces is carried out by testing the strength of surface by expression (1) taking into account the formula (6) and then, upon dependence, the more precise condition of strength is offered:

$$K_{МЦ} \leq \frac{B_{tb} \cdot K_M \cdot K_Y \cdot K_{КТР}^{Ц.Б.}}{\delta_{pt}}, \quad (7)$$

Conclusion

The paper offers the method of determining the coefficient of thermal cracking resistance.

There is provided more precise formula of estimation of tensile strength of cement concrete in bending due to introduction of coefficient of the thermal cracking resistance.

There is improved the general expression of strength at the estimation of monolithic concrete surfaces due to the tensile strength of concrete in bending, taking into account the coefficient of thermal cracking resistance. It will improve the durability of the cement concrete surface as for cracking resistance to impact of wheels of vehicles and temperature.

Література

1. Постанова Кабінету міністрів України. Від 11 липня 2013 р. № 696Київ. Про затвердження Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013-2018 роки/<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/696-2013-%D0%BF>
2. С.Й. Солодкий Пропозиції щодо розрахунку жорстких дорожніх одягів з урахуванням критеріїв механіки руйнування бетону
3. Грушко И.М., Алтухов В.Д. и др. Выносливость и трещиностойкость цементобетона/ И.М. Грушко, В.Д. Алтухов и др.//Автомобильные дороги. - 1987. - №12. - С. 12.
4. Відомчі будівельні норми. Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів. ВБН В.2.3-218-008-97 Укравтодор. Київ-1997. С. 218.
5. Радовский Б.С. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей/ Б.С. Радовский, О.С. Супрун, И.И. Козаков. К.: Будивельник, 1989. – 168 с.
6. Солодкий С.Й., Русин Р.М., Гайванович Р.В., Поваляшко М.В. Оцінка тріщиностійкості дорожніх бетонів за критеріями механіки руйнування: Зб. наук. статей «Дороги і мости». – К.: ДерждорНДІ. – 2006. – Вип. 6. – С. 289–303.
7. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд /Взамен ВСН 197-91/ Росавтодор. Москва 2004. С. 135.
8. Гузеев Е.А., Леонович С.Н., Пирадов К.А. Механика разрушения бетона: вопросы теории и практики. – Брест, БПИ, 1999. – 218 с.
9. Яромко В.Н. Реабилитация дорожных покрытий. Опыт применения новых технологий при модернизации автомобильной дороги Брест-Минск-граница России – Мн., 2002. – 106 с.
10. Гончаров А.А. Морозостойкость бетонов различной прочности, нагруженных сжатием / Гончаров А.А., Иванов Ф.М. // Гидротехническое строительство. 1969. - №6- С. 18-21
11. Горчаков Г.И. Влияние льдообразования в порах бетона на морозостойкость / Г.И.Горчаков, В.И.Иванов, И.И.Лифанов и др.// Бетон и железобетон. 1977. - № 2-С. 16-18.
12. Москвин В.М. Стойкость бетона и

Literature

1. The Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dd. July 11, 2013 No. 696 c. Kyiv. On approval of the State target economic development program of public roads in 2013-2018/<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/696-2013-%D0%BF>
2. S.Y. Solodky Proposals for estimation of hard road surfaces, considering the criteria of concrete fracture mechanics / Durability and cracking resistance of cement concrete / I.M. Grushko, V.D. Altukhov and others // Highways. - 1987. - No.12. – P. 12.
4. Industrial construction standards. Designing and construction of rigid road surfaces and surfaces with rigid layers. ICS V.2.3-218-008-97 The State Road Agency of Ukraine (Ukravtodor). Kyiv-1997. С. 218.
5. B.S. Radovsky Designing of road surfaces for the movement of heavy vehicles / B.S. Radovsky, O.S. Suprun, I.I. Kozakov. K.: Budivelnik, 1989. – 168 p.
6. S.Y. Solodky, R.M. Rusyn, R.V. Gaivanovych, M.V. Povaliashko Assessment of cracking resistance of road concrete by the criteria criteria of fracture mechanics: Collection of scientific articles "Roads and bridges". – K.: State Road Research Institute. – 2006. – Issue 6. – P. 289-303.
7. Guidelines for the designing of rigid road surfaces / To replace ICS 197-91 / Federal Road Agency of the Ministry of Transport of the Russian Federation. Moscow, 2004. P. 135.
8. E.A. Guzeev, S.N. Leonovych, K.A. Piradov Concrete fracture mechanics: theory and practice. – Brest, BPI, 1999. – 218 p.
9. V.N.Yaromko Recovery of road surfaces. The experience in application of new technologies at modernization of the highway Brest-Minsk- border of Russia – Mn., 2002. – 106 p.
10. A.A. Goncharov Frost resistance of concrete with different strength, loaded with compression / A.A. Goncharov, F.M.Ivanov // Hydraulic engineering. 1969. - No. 6- P. 18-21
11. G.I. Gorchakov Impact of ice formation in the pores of the concrete upon frost resistance / G.I. Gorchakov, V.I. Ivanov, I.I. Lifanov and others// Concrete and reinforced concrete. 1977. - No. 2- P. 16-18.
12. V.M. Moskvina Durability of concrete and reinforced concrete at negative temperature / V.M. Moskvina, M.M. Kapkin, A.M. Podvalny // - M.: Stroiizdat, 1967. - 132 p.
13. A.V.Usharov-Marshak Calorimetry of cement and concrete /A.V.Usharov-Marshak, ed.

железобетона при отрицательной температуре / Москвин В.М., Капкин М.М., Подвальный А.М. // - М.: Стройиздат, 1967. - 132 с.

13. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона / Ушеров-Маршак А.В., ред. В.П.Сопов // - Х.: Факт, 2002. - 183 с.

14. Берг О. Я. Высокопрочный бетон / Берг О. Я., Щербаков Е. Н., Писанко Г. Н. // - М.: Стройиздат, 1971. - 208 с.

15. Будівельні матеріали. Бетони. Прискоренні методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні.

ДСТУ Б В.2.7-49-96 (ГОСТ 10060.2-95). Чинний від 1996-11-01. М. Розроблений Науково-дослідним, проектно-конструкторським і технологічним інститутом бетону та залізобетону (НИИЖБ) Російської Федерації. Внесений Мінбудом Росії.

16. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови : - [Чинний від 2012-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2011. – 47 С. 47, 48.

17. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Чинний від 1997-01-01. – К. Держкоммістобудування України. 1997. 67 с.

18. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Чинний від 2011-09-01. – К. Мінрегіонбуд України. 2011. 14 с.

19. Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. К. Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. 1999. 14 с.

20. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Чинний від 1996-01-01. – К. Держкоммістобудування України, 1996. -14 с.

14. V.P.Sopov // - Н.: Fact, 2002. - 183 p. O.Ya. Berg High-strength concrete / O. Ya. Berg, E. N. Scherbakov, G.N. Pysanko // - М.: Stroizdat 1971. - 208 p.

15. Construction materials. Concretes. Accelerated methods for determining frost resistance at repeated freezing and defrosting. DSTU B V.2.7-49-96 (GOST 10060.2-95). Valid from November 1, 1996. M. Designed by Scientific Research, Project Designing and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) of the Russian Federation. Provided by the Ministry of Construction Industry, Housing and Utilities Sector of the Russian Federation.

16. DSTU BV.2.7-119:2011. Bitumen-concrete mixtures and road and airfield bituminous concrete. Technical specifications : - [Valid from October 1, 2012]. – K.: The Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine, 2011. – 47 P. 47,48.

17. Construction materials. Heavy concretes. Technical specifications. DSTU B V.2.7-43-96. Valid from January 1, 1997. – K. State committee of Ukraine for Town-Planning and Architecture of Ukraine. 1997. — 67 p.

18. Construction materials. Cements for general construction purposes. Technical specifications. DSTU B V.2.7-46:2010. Valid from September 1, 2011. – K. The Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine. 2011. — 14 p.

19. Construction materials. Dense natural road metal and gravel for construction materials, products, structures and works. Technical specifications. DSTU B V.2.7-75-98. Valid from January 1, 1999. – K. The State Committee of Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine. 1999. — 14 p.

20. Construction materials. Compact natural sand for construction materials, products, structures and works. Technical specifications. DSTU B V.2.7-32-95. Valid from January 1, 1996. – K. State committee of Ukraine for Town-Planning and Architecture of Ukraine, 1996. — -14 p.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Солодкий С.Й., д-р техн. наук, НУ "Львівська політехніка".

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Solodkyi S.Yo., Dr. Tech. Sci., NU "Lviv Polytechnic".

Стаття надійшла до редакції: 21.10.2016 р.

УДК 625.7/.8

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Різніченко О.С.

ПІДВИЩЕННЯ КОЛІСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНОГО В'ЯЖУЧОГО

Анотація. У статті розглядається дослідження в лабораторних умовах впливу полімерного бітумного в'язучого на колістійкість різних типів асфальтобетонним використовуючи показник колійності. Проведені дослідження різних типів дрібнозернистого асфальтобетону з максимальним розміром частинок зерен 10 мм з полімерно-бітумним в'язучим і бітумом нафтовим дорожнім БНД 40/60 до накопичення залишкових деформацій у вигляді колії. В результаті чого, встановлено, що асфальтобетони з полімер-бітумним в'язучим мають в майже в 1,5-2 рази менше колію, ніж для асфальтобетону з бітумом БНД 40/60.

Ключові слова: асфальтобетон, в'язуче Polygum, колійність, процедури випробування, глибина колії, залежність міцності зчеплення.

UDC 625.7/.8

Onischenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Riznichenko O.S.

INCREASING RUT RESISTANCE OF ASPHALT PAVEMENT BY USING A POLYMER BINDER

Abstract. This article deals investigate in laboratory conditions effect of polymer bituminous binder on rutting resistance of different types asphalt concrete using rutting measure. It includes research different types of fine-grained asphalt concrete with a maximum particle size of grains of 10 mm with asphalt polymer binder and oil bitumen BND 40/60 till accumulation of residual strains in form of rutting. This indicates that studied asphalt concrete with polymer binder have in almost 1.5-2 times less rutting than asphalt concrete with bitumen BND 40/60.

Keywords: asphalt concrete, Polygum binder, rutting, procedure of testing, rutting depth, strength of adherence depending.

УДК 625.7/.8

Онищенко А.Н., канд. техн. наук, Ризниченко А.С.

ПОВЫШЕНИЕ КОЛЕЕСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО

Аннотация. В статье рассматривается исследования в лабораторных условиях воздействия полимерного битумного вяжущего на колеестойкость различных типов асфальтобетоннов используя показатель колейности. Проведенные исследования различных типов мелкозернистого асфальтобетона с максимальным размером зерен 10 мм с полимерно-битумным вяжущим и битумом нефтяным дорожным БНД 40/60 к накоплению остаточных деформаций в виде колеи. В результате чего, установлено, что асфальтобетоны с полимер-битумного вяжущего имеют в почти в 1,5-2 раза меньше колею, чем для асфальтобетона с битумом БНД 40/60.

Ключевые слова: асфальтобетон, вяжущее Polygum, колейность, процедуры испытания, глубина колеи, зависимость прочности сцепления.

Актуальність проблеми. На дорогах загального користування України в останні роки спостерігається стійке зростання перевезень вантажних транспортних засобів, що призводить до накопичення залишкових деформацій у вигляді колій в шарах асфальтобетонного покриття, особливо при високих літніх температурах.

Порушення поперечної рівності в асфальтобетонному покритті у вигляді колій створює небезпечні умови для водіння, наприклад, існує підвищений ризик втрати керування транспортним засобом під час зміни смуги руху, під час маневрів (наприклад, обгін), застій води в колії може привести до аквапланування колеса транспортного засобу і в результаті - небезпечного водіння. Крім того, застій води в колії призводить до небезпечного її більш інтенсивного розвитку, взимку це утруднює ефективне видалення снігу та крижаних відкладень, збільшує ковзання в смугах руху і знижує безпеку.

Згідно [1-4], колія є найбільш складним видом деформації, його поява на "дорогах є неприйнятною, і утворена колія повинна терміново бути усунена". Це вказує на те, що асфальтобетон зі звичайним бітумом (БНД) не завжди відповідає вимогам стандартів. У цьому випадку, слід зазначити, що для таких доріг тільки якості бітуму і асфальтобетону не завжди достатньо, щоб забезпечити як довговічність, так і стійкість до накопичення залишкових деформацій, водо- і морозостійкість асфальтобетону. Наявні різні модифікатори для бітуму і асфальтобетонних сумішей в Україні, що дозволяють значно збільшити колієстійкість асфальтобетонів з бітумом, які відповідають стандартам. Таким чином, дослідження колійності асфальтобетону, прогнозування інтенсивності колії в асфальтобетоні є актуальним завданням

Аналіз останніх досліджень

Згідно [1, 5] в залежності від категорії доріг і мостів використовують різні типи і види асфальтобетону, які розрізняються за кількістю крупного заповнювача (гравію).

Порівняння результатів випробувань колієстійкості асфальтобетону з різною

Urgency of a problem. On general use roads of Ukraine in recent years there has seen a steady increase in traffic of heavy vehicles which causes accumulation of residual strains in form of rutting in layers of asphalt coating, especially during high summer temperatures.

Violation of transverse equality in asphalt pavement in the form of rutting creates dangerous conditions for driving, as: there is increased risk of loss of vehicle control while crossing over a track, during maneuvers (eg overtaking), stagnant water in a rut can lead to hydroplaning wheels of the vehicle and as a result - dangerous driving. In addition to safety reduction stagnant water in a track leads to its more intensive development, in the winter it complicates efficient removal of snow and ice deposits, increasing slip in strip rolling and reduces safety.

According [1-4], rutting is the most difficult type of strain, its appearance on "roads in operation is unacceptable, and emerged rutting is to be urgently eliminated". This indicates that asphalt concrete with ordinary bitumen (BND) does not always meet requirements of standards. In this case, it should be noted that for such roads critical standard of quality for bitumen and asphalt concrete is not always enough to ensure both producibility, resistance to accumulation of residual strain, water and frost resistance of asphalt concrete. The current range of different modifiers for bitumen and asphalt concrete mixtures in Ukraine allows significantly increase rutting resistance of asphalt concretes with bitumen which are in compliance with standards. Therefore, research rutting asphalt concrete, prediction of intensity of rutting in asphalt concrete is urgent task.

Analysis of recent research

According to [1, 5] depending on category of roads and bridges, they use various types and kinds of asphalt concrete which differ in number of coarse aggregate (gravel).

Comparison results of stability tests of asphalt concrete with different gradation

кількістю щебеню наведено в [1]. Автори цих досліджень стверджують, що серед дрібнозернистих асфальтобетонів найнижча глибина колія є типовою для типу А, а найвища – до типу В. Піщаний асфальтобетон характеризується найвищою глибиною колії в порівнянні з дрібнозернистим асфальтобетоном, так після 25 000 проходів колеса для типу А глибина колії в 2 рази нижче, ніж для тип Г. Результати випробувань показали, що глибина колії і показник міцності на стиск при 50 °С, в якості критерію опору зсуву знаходяться в протиріччі.

За результатами досліджень, проведених в ХНАДУ [1-3], на колієстійкість асфальтобетону великий вплив має в'язуча речовина (бітум). Так, якщо кількість бітуму зменшити з 6,4% до 4,6 %, глибина колії в асфальтобетоні після 30000 проходжень колеса зменшується від 14 мм до 6 мм. Таким чином, спостерігається пряма (екстремальна) залежність при визначенні відношення між глибиною колії і вмістом бітуму, на відміну від результатів при випробуванні на згин і визначенні реологічних характеристик [4].

Мета даного дослідження – дослідити в лабораторних умовах вплив полімербітумного в'язучого на основі Polygum на колійність різних типів асфальтобетону з використанням відповідного обладнання.

На кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ були проведені дослідження дрібнозернистого асфальтобетону, який згідно стандарту відносять до типу А, Б, В і щебенево-мастиковий асфальт (ЩМА) з максимальним розміром частинок зерен 10 мм [7, 8] з використанням полімербітумного в'язучого на основі Polygum і нафтового дорожнього бітуму БНД 40/60 для визначення накопичення залишкових деформацій у вигляді колії.

Випробування колієстійкості проводили за допомогою секторного пресу, розробленого ДНТЦ Дор'якість і НТУ (рис. 1), за допомогою металевого колеса, на який створювали тиск 0,8 МПа, що передавався на асфальтобетонний зразок. Цей тиск еквівалентний навантаженню А1 (57,5 кН) при температурі + 55 °С і різній

before rutting are given in [1]. The authors of these studies claim that among these fine-grained asphalt concrete the lowest depth of rutting is typical for type A and the highest – to type B. Sand asphalt concrete is characterized by the highest rut depth compared to the fine-grained asphalt concrete, while after 25 000 passes depth rutting from wheel of type A 2 times lower than type D. The results of tests showed that rutting depth and indicator of compressive strength at 50° C, as criteria shear resistance are in contradiction.

As the results of studies conducted in HNADU [1-3], rutting resistance of asphalt concrete is greatly influenced by binder (bitumen). As the number of bitumen from 6.4% to 4.6% depth of rutting in asphalt concrete after 30,000 wheel passes is reduced from 14 mm to 6 mm. So, in determining dependence between depth of rutting and bitumen content in asphalt concrete was observed maximum (extreme), in contrast to results when tested for resistibility and determining the rheological characteristics [4].

Objective of this research – investigate in laboratory conditions effect of bituminous Polygum binder on rutting resistance of different types asphalt concrete using rutting measure.

At the Department of Road Construction Materials and Chemistry NTU were performed research of fine-grained asphalt concrete, which in grading composition related to types A, B, V and stone-mastic asphalt (SMA) with a maximum particle size of grains of 10 mm with asphalt binder Polygum" and oil bitumen BND 40/60 till accumulation of residual strains in form of rutting.

Rutting test was carried out by sector press, developed by SSTC Doryakist and NTU (Fig. 1), and loaded on a metal wheel with a pressure of 0.8 MPa, which is transferred asphalt concrete sample. This pressure is equivalent to load A1 (57.5 kN) temperature of +55 °C and varying the number of passes

кількості проходів колеса на одному сліду в прямому і зворотному напрямку за методикою, описаною в [5].

Фізичні та механічні властивості полімербітумного в'язучого на основі Polygum і бітуму нафтового дорожнього БНД 40/60, які були прийняті для приготування асфальтобетонних сумішей типу А, Б, В і ЩМА наведені в таблиці 1.

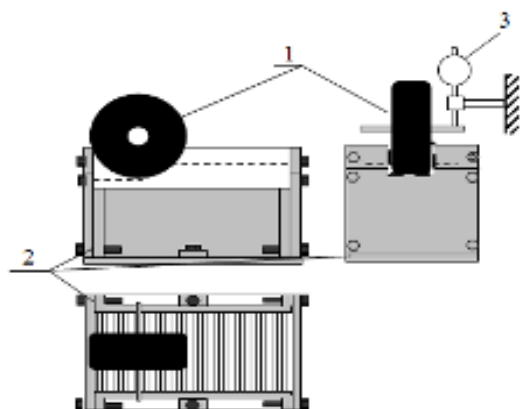


Рисунок 1 – Схема пристрою для випробування на колієстійкість асфальтобетону і накопичення залишкових деформацій: 1 - випробувальне колесо, 2 - металева форма 3 - датчик деформації

Таблиця 1 – Фізичні і механічні властивості бітумного в'язучого

Властивості	Polygum	БНД 40/60
Пенетрація при 25 °С, 0,1 мм	59	56
Температура розм'якшення, °С,	82	53
Розтяжність, при 25 °С, см	72	49
Еластичність при 25 °С, %	96	-

При визначенні колієстійкості досліджуваного асфальтобетону з полімер бітумним в'язучим на основі Polygum і бітумом БНД 40/60 була відзначена тенденція до збільшення глибини колійності зі збільшенням числа проходів колеса при температурі 55 °С (рис. 3, 4). Отримані результати показують, що асфальтобетон з полімербітумним в'язучим Polygum більш колієстійкий. Як показано на рисунку 3 асфальтобетон типу А з полімербітумним в'язучим Polygum після 20 тисяч проходів колеса має глибину колії 3,24 мм, а для типу А на основі бітуму БНД 40/60 відповідно до рис. 4 глибина колії складає 6,48 мм.

wheels on one track in forward and reverse direction by the method described in [5].

Physical and mechanical properties of bituminous Polygum binder and road oil bitumen BND 40/60, adopted for the preparation of asphalt mixtures of types A, B, V and SMA are given in Table 1.

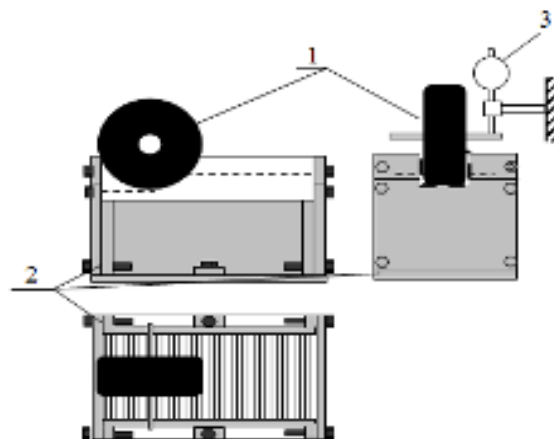
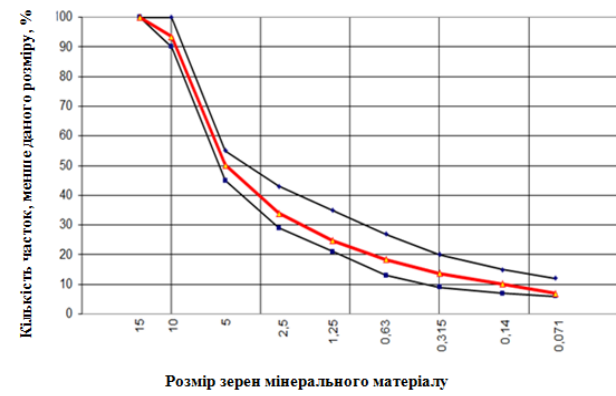


Figure 1 – Scheme of the device for testing resistance of asphalt concrete to accumulation of residual strains: test wheel, 2 - metallic form 3 - strain sensor

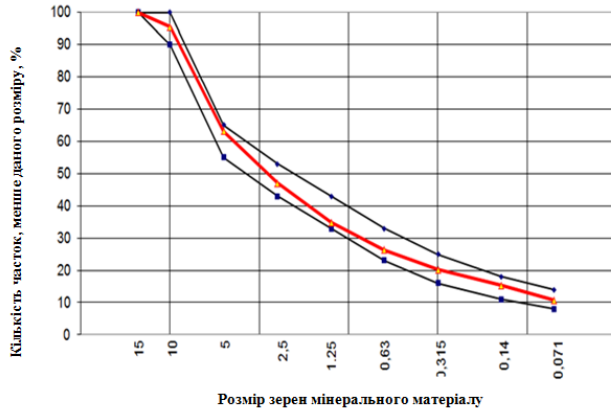
Table 1 - Physical and mechanical properties of bituminous binder

Property	Polygum	BN 40/60
Penetration at 25 °C, 0,1 mm	59	56
Softening point, °C,	82	53
Ductility, at 25 °C, sm	72	49
Elastic recovery at 25 °C, %	96	-

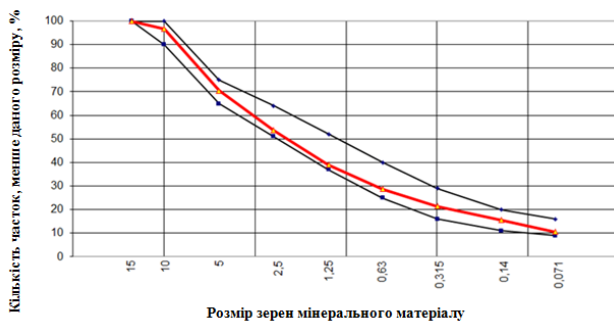
In determining rutting of studied asphalt concrete with asphalt Polygum binder and BND 40/60 was noted trend of increasing depth of rutting with increasing number of wheel passes and temperature of 55 °C (Fig. 3, 4). Obtained results show that asphalt concrete with asphalt binder Polygum is less rut resistant. As shown in Figure 3 asphalt Type A with asphalt binder Polygum after 20 thousand wheel passes has rutting depth of 3.24 mm, and for Type A asphalt with bitumen BND 40/60 according to Figure 4 rutting depth is 6.48 mm.



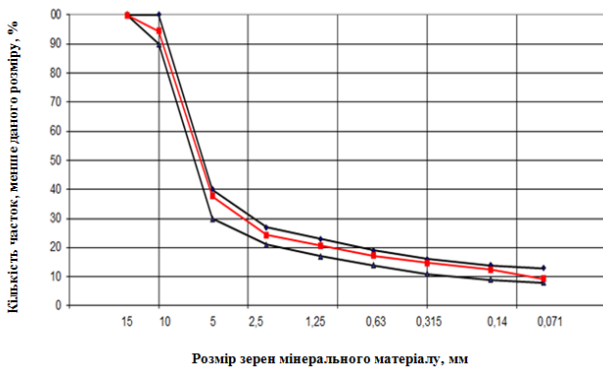
а)



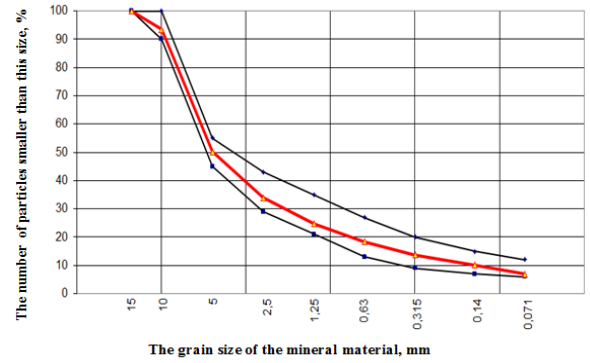
б)



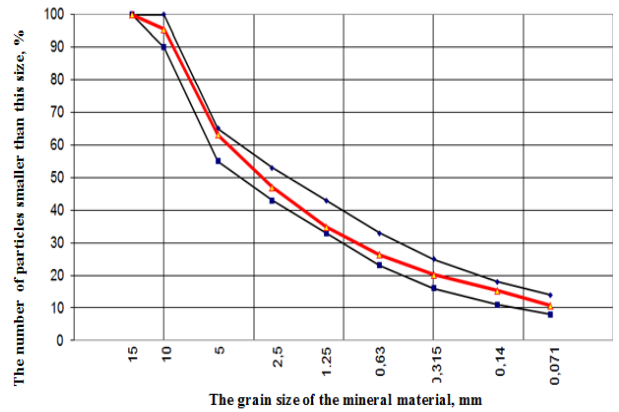
в)



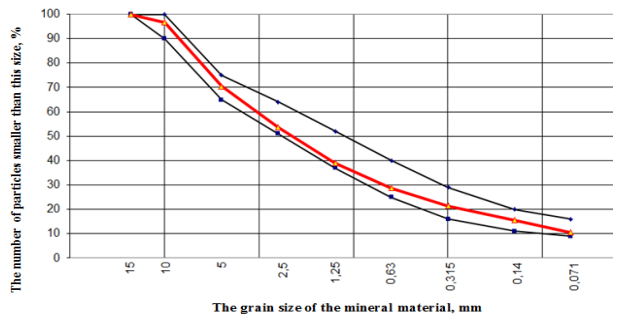
д)



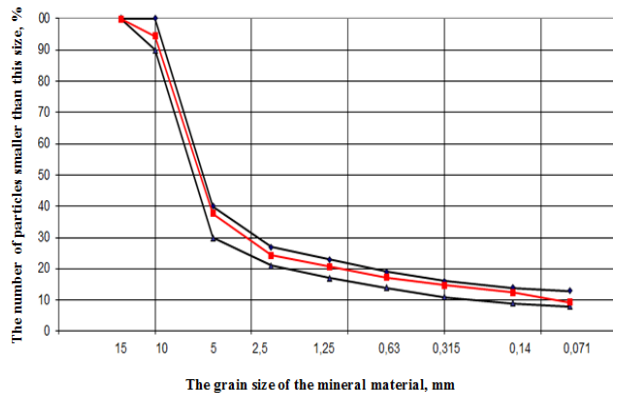
а)



б)



с)



д)

Рисунок 2 – Тип асфальтобетону: а) - тип А; б) - тип Б; в) - Тип В; д) - ЩМА

Figure 2 – Grading of asphalt concrete: а) - Type A; б) - Type B; в) - Type V; д) – SMA

Фізичні та механічні властивості асфальтобетону наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Фізичні і механічні властивості асфальтобетону

Властивість	Тип А		Тип Б		Тип В		ЩМА	
	Polygum	БНД 40/60	Polygum	БНД 40/60	Polygum	БНД 40/60	Polygum	БНД 40/60
Водонасичення, % за об'ємом	1,6	1,9	1,52	1,85	1,65	2,00	2,6	1,8
Міцність при стиску, МПа, при 20 °С	5,9	5,1	7,4	5,3	7,8	5,5	5,3	4,2
	2,8	1,39	2,9	1,4	3,1	1,4	2,6	1,4
			5	5	7	5	5	5
Коефіцієнт водостійкості	1,0	1,0	1,0	0,99	1,0	0,99	1,0	1,0
Оптимальний вміст бітуму в асфальтобетоні, %	5,6	6,2	6,0	6,5	6,3	6,7	6,0	6,2

Physical and mechanical properties of asphalt concrete are given in Table 2.

Table 2 – Physical and mechanical properties of asphalt concrete

Property	Type A		Type B		Type V		SMA	
	Polygum	BND 40/60	Polygum	BND 40/60	Polygum	BND 40/60	Polygum	BND 40/60
Water saturation, % for volum	1,6	1,9	1,52	1,85	1,65	2,00	2,6	1,8
Critical compression strength, MPa, at 20 °C	5,9	5,1	7,4	5,3	7,8	5,5	5,3	4,2
	2,8	1,39	2,95	1,45	3,1	1,47	2,6	1,45
							65	
Coefficient of prolonged water resistance	1,0	1,0	1,0	0,99	1,0	0,99	1,0	1,0
Optimal content of bitumen in asphalt, %	5,6	6,2	6,0	6,5	6,3	6,7	6,0	6,2

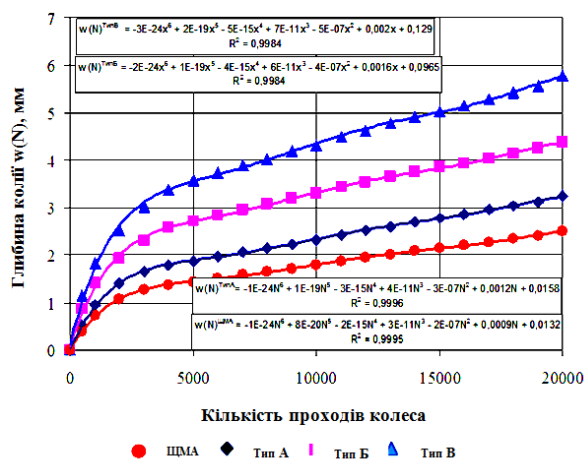


Рисунок 3 – Залежність глибини колії від кількості проходів колеса в досліджуваних асфальтобетонах з в'язучим Polygum

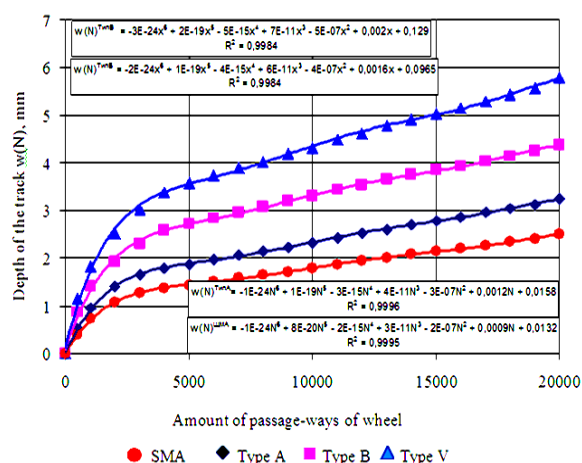


Figure 3 – Dependence of rutting depth on number of wheel passes in the studied asphalt concrete with polygum binder

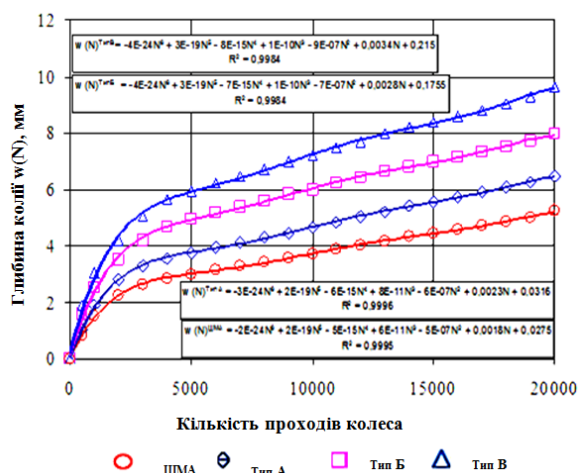


Рисунок 4 – Залежність глибини колії від кількості проходів колеса в досліджуваних асфальтобетонах на бітумі БНД 40/60

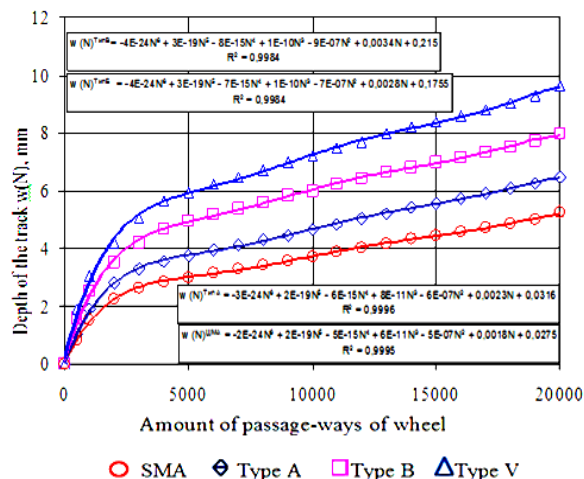


Figure 4 – Dependence of rutting depth on number of wheel passes in the studied asphalt concrete with bitumen BND 40/60

Дані показують, що асфальтобетон з в'язким Polygum (рис. 3) мають майже в 1,5-2 рази менше колю, ніж асфальтобетон з бітумом БНД 40/60 (рис. 4). Також на основі результатів дослідження (рис. 3, 4) досліджено вплив вмісту щебеню на інтенсивність утворення колії рис.5.

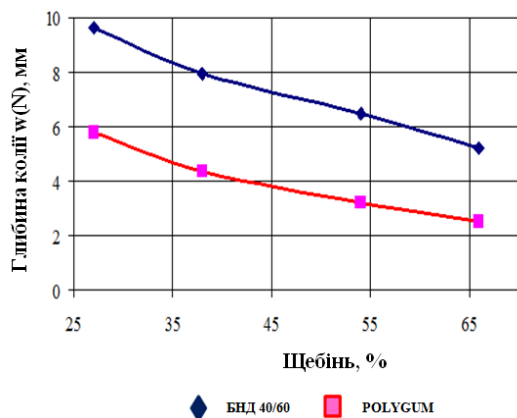


Рисунок 5 - Залежність глибини колії після 20000 проходів колеса для асфальтобетонів з різним вмістом щебеню

Висновки

Результати досліджень показують, що критерій колійності дуже чутливий до в'язкості бітумних в'язучих. Це слід враховувати при приготуванні бітумних сумішей для різних кліматичних умов експлуатації асфальтобетонного покриття.

Всі досліджувані асфальтобетони з в'язким Polygum мають в 1,5-2 рази менше глибину колії, ніж асфальтобетони з бітумом БНД40 / 60.

Також встановлено, що зі збільшенням вмісту щебеню в асфальтобетоні з в'язким Polygum, наприклад, з 66 % щебеню глибина колії складає 2,5 мм, а при 27% щебеню глибина колії складає вже 5,79 мм. Таким чином глибина колії зі зменшенням кількості щебеню збільшилася в 2,3 рази.

Література

1. Жданюк В.К., Яценко В.М., Чугуєнко С.А., Воловик О.О. До питання про методи оцінки та показники зсувостійкості // Автошляховик України - 2008. - № 3. - Р.28-30.
2. Жданюк В.К., Даценко В.М. Стійкість асфальтобетонів різних типів до накопичення пластичних деформацій у вигляді колії //

This indicates that studied asphalt concrete with Polygum binder (Fig. 3) have in almost 1.5-2 times less rutting than asphalt concrete with bitumen BND 40/60 (Fig. 4). Also based on the results of the study (Fig. 3, 4) the influence of gravel content on intensity of asphalt concrete rutting Fig.5.

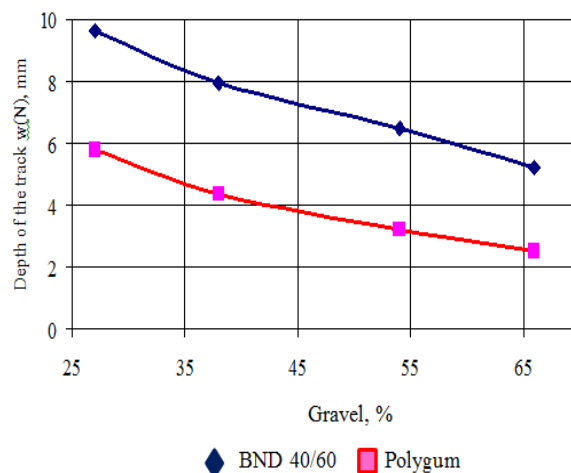


Figure 5 – Dependence of rutting depth after 20,000 wheel passes in studied asphalt concrete on gravel content

Conclusions

Research results indicate that rutting criterion is quite sensitive to the viscosity of bituminous binders. This should be taken into account for preparation of bituminous mixtures for different climatic conditions of asphalt pavement operation.

All studied Polygum bituminous binder have 1.5-2 times less rutting than asphalt with BND40/60 bitumen.

It is also found that with increasing content of gravel in asphalt with Polygum binder for example with 66% gravel rutting depth is 2.5 mm, and with 27% gravel rutting is 5.79 mm. Rutting depth with decrease of gravel increased 2.3 times.

References

1. Zhdanyuk V.K., Datsenko V.M., Chuhuyenko S.A., Volovik O.O. On the evaluation methods and indicators shearing asphalt concrete. // Avtoshlyahovyk Ukraine. - 2008. - № 3. - P.28-30.
2. Zhdanyuk V.K., Datsenko V.M. Stability asphalt concrete different types and kinds of plastycal accumulattion of strain in the form

- Автошляховик України - 2009. - № 1. С. 31-34.
3. Жданюк В. К., Даценко В. М., Зражевец Е. М., Чугуенко С. А., Воловик А. А. Устойчивость асфальтобетонов различных гранулометрических типов к накоплению пластических деформаций в виде колеи // Материалы юбилейной научно-технической конференции./ 80 лет Белорусской дорожной науке. – Минск, 2008. – С. 105–111.
4. Золотарев В.А. Закономерности деформирования и разрушения битумов и асфальтобетонов как основа улучшения и регулирования их свойств. — дис....докт. техн. наук. 05.23.05 / Золотарев В.А. — Москва, 1983. — 575 с.
5. СОУ 45.02-00018112-020: 2009 Дорожній асфальтобетон. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій./ Мозговий, В.В. Онищенко А.М. та інші
6. Технічні правила ремонту і технічного обслуговування автомобільних доріг загального користування України П-Г.1-218-113-2009.
7. ДСТУ.2.7-119-2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови / Мозговий В.В., Онищенко А.М. та інші.
8. ДСТУ 2.7-127: 2006 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови / Золотарьов В.О., Мозговий В.В., Жданюк В.К., і інші.
- of rutting // Avtoshlyahovyk Ukraine. - 2009. - № 1. S. 31-34.
3. Zhdanyuk V.K., Datsenko V.M., Zrazhevets E.M., Chuhuenko S.A., Volovik A.A. Stability asphalt concrete different types and kinds of plastycal accu -mulattion of strain in the form of rutting / / Proceedings science and technology conference. / 80 years Beloruskoy dorozhnoy science. Minsk 2008. S. 105-111.
4. Zolotarev V.A. Patterns of deformation and fracture of bitumen and asphalt concrete as a base to improve and control their properties. - Dis. ... Dokt.tehn.nauk. - 05.23.05 / VA Zolotarev - Moscow, 1983. - 575 p.
5. SOU 45.02-00018112-020:2009 Road bituminous Concrete i. Test method for resistance to the accumulation of residual strains./ Mozgovoy V.V., Onischenko A.M. and other
6. Technical rules of repair and maintenance of the vehicle steadily public roads Ukraine U-D.1-218-113-2009.
7. DSTU.2.7-119-2011 Building materials. Asphaltic concrete mixtures, road and aerodromes asphaltic concrete. Specifications./ Mozgovoy V.V., Onischenko A.M. and other.
8. DSTU.2.7-127:2006 Building materials. Stone mastic road concrete mix and stone mastic asphalt. Specifications./ Zolotarev V.A., Mozgovoy V.V., Zhdanyuk V.K., and other.

Рецензенти:

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **04.10.2016 р.**

УДК 625.72

Ряпухін В.М., канд. техн. наук, Саркісян Г.С.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНІСНИХ І ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА КРИВИМИ ПРОГІНІВ

Анотація. У статті розглянуто особливості визначення міцнісних і деформативних характеристик шарів дорожнього одягу за кривими прогинів. Проведений аналіз існуючих методів оцінки міцності дорожніх одягів. Запропонований новий удосконалений метод розрахунку нежорстких дорожніх одягів за кривою прогинів з урахуванням розподільчої здатності покриття і основи.

Об'єкт дослідження – нежорсткий дорожній одяг.

Мета роботи – удосконалення методу розрахунку нежорстких дорожніх одягів за кривою прогинів.

Методи дослідження – аналітико-експериментальні.

Ключові слова: дорожній одяг, метод розрахунку, модуль пружності, розподільча здатність, крива прогинів.

UDC 625.72

Riapukhin V.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Sarkisian H.S.

FEATURES OF CALCULATION OF STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF FLEXIBLE ROAD PAVEMENT LAYERS USING DEFLECTION CURVES

Abstract. This article considers the features of the calculation of the strength and deformation characteristics of road pavement layers using deflection curves. The current methods of road pavement strength calculation are analyzed. An advanced method of flexible road pavement calculation using deflection curves is proposed taking into account the distributive capacity of pavement (coating) and base. The object of research is flexible road pavement.

The purpose is to improve the method of flexible road pavement calculation using deflection curves.

The research methods are analytical and experiment based ones.

Keywords: road pavement, calculation method, elasticity modulus, distributive capacity, deflection curve.

УДК 625.72

Ряпухин В.Н., канд. техн. наук, Саркисян Г.С.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИВЫМ ПРОГИБОВ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности определения прочностных и деформативных характеристик слоев дорожной одежды по кривым прогибов. Проведен анализ существующих методов оценки прочности дорожных одежд. Предложен новый усовершенствованный метод расчета нежестких дорожных одежд по кривой прогибов с учетом распределительной способности покрытия и основания.

Объект исследования – нежесткая дорожная одежда.

Цель работы – усовершенствование метода расчета нежестких дорожных одежд по кривой прогибов.

Методы исследования – аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: дорожная одежда, метод расчета, модуль упругости, распределительная способность, кривая прогибов.

Вступ

Основними тенденціями розвитку сучасного транспортного процесу є значне зростання інтенсивності, збільшення навантажень на вісь транспортних засобів, збільшення долі важких вантажних автомобілів у складі руху транспорту. Ці фактори зумовлюють зростання вимог до міцності і надійності автомобільної дороги. Тому необхідно приділяти велику увагу оперативності та надійності визначення міцнісних та деформативних характеристик дорожніх одягів, що експлуатуються або вводяться в експлуатацію.

Для оцінки міцності дорожніх одягів за виміряною величиною прогину застосовують методи статичного і динамічного навантаження на конструкцію дорожнього одягу [1-3]. Існуючі методи оцінки міцності нежорстких дорожніх одягів за величиною прогину покриття дають змогу визначити тільки загальний модуль пружності, а для визначення модулів пружності шарів покриття необхідні пошарові випробування жорстким штампом з розкриттям дорожнього одягу. Розкриття дорожнього одягу, по-перше, є доволі трудомісткою роботою, по-друге, при цьому руйнується покриття дорожнього одягу.

Існують також методи діагностики дорожніх одягів на вібраційній основі. Зокрема, це випробування щодо визначення розрахункових характеристик асфальтобетонних шарів дорожнього одягу та їх товщини за параметрами розповсюдження поверхневих хвиль Релея від імпульсного навантаження [4]. Такі методи дозволяють визначити модуль пружності верхнього шару покриття, але не дають достатньої інформації про його стан та модуль пружності основи.

На даний час конструювання та розрахунки дорожніх одягів зведено до автоматизованого розрахунку за основними критеріями міцності. Для підвищення надійності та достовірності проектування підсилення чи реконструкції дорожнього одягу необхідно мати дані модулю пружності основи, фактичного модулю пружності шару покриття та товщини покриття. На цей час це досить затратна та трудомістка задача.

Introduction

The main trends of the development of a modern transport process are the considerable increase of traffic intensity and load on a vehicle axle as well as a heavy truck share in a transport traffic flow. These factors stipulate tough requirements to road strength and reliability. So, it is necessary to focus on efficiency and reliability of the calculation of the strength and deformation characteristics of pavement which is commissioned or in operation.

The methods of static and dynamic loading on a pavement structure are applied to evaluate the strength of pavement by the basis of the measured value of the deflection [1-3]. The current methods of flexible pavement strength evaluation by the value of surface deflection allow determining the overall modulus of elasticity, but it is necessary to carry out layer-by-layer tests using rigid stamp with removal of a top pavement layer for determination of the elastic moduli of the layers below. The removal of the top pavement layer is time-consuming work and the road coating is ruined.

There are also methods of pavement evaluation based on vibrating. In particular, it is the test for determination of the design characteristics and thicknesses of pavement asphalt layers by the parameters of Rayleigh surface wave propagation generated by impulse load [4]. The methods allow us to determine the elastic modulus of the top layer of pavement, though these methods do not give full information about its state and the elastic modulus of a base.

At present, the designing and calculation of pavements involve automated calculation using the basic strength criteria. It is necessary to have the data of both the elastic modulus of a base and the factual elastic modulus of a surface layer as well as surface thickness to improve reliability and validity of the design of road coating reinforcement and reconstruction. Today, it is a quite costly and labour-intensive process.

Основна частина

Метод, розроблений на кафедрі вишукувань та проектування доріг і аеродромів ХНАДУ [5, 6], полягає у поєднанні підповерхневого неруйнуючого зондування та вимірювання статичних або динамічних прогинів за спеціальною методикою, що дозволяє оцінити товщину та стан шарів покриття, визначити загальний модуль пружності дорожнього одягу та модулі пружності основи та монолітного шару покриття. Прийнята розрахункова схема і математична модель мають свої недоліки. По-перше, модуль пружності шару визначається за номограмою, наведеною в [7], яка враховує співвідношення товщини шару до діаметру площі прикладення навантаження та співвідношення загального модуля пружності до модуля шару. Розподільчі властивості конкретного шару не враховуються. Модулі пружності як монолітного так і шару основи визначається за однією і тією ж номограмою, хоча коефіцієнти розподільчої здатності цих шарів суттєво відрізняються. По-друге, якщо монолітних шарів покриття декілька, то визначається еквівалентний модуль пружності плити у випадку, коли шари покриття мають спаяний контакт. А це, як правило, не завжди відповідає фактичному стану речей.

У зв'язку з цим було взято за мету удосконалення методу оцінювання міцнісних і деформативних характеристик шарів нежорстких дорожніх одягів за параметрами кривої прогинів.

Для досягнення поставленої мети були визначені три основні проблеми:

- врахувати розподільчі властивості покриття («плитний ефект») [8];
- врахувати розподільчі властивості несучої основи;
- вирішити зворотну задачу по відновленню модулів покриття і основи за фактичними параметрами чаші прогинів.

Дані пошукового експерименту дозволяють встановити орієнтовні значення характеристик розподільчої здатності різних за структурою шарів основи [4].

Для монолітних шарів основи коефіцієнт

Main part

The method, which is developed at the Research and Designing of Highways and Aerodromes Department in Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU) [5, 6], is a combination of a subsurface nondestructive sounding and the measuring of static or dynamic deflections using a special technique to evaluate a pavement layer thickness and state, determine the overall pavement elastic modulus of road coating and the elastic modulus of both a base and cast-in-situ pavement layer. The conventional design scheme and mathematical model have their disadvantages. First, the elastic modulus of a layer is determined by nomogram that is given in [7] which takes into account the ratio between layer thickness and the diameter of load application area and the ratio between an overall elastic modulus and a layer modulus. The distributive properties of a separate layer are not taken into account. The elastic moduli of both a cast-in-situ pavement layer and a base layer are determined by the same nomogram though the rates of the distributive properties of these layers are significantly different. Second, if there are several cast-in-situ pavement layers, the equivalent elastic modulus of a slab is determined when pavement layers have a joined contact. However, usually it does not correspond to a real situation.

In connection with it, the improvement of the evaluation method of the strength and deformation characteristics of flexible road pavement layers using the parameters of the deflection curve has become the aim of research.

To achieve this aim three main problems are defined:

- to consider the distributive properties of pavement ("slab effect") [8];
- to take into account the distributive properties of the carrying base;
- to solve an inverse problem to renovate pavement and base moduli using the real parameters of the deflection bowl.

The data of the exploratory experiment allow determining the approximate values of **the** characteristics of the distributive properties of structurally different base layers [4].

For the cast-in-situ base layers the coefficient

розподільчої здатності знаходиться в межах 0,85 – 0,95, що узгоджується з розподільчою здатністю шарів покриття і в цьому випадку рішення теорії пружності не потребують додаткового уточнення:

- для шарів основи з щільного незв'язного матеріалу (щебенево-піщана суміш, ґрунтово-піщана суміш і рядового щебеню) показник розподільчої здатності в межах 0,75 – 0,8 і в цьому випадку напружено-деформований стан конструкції потребує уточнення по теорії пружності;

- дискретні шари (фракційний щебінь, гравійні матеріали) мають найменший показник розподільчої здатності, більш концентровану передачу зусиль і при випробуваннях дуже складно отримати стабільні результати, так як потребується попереднє «обтиснення» і доущільнення конструкції.

Визначення деформаційних характеристик покриття і основи нежорстких дорожніх одягів за прийнятими методиками [4, 6] в порівнянні з іншими методами має низку переваг.

Але треба звернути увагу на наступне:

- для визначення форми чаші прогинів заміряють прогини на різній відстані від місця прикладення навантаження;

- обробка результатів вимірювання прогинів за розрахунково-аналітичною системою [5, 6] показує, що для кожної пари прогинів визначаються модулі пружності, які в загальному випадку не співпадають іноді на 20 – 30 відсотків.

Відповідно до прийнятої математичної моделі та алгоритму обробки результатів польових досліджень [5] були відновлені криві чаші прогинів, за модулями пружності покриття і основи, що визначали для різних ділянок чаші прогинів.

Сімейство кривих чаші прогинів розташовується в досить вузькій області навколо фактичної (експериментальної) кривої прогинів (рис.1), що дає змогу методами математичної статистики визначити апроксимуючу криву чаші прогинів.

Для такої системи можливо вирішити зворотну задачу із визначення ймовірних модулів пружності окремих шарів дорожнього одягу за параметрами кривої

of the distributive capacity is 0.85 – 0.95 that is consistent with the distributive capacity of pavement layers and in this case the solution of the elasticity theory does not require additional adjustment:

- for the base layers having compacted non-cohesive material (sand-macadam mixture, soil-sand mixture and conventional macadam) the value of distributive capacity is 0.75 – 0.8 and in this case the stressedly-deformed state of a structure needs adjustment in terms of the elasticity theory;

- discrete layers (fractional macadam, gravel materials) have the lowest value of the distributive capacity and more concentrated load transfer, so during tests it is very difficult to obtain stable results because it is necessary to carry out a "precompression" and additional compaction of a structure.

Determination of the deformation characteristics of flexible road coatings and base using current methods [4, 6] compares favorably with other methods.

However, special attention should be paid to the following:

- deflections are measured at different distances from the point of load application to determine a deflection bowl shape;

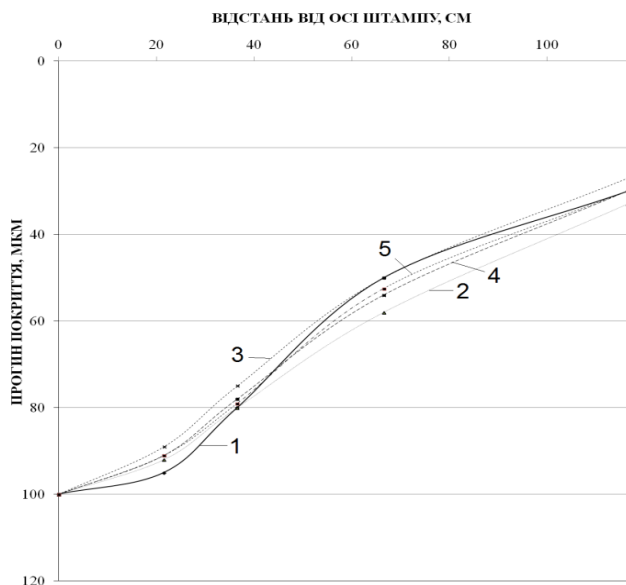
- the processing of deflection measurement results using a design-analytical system [5, 6] indicates it that elastic moduli are calculated for each pair of deflection which generally do not coincide by 20 to 30 per cent sometimes.

In accordance with the current mathematical model and algorithm of the processing of field test results [5], deflection bowl curves have been renewed using the elastic moduli of both pavement and base that were determined for different sections of the deflection bowl.

The assemblage of the deflection curves is located in a fairly narrow range around the actual (experimental) deflection curve (Figure 1) that allows to calculate an approximate deflection bowl curve using the methods of mathematical statistics.

For such a system it is possible to solve an inverse problem to determine probable elastic moduli for separate layers of road coating using the parameters of the deflection curve.

прогинів.



1 – Фактична крива прогинів; 2 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 36,6 см від вісі штамп); 3 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 66,6 см від вісі штамп); 4 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 116,6 см від вісі штамп); 5 – Розрахункова крива ймовірних прогинів покриття

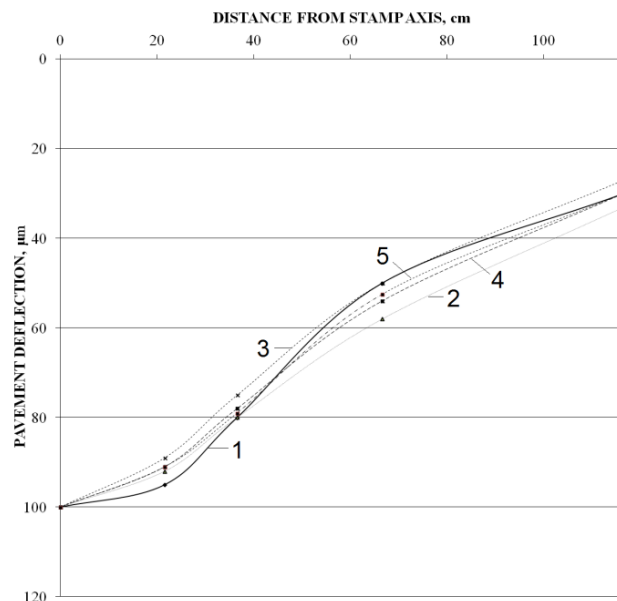
Рисунок 1 – Сімейство кривих прогинів

Висновки

Запропонований метод обробки результатів польових досліджень дорожніх одягів дозволить отримувати більш достовірну і повну інформацію про стан шарів дорожнього одягу при застосуванні лише неруйнівних засобів діагностики. А методи неруйнівного контролю є дуже ефективними, завдяки їх низькій трудомісткості, високій точності одержуваних результатів, інформативності та можливості безперервного і безконтактного процесу спостереження.

Література

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1977.
2. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Обзорная информация. / Автомобильные дороги. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2002. – №5. –



1 – Actual deflection curve; 2 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 36.6 cm from the axis of stamp); 3 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 66.6 cm from the axis of stamp); 4 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 116.6 cm from the axis of stamp); 5 – Calculated probable deflection curve

Figure 1 – Assemblage of deflection curves

Conclusions

The proposed method of the processing of road coating field test results allows receiving more valid and complete data about the state of pavement layers when using non-destructive diagnostic tools. Non-destructive testing methods are very effective due to their low labour intensity, high accuracy of results, informative content and a contactless and continuous monitoring process.

References

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1977.
2. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Обзорная информация. / Автомобильные дороги. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». –

С. 60-65.

3. Леонович И.И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебник для вузов. – Минск: БНТУ, 2002.

4. РВ. 2.3-218-02071168-730:2008 Рекомендації з визначення розрахункових характеристик і товщини асфальтобетонних шарів дорожніх одягів. – Чинний від 01.01.2008.

5. Звіт про науково-дослідну роботу за договором № 16/37-55-14 Лабораторно-польові дослідження для відпрацювання та узгодження змісту та порядку польових випробувань нежорстких дорожніх одягів та математичної обробки результатів випробувань. Розробка математичної моделі та алгоритму обробки результатів випробувань для розрахунково-аналітичної системи. – Харків: ХНАДУ, 2015.

6. МР В.2.3-02071168-856:2015 Методичні рекомендації щодо проведення випробувань міцнісних та деформаційних характеристик монолітних шарів дорожнього одягу із використанням методів неруйнівного контролю і обробки отриманих даних. – Чинний від 09.12.2015.

7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу. – Чинний від 01.01.2005.

8. Казарновский В.Д., Лейтланд И.И., Попов М.Л. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / Наука и техника в дорожной отрасли. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2004. – №1. – С. 33-34.

2002. – №5. – С. 60-65.

3. Леонович И.И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебник для вузов. – Минск: БНТУ, 2002.

4. РВ. 2.3-218-02071168-730:2008 Рекомендації з визначення розрахункових характеристик і товщини асфальтобетонних шарів дорожніх одягів. – Чинний від 01.01.2008.

5. Звіт про науково-дослідну роботу за договором № 16/37-55-14 Лабораторно-польові дослідження для відпрацювання та узгодження змісту та порядку польових випробувань нежорстких дорожніх одягів та математичної обробки результатів випробувань. Розробка математичної моделі та алгоритму обробки результатів випробувань для розрахунково-аналітичної системи. – Харків: ХНАДУ, 2015.

6. МР В.2.3-02071168-856:2015 Методичні рекомендації щодо проведення випробувань міцнісних та деформаційних характеристик монолітних шарів дорожнього одягу із використанням методів неруйнівного контролю і обробки отриманих даних. – Чинний від 09.12.2015.

7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу. – Чинний від 01.01.2005.

8. Казарновский В.Д., Лейтланд И.И., Попов М.Л. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / Наука и техника в дорожной отрасли. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2004. – №1. – С. 33-34.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Onyschenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **30.09.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 657.922:330.43

Савенко В.Я., д-р техн.наук, Бондаренко Л.П., канд.техн.наук, Усиченко О.Ю., канд.техн.наук

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ОЦІНЦІ НЕРУХОМОСТІ

Анотація. В роботі проводиться аналіз доцільності застосування методів математичного моделювання для прийняття управлінських рішень в оцінці нерухомості. Проводиться алгоритмізація математичних методів та підходів при реалізації порівняльного підходу в оцінці об'єктів нерухомості. Визначено основні критерії вибору того чи іншого методу. Проаналізовано метод визначення коригуючих поправок на основі розв'язання системи лінійних рівнянь, який дозволяє обгрунтовано обирати величину коригуючих поправок при застосуванні порівняльного підходу.

Об'єкт дослідження – математичні методи оцінки об'єктів нерухомості

Мета дослідження – проаналізувати доцільність застосування методів математичного моделювання для прийняття управлінських рішень в оцінці нерухомості

Методи дослідження: аналітичні

Ключові слова: математичні методи, нерухомість, об'єкт оцінки, порівняльний підхід, управлінські рішення

УДК 657.922:330.43

Савенко В.Я., д-р техн.наук, Бондаренко Л.П., канд.техн.наук, Усиченко О.Ю., канд.техн.наук

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОЦЕНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В работе проводится анализ целесообразности применения методов математического моделирования для принятия управленческих решений в оценке недвижимости. Проводится алгоритмизация математических методов и подходов при реализации сравнительного подхода в оценке объектов недвижимости. Определены основные критерии выбора того или иного метода. Проанализирован метод определения корректирующих поправок на основе решения системы линейных уравнений, который позволяет обоснованно выбирать величину корректирующих поправок при применении сравнительного подхода.

Объект исследования - математические методы оценки объектов недвижимости

Цель исследования - проанализировать целесообразность применения методов математического моделирования для принятия управленческих решений в оценке недвижимости

Методы исследования: аналитические

Ключевые слова: математические методы, недвижимость, объект оценки, сравнительный подход, управленческие решения

UDC 657.922:330.43

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., Bondarenko L.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Usychenko O.Y., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

USE OF MATHEMATICAL MODELING FOR DECISION MAKING IN PROPERTY VALUATION

Abstract. The paper analyzes the feasibility of the mathematical modeling use for decision making in property evaluation. Mathematical algorithmic methods and approaches in the implementation of the comparative approach in evaluating real estate are performed. The main criteria for choosing a method are identified. The

method for determining corrective amendments based on solving systems of linear equations that can reasonably choose the size of corrective amendments in the application of comparative approach is analyzed.

The object of study - Mathematics methods for evaluation of property objects

The aim - to analyze the feasibility of mathematical modeling methods for decision making in property evaluation

Methods: analysis

Keywords: facility assessments, property, mathematical methods, comparative approach, management decisions

На сьогоднішній день методи математичного моделювання – є один з найбільш ефективних інструментаріїв в дослідженні складних явищ та процесів і різних галузях народногосподарської діяльності людини. Не є виключенням і оцінка майна та нерухомості, як прикладна частина сучасного економічного аналізу, основне завдання якої полягає у встановленні найбільш можливої ціни продажу або покупки активу на основі аналізу динаміки сил попиту та пропозиції на цей актив на відповідному сегменті відкритого активного ринку. Вимоги до якості оцінки постійно зростають, і тут математика здатна і може надати величезну допомогу оцінювачеві в доказі об'єктивності результатів своєї роботи.

Використання математики в дослідженні економічних процесів, у тому числі й в оцінці, дозволяє:

- виділити і формалізовано описати найбільш важливі зв'язки між економічними змінами, які описують процеси або явища;
- оцінити форму і параметри зв'язків між змінами, що відповідають фактичним спостереженням;
- точно і компактно викласти окремі положення теорії оцінки, математично описавши підходи і методи оцінки;
- обґрунтовано приймати найбільш ефективні управлінські рішення щодо об'єкта оцінки.

Визначення ринкової вартості, як найбільш можливої ціни продажу майнових прав, прийняте в міжнародних і європейських стандартах оцінки, обумовлено стохастичною природою самого ринку прав на власність, як економічної системи, функціонування якої відбувається під впливом безлічі факторів, які, з математичної точки зору, можуть і повинні розглядатися як випадкові змінні, формуючи в остаточному підсумку результуючий показник - ринкову вартість. Все це визначає імовірнісний характер самого процесу оцінки і робить можливим і

Nowadays methods of mathematical modeling - is one of the most effective tools in the study of complex phenomena and processes and various sectors of national economic activity. The evaluation of property and real estate as part of modern applied economic analysis is not the exception, the main task of which is to establish the best possible selling price or purchase the asset on an analysis of the dynamics of power supply and demand for the asset in the relevant segment of active open market. Quality requirements are increasing evaluations and mathematics is capable of providing great help to the evaluators in demonstration objectivity of the results of their work.

The use of mathematics in the study of economic processes, including in the assessment, allows:

- identify and describe the most important formalized links between economic changes that describe the processes or phenomena;
- evaluate the shape and parameters of links between changes that correspond to the actual observation;
- accurately and compactly lay out some evaluation of the theory, mathematically describing the approaches and methods of assessment;
- reasonably take the most effective management decisions on facility assessment.

The determination of the market value, as the possible sale price of property rights, adopted in international and European standards of assessment, is provided by the stochastic nature of the market property rights, as an economic system, the functioning of which is influenced by many factors, from a mathematical point of view, may should be treated as random variables, forming eventually resulting indicator - the market value. This determines the probabilistic nature of the assessment process and makes it

необхідним застосування оціночних процедур, заснованих на принципах імовірнісного статистичного аналізу.

На сьогоднішній день при оцінці об'єктів нерухомості найчастіше застосовується порівняльний підхід. В рамках даного підходу всі формалізовані методи його реалізації можна розділити на дві групи [1,2]:

- 1) методи, що базуються на апараті матричної алгебри;
- 2) статистичні методи.

Вибір того чи іншого математичного методу залежить в першу чергу від кількості і якості вихідної інформації про об'єкти-аналоги. Кожна група методів має певні вимоги до вихідної інформації і передумови реалізації обчислювальних процедур, ступінь виконання яких визначає достовірність результату оцінки.

За наявності достатньо великої кількості даних про об'єкти-аналоги (кількість аналогів в 6-7 разів перевищує кількість ціноутворюючих факторів), перевагу слід віддавати статистичним методам, які дозволяють виявити закономірності на фоні випадковостей; будувати багатofакторні моделі оцінки і на їх основі отримувати обґрунтовані висновки і прогнози.

Однак, при обмеженій кількості даних про аналогічні об'єкти коректне застосування статистичних методів практично не можливе. В цьому випадку слід шукати інші формалізовані підходи щодо розрахунку поправок, які враховують відмінності між об'єктом оцінки і аналогами. Одним із таких методів – є метод визначення коригуючих поправок на основі розв'язання системи лінійних рівнянь [3,4]

Дана методика може застосовуватися у випадку, якщо кількість відібраних об'єктів-аналогів на одиницю перевищує кількість ціноутворюючих факторів, за якими здійснюється порівняння об'єкта оцінки з аналогами, тобто виконується умова:

$$n = m + 1 \quad (1)$$

де n - кількість об'єктів-аналогів;
 m - кількість ціноутворюючих факторів, за

possible and necessary to apply assessment procedures based on the principles of probabilistic statistical analysis.

Today in evaluating real estate objects often used a comparative approach. Under this approach, all formalized methods of implementation can be divided into two groups [1,2]

- 1) methods based on the unit matrix algebra;
- 2) statistical methods.

The choice of the mathematical method depends primarily on the quantity and quality of the output data of the analogs. Each group of methods has certain requirements for initial information and background computing implementation procedures of performance of which determines the reliability evaluation.

If a sufficiently large number of data objects-analogues (number of analogues in 6-7 times the number of pricing factors) should be preferred statistical methods that can detect patterns in the background of chance; build multifactor models of assessment and, based on sound findings and receive inventory forecasts.

However, when there is limited data on similar objects, the proper application of statistical methods is virtually impossible. In this case, it is necessary to look for other formal approaches to the calculation of corrections that take into account the differences between the object evaluation and analogues. One such method - a method of determining the corrective amendments based on solving systems of linear equations [3,4]

This technique can be used if the number of objects selected analog unit exceeds the number of pricing factors on which the comparison with analogues of the assessment, ie the condition:

$$n = m + 1 \quad (1)$$

where n - the number of objects-analogues;
 m - number of pricing factors for which adjustment is made.

якими проводиться коригування.

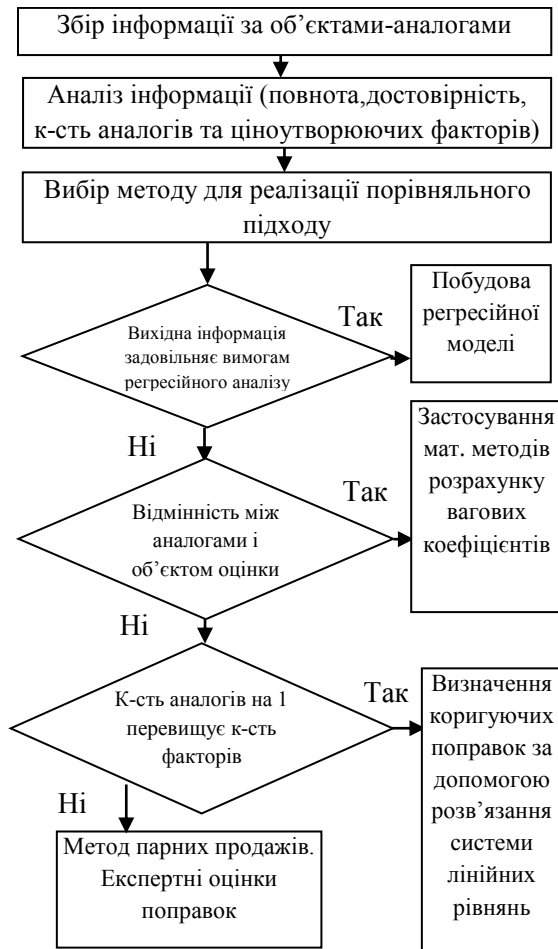


Рисунок 1 – Алгоритм вибору методу реалізації порівняльного підходу в оцінці нерухомості

Оцінка ринкової вартості об'єкта нерухомості з використанням інформації про ціну і-го аналога може бути отримана наступним чином:

$$V_0 = P_i + \sum_{j=1}^M \Delta P_{ij} \quad (2)$$

де V_0 – вартість об'єкта оцінки,
 P_i – ціна і-го аналога,
 ΔP_{ij} – коригування ціни і-го аналога на відмінність об'єкта оцінки по j-ому ціноутворюючому фактору.
 Відповідно до моделі (2) необхідно послідовно порівняти об'єкт, що оцінюється з кожним із відібраних об'єктів-аналогів. В результаті отримаємо систему лінійних рівнянь:

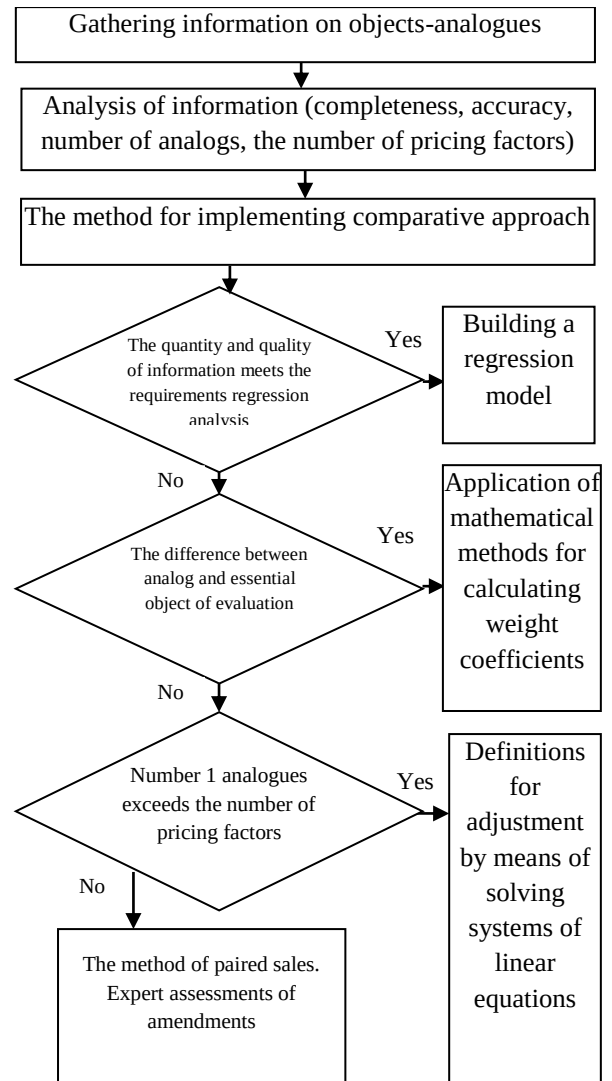


Figure 1 - Algorithm selection method of the comparative approach in evaluating real estate

Evaluation of the market value of the property using the information on the price of i-analogue may be obtained as follows:

$$V_0 = P_i + \sum_{j=1}^M \Delta P_{ij} \quad (2)$$

where V_0 - value of the assessment,
 P_i - price and second analogue,
 ΔP_{ij} - adjustment for the i-th analogue to the difference of the assessment to the j-th pricing factors.

According to the model (2) should consistently comparable facility, estimated to each of the selected objects-analogues. The result is a system of linear equations:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= P_1 + \Delta P_{11} + \Delta P_{12} + \dots + \Delta P_{1m} \\
 V_0 &= P_2 + \Delta P_{21} + \Delta P_{22} + \dots + \Delta P_{2m} \\
 &\vdots \\
 V_0 &= P_n + \Delta P_{n1} + \Delta P_{n2} + \dots + \Delta P_{nm}
 \end{aligned} \quad (3)$$

Так як поправки ΔP_{ij} залежать від величини розходження по i -му ціноутворюючому фактору між об'єктом оцінки та i -им аналогом, то доцільно її визначати в такий спосіб:

$$\Delta P_{ij} = x_{0j} - x_{ij} \quad \Delta P_j = \Delta x_{ij} \Delta P_j \quad (4)$$

де x_{0j} - значення j -го ціноутворюючого фактору для об'єкта оцінки;
 x_{ij} - значення i -го ціноутворюючого фактору для i -го аналога;
 ΔP_j - внесок у вартість одиниці j -го ціноутворюючого фактору.

З урахування (4) систему (3) можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= P_1 + \Delta x_{11} \Delta P_{11} + \dots + \Delta x_{1n} \Delta P_{1m} \\
 V_0 &= P_2 + \Delta x_{21} \Delta P_{21} + \dots + \Delta x_{2n} \Delta P_{2m} \\
 &\vdots \\
 V_0 &= P_n + \Delta x_{n1} \Delta P_{n1} + \dots + \Delta x_{nm} \Delta P_{nm}
 \end{aligned} \quad (4)$$

Невідомими в отриманій системі лінійних рівнянь є величини V_0 і ΔP_j . Запишемо систему (4) у наступному виді, зручному для її розв'язання:

$$\begin{aligned}
 V_0 - \Delta x_{11} \Delta P_{11} - \dots - \Delta x_{1n} \Delta P_{1m} &= P_1 \\
 V_0 - \Delta x_{21} \Delta P_{21} - \dots - \Delta x_{2n} \Delta P_{2m} &= P_2 \\
 &\vdots \\
 V_0 - \Delta x_{n1} \Delta P_{n1} - \dots - \Delta x_{nm} \Delta P_{nm} &= P_n
 \end{aligned} \quad (5)$$

Знайти розв'язок системи (5) можна будь-яким із загальновідомих методів лінійної алгебри, але найзручніше знаходити розв'язок системи матричним способом. Для цього запишемо систему (5) у матричному виді:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= P_1 + \Delta P_{11} + \Delta P_{12} + \dots + \Delta P_{1m} \\
 V_0 &= P_2 + \Delta P_{21} + \Delta P_{22} + \dots + \Delta P_{2m} \\
 &\vdots \\
 V_0 &= P_n + \Delta P_{n1} + \Delta P_{n2} + \dots + \Delta P_{nm}
 \end{aligned} \quad (3)$$

Since the amendments ΔP_{ij} depend on the differences in pricing and i -th factor between the object and the evaluation and i -th analogue, it is advisable to define it as follows:

$$\Delta P_{ij} = x_{0j} - x_{ij} \quad \Delta P_j = \Delta x_{ij} \Delta P_j \quad (4)$$

where x_{0j} - value of j -pricing factors for facility assessment;
 x_{ij} - value and first and pricing factors for the first analogue;
 ΔP_j - contribution to the cost per unit of j -pricing factors.

With regard to (4) system (3) can be written as:

$$\begin{aligned}
 V_0 &= P_1 + \Delta x_{11} \Delta P_{11} + \dots + \Delta x_{1n} \Delta P_{1m} \\
 V_0 &= P_2 + \Delta x_{21} \Delta P_{21} + \dots + \Delta x_{2n} \Delta P_{2m} \\
 &\vdots \\
 V_0 &= P_n + \Delta x_{n1} \Delta P_{n1} + \dots + \Delta x_{nm} \Delta P_{nm}
 \end{aligned} \quad (4)$$

Unknown in the resulting system of linear equations is V_0 size and ΔP_j . We write (4) in the following form suitable for its decision:

$$\begin{aligned}
 V_0 - \Delta x_{11} \Delta P_{11} - \dots - \Delta x_{1n} \Delta P_{1m} &= P_1 \\
 V_0 - \Delta x_{21} \Delta P_{21} - \dots - \Delta x_{2n} \Delta P_{2m} &= P_2 \\
 &\vdots \\
 V_0 - \Delta x_{n1} \Delta P_{n1} - \dots - \Delta x_{nm} \Delta P_{nm} &= P_n
 \end{aligned} \quad (5)$$

Find the solution of system (5) can be any of the known methods of linear algebra, but finding the most convenient solution for the system matrix method. To do this, we write the system (5) in matrix form:

$$\Delta X - V = P, \quad (6) \quad \Delta X - V = P, \quad (6)$$

де

$$\Delta X = \begin{pmatrix} 1 & -x_{11} & \cdots & -x_{1m} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 1 & -x_{n1} & \cdots & -x_{nm} \end{pmatrix},$$

$$V = \begin{pmatrix} V_0 \\ \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_m \end{pmatrix},$$

$$P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{pmatrix} \quad (7)$$

Розв'язок системи (7) існує, якщо визначник матриці ΔX не дорівнює нулю. У цьому випадку система має, як відомо, єдиний розв'язок:

$$V = \Delta X^{-1} \cdot P \quad (8)$$

де ΔX^{-1} - обернена матриця до матриці X .

Якщо наявний значний обсяг інформації за об'єктами-аналогами, то визначення ринкової вартості об'єкта нерухомості все-таки доцільно вести в рамках багатofакторного регресійного аналізу, який дає змогу оцінити міру впливу на досліджуваний результативний показник кожного із введених у модель факторів при фіксованому положенні на середньому рівні інших факторів.

Математично завдання зводиться до знаходження аналітичного виразу, котрий якнайкраще відображував би зв'язок факторних ознак з результативною, тобто знайти функцію [5]:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (9)$$

Найскладнішою проблемою є вибір форми зв'язку, аналітичного виразу зв'язку. На підставі чого за наявними факторами визначають результативну ознаку-функцію Ця

where

$$\Delta X = \begin{pmatrix} 1 & -x_{11} & \cdots & -x_{1m} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 1 & -x_{n1} & \cdots & -x_{nm} \end{pmatrix},$$

$$V = \begin{pmatrix} V_0 \\ \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_m \end{pmatrix},$$

$$P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_m \end{pmatrix} \quad (7)$$

The system solution (7) is exist if the determinant of ΔH is not zero. In this case, the system is known to only one solution:

$$V = \Delta X^{-1} \cdot P \quad (8)$$

Where ΔX^{-1} - inverse matrix to the matrix X .

If there is a significant amount of information on objects-analogues, the determination of the market value of the property is still advisable to keep within multivariate regression analysis, which allows you to assess the extent of influence on the study of each resultant figure entered in the model factors in fixed position on the average level of other factors.

Mathematically, the problem is reduced to finding analytical expression, which would show the linkages between factor characteristics and effective, that is a function [5]:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (9)$$

The most difficult problem is the choice of form of communication, analytical expression of communication. Based on the available factors which determine effective indication function This function better than other weight

функція має краще за інші відображати реальні зв'язки між досліджуваним показником і факторами. Емпіричне обґрунтування типу функції за допомогою графічного аналізу зв'язків для багатфакторних моделей майже непридатне.

Форму зв'язку можна визначати добором функцій різних типів, але це пов'язане з великою кількістю зайвих розрахунків. Зважаючи на те, що будь-яку функцію багатьох змінних шляхом логарифмування або заміни змінних можна звести до лінійного вигляду, рівняння множинної регресії можна виразити у лінійній формі:

$$Y = a_0f + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (10)$$

Параметри рівняння обчислюють способом найменших квадратів.

Висновки

На сьогоднішній день в практиці оцінювання об'єктів нерухомості накопичено значний математичний апарат для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Однак, їх застосування пов'язано з певними обмеженнями та умовами, що накладаються на вихідну інформацію про об'єкти-аналоги. Тому оцінювач повинен уважно та ретельно підходити до вибору того чи іншого методу розрахунку. Враховуючи мінливість ринку нерухомості та його багатфакторність вважаємо, що найбільш доцільним є розвиток та удосконалення методів кореляційно-регресійного аналізу, який не лише дозволяє визначати поточну ринкову вартість об'єктів нерухомості, а й встановлювати наслідково-причинні зв'язки між факторами, що впливають на її формування, що є невідомою частиною в прийнятті найбільш ефективних управлінських рішень.

Література

1. Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. – М.: Финансы и

reflect the real relationships between the studied parameters and factors. Empirical grounding-type functions using a graphical analysis of communications for multifactor models almost unusable.

The form of communication could be determined by choosing various types of functions, but it is associated with a lot of extra payments. Given the fact that any function of many variables by logarithms or replacement of variables can be reduced to a linear form, multiple regression equation can be expressed in linear form:

$$Y = a_0f + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad (10)$$

Options equation calculating method of least squares.

Conclusions

To date, the evaluation of real estate practice has significant mathematical tools for decision-making to make informed management decisions. However, their use is associated with certain restrictions and conditions imposed on the initial information about objects-analogues. Therefore, the evaluator should carefully and closely approach the selection of calculation method. Given the volatility of the real estate market and its multifactorial believe that the most appropriate development and improvement of methods of correlation and regression analysis, which not only allows you to determine the current market value of real estate, but also to establish causal-effect connections between factors affecting it that is an integral part in making the most effective management decisions.

References

1. Berezhnaya E. V. Matematycheskiye metody modelyrovaniya yekonomycheskykh system / E. V. Berezhnaya, V. Y. Berezhnoy. – M.:

статистика, 2003. – 368 с.

2. Замков О. О. Математические методы в экономике / О. О. Замков, А. В. Толстонастенко, Ю. Н. Черемных. – М.: ДНСС, 1997. – 254 с.

3. Грибовский С.В., Сивец С.А., Левыкина И.А. Новые возможности сравнительного подхода при решении старых проблем//Государственный информационный бюллетень о приватизации, №4, 2003

4. Петров Е. Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально – економічних системах: навч. посіб. / Е. Г. Петров, М. В. Новожилова / За ред. Е. Г. Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256с.

5. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 392 с

Fynansy y statystyka, 2003. – 368 s.

2. Zamkov O. O. Matematycheskiye metody v ykonomyke / O. O. Zamkov, A. V. Tolstonyatenko, YU. N. Cheremnykh. – M.: DNSS, 1997. – 254 s.

3. Hrybovskyy S.V., Syvets S.A., Levykyna Y.A. Novye vozmozhnosy sravnytel'noho podkhoda pry reshenyy starykh problem//Hosudarstvennyy ynformatsyonnyy byuleten' o pryvatyzatsyy, №4, 2003

4. Petrov E. H. Metody i zasoby pryynyattya rishen' u sotsial'no – ekonomichnykh systemakh: navch. posib. / E. H. Petrov, M. V. Novozhylova / Za red. E. H. Petrova. – K.: Tekhnika, 2004. – 256s.

5. Dreyper N. Prykladnoy rehressyonnyy analiz / N. Dreyper, H. Smyt. – M.: Statystyka, 1973. – 392 s.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кірічек Ю. О., д-р. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kirichuk Yu.O., Dr. Tech. Sci., Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **22.09.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Ракович І.В.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВЛАШТУВАННЯ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ ІЗ ГРАВІЙНО-ЕМУЛЬСІЙНИХ СУМІШЕЙ

Анотація. У статті розглянутий світовий досвід застосування гравійно-емульсійних сумішей, що можуть бути застосовані на дорогах місцевого значення. Визначені матеріали, з якими доцільно порівнювати гравійно-емульсійних сумішей та проведений їх порівняльний аналіз. Встановлені закономірності розподілу пустот в цих сумішах у порівнянні із гарячими асфальтобетонними сумішами. Розглянуто особливості набору міцності та фактори, які впливають на якість влаштованого покриття.

Об'єкт дослідження – гравійно-емульсійні суміші.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожнє покриття, гравійно-емульсійна суміш, міцність.

UDC 625.7

Savenko V.I., Dr. Tech. Sci., Rakovych I.V.

SOME TECHNOLOGY FEATURES PLACEMENT OF PAVEMENT WITH GRAVEL-EMULSION MIXTURES

Abstract. The article reviewed the global experience of gravel-emulsion mixtures can be used on the local roads. Identified materials with which it is advisable to compare the gravel-emulsion mixtures and conducted comparative analysis. The established patterns of distribution of voids in these mixtures over hot asphalt mixtures. The features set the strength and the factors that affect the quality of coverage held.

Object of study - gravel-emulsion mixtures.

Key words: road, pavement, gravel-emulsion mixtures, strength.

УДК 625.7

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Ракович І.В.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ С ГРАВИЙНО-ЭМУЛЬСИОННЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрен мировой опыт применения гравийно-эмульсионных смесей, которые могут быть применены на дорогах местного значения. Определены материалы, с которыми целесообразно сравнивать гравийно-эмульсионных смесей и проведен их сравнительный анализ. Установлены закономерности распределения пустот в этих смесях по сравнению с горячими асфальтобетонными смесями. Рассмотрены особенности набора прочности и факторы, влияющие на качество устроенного покрытия.

Объект исследования - гравийно-эмульсионные смеси.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожное покрытие, гравийно-эмульсионная смесь, прочность.

Вступ

Сучасна дорожня мережа України складає близько 170 тисяч км автомобільних доріг загального користування. З них доріг місцевого значення 117 тис. км, тобто близько 70%, і майже усі вони знаходяться у незадовільному експлуатаційному стані та потребують не меншої уваги, аніж дороги державного значення.

Мережа місцевих доріг України – це автомобільні дороги IV-V категорій з невеликою інтенсивністю руху та порівняно незначними навантаженнями. Тому застосовувати тут ті ж самі методи, технології та матеріали, що і на дорогах вищих категорій, не доцільно та не ефективно. Дороги нижчих категорій потребують іншого підходу до будівництва та ремонту. Вони вимагають швидкої, недорогої і універсальної технології проведення дорожніх робіт.

Ефективним вирішенням наведеного вище питання може стати використання гравійно-емульсійних сумішей, які вже застосовуються як у країнах далекого, так і близького зарубіжжя.

Основна частина

Влаштування покриттів із використанням гравійно-емульсійних сумішей набуло широкої популярності, зокрема, у Білорусії. Там, при співробітництві КУП «Брестоблдорстрой» та «БелдорНДІ» було впроваджено технологію влаштування шарів дорожнього одягу на дорогах місцевого значення з використанням гравійно-емульсійних сумішей прискореного формування. Так, дослідні ділянки були збудовані в ряді районів Брестської області із використанням установок Midland MX-85 та Дельта-100. За результатами робіт були визначені основні фізико-механічні властивості, зокрема, межа міцності на стиск при температурі +20°C, коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні, водонасичення та набухання. Встановлено, що властивості відповідають як білоруським [1], так і міжнародним вимогам [2] до матеріалів. Окрім того, застосування цих сумішей дало змогу знизити амортизаційні та енергетичні витрати.

Гравійно-емульсійні суміші заслуговують на увагу через те, що мають ряд переваг перед гарячими асфальтобетонними сумішами, що найчастіше використовуються в Україні, а саме:

Introduction

The modern road network of Ukraine consist of about 170 thousand km of public roads. Of these local roads is 117 thousand km, or about 70%, and almost all of them are in poor operating condition and require no less attention than the roads of national importance.

The network of local roads Ukraine - it's roads IV-V categories with little traffic and relatively small loads. So here apply the same methods, technologies and materials on roads and higher categories are not appropriate and efficient. Roads lower categories require a different approach to building and repair. They require fast, inexpensive and versatile technology of road works.

An effective solution to the above questions can be used gravel-emulsion mixtures which are already used in countries far and near abroad.

Main part

Covering surfaces using gravel-emulsion mixtures gained popularity, particularly in Belarus. There, in cooperation PMU "Brestobldorstroy" and "BeldorNDI" technology was introduced arranging layers of pavement on local roads using gravel-emulsion mixtures accelerated formation. Thus, the research plots were built in some parts of the Brest region using plants Midland MX-85 and Delta 100. The results of work were the basic physical and mechanical properties, including tensile strength in compression at + 20 ° C, the ratio of water resistance for prolonged water saturation, water saturation and swelling. It was established that the properties meet both the Belarusian [1] and international requirements [2] to the materials. In addition, the use of these compounds made it possible to lower depreciation and energy costs.

Gravel-emulsion mixtures are noteworthy because they have several advantages over hot asphalt mixtures, which are often used in Ukraine, namely: they can be used at

їх можливо використовувати за нижчих температур, ніж гарячий асфальтобетон та зберігати до 4 місяців у вигляді придатному до укладання. Цей матеріал зазвичай використовують в якості покриття на дорогах IV-V категорій, тобто саме на дорогах місцевого значення, і шарів основи на дорогах вищих категорій. Застосування гравійно-емульсійних сумішей передбачає їх приготування у ґрунтозмішувальних установках з використанням місцевих матеріалів і бітумної емульсії, що суттєво знижує вартість готових сумішей.

Окрім того, застосування гравійно-емульсійних сумішей має свої особливості. Зокрема, заслуговує на увагу те, що у свіжевкладеному шарі присутня значно більша кількість пор і пустот порівняно із гарячими асфальтобетонними сумішами (рис. 1, 2). Велика кількість дрібних пустот в суміші імовірно з'являється внаслідок коалесценції частинок бітуму, а також тому, що при температурі навколишнього середовища в'язкість бітуму вище. Ці порожнини важко видалити безпосередньо при ущільненні, тому даний процес відбувається поступово під впливом руху автотранспорту і погоднокліматичних факторів.

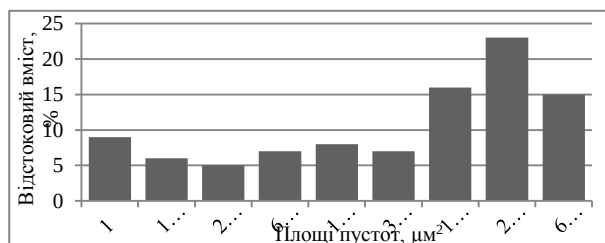


Рисунок 1 – Розподіл пустот по розмірам в гарячій асфальтобетонній суміші

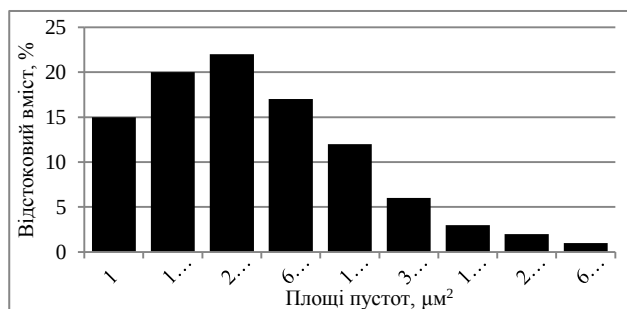


Рисунок 2 – Розподіл пустот по розмірам в гравійно-емульсійній суміші

Як наслідок, в процесі зменшення кількості пустот у шарі, влаштованому з гравійно-

lower temperatures than the hot asphalt and save up to 4 months in a suitable packing. This material is usually used as a coating on the roads of IV-V categories that is on local roads, foundations and layers on the roads of higher categories. The use of gravel-emulsion mixtures involves cooking them in soilmixing machines using local materials and bitumen emulsion, which significantly reduces the cost of ready-made mixes.

In addition, the use of gravel-emulsion mixtures is different. In particular, noteworthy that in layer there is a much larger number of pores and voids relatively hot asphalt mixtures (Fig. 1, 2). A large number of small voids in the mix appears likely due to coalescence of the particles of bitumen and that the ambient temperature above the viscosity of bitumen. These cavities are difficult to remove directly during compaction, so this process is gradually influenced by traffic and weather and climatic factors.

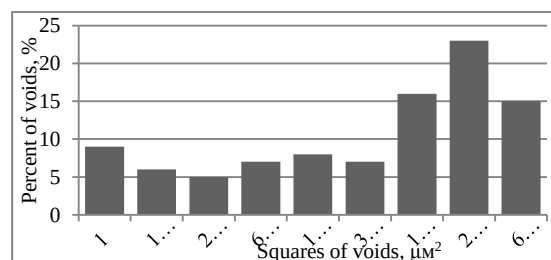


Figure 1 – The distribution of voids by size in hot mix asphalt

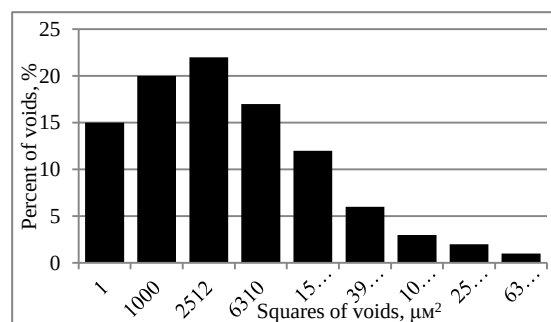


Figure 2 – The distribution of size of voids in a gravel-emulsion mixtures

As a result, in the process reducing the number of voids in the layer arranged with

емульсійних сумішей, буде збільшуватися модуль пружності покриття. Вимірювання, проведені на трапецієвидних зразках, взятих із покриттів показали, що протягом перших 10 місяців покриття різко збільшує свою міцність і протягом наступних 5 місяців поступово набирає міцність, досягаючи з часом максимального значення (рис. 3) [3].

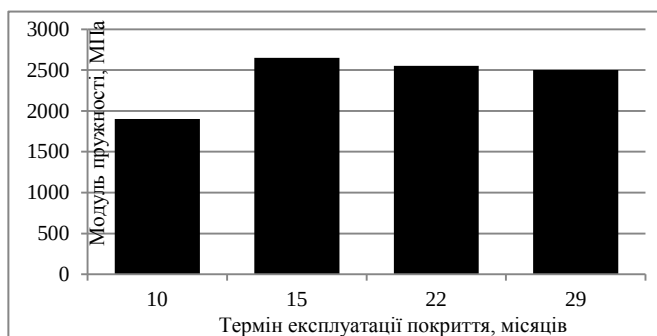


Рисунок 3 – Модуль пружності зразків, виміряний протягом часу експлуатації покриття

Параметри, що характеризують кожен етап життєвого циклу, будуть залежати від початкового стану дорожнього покриття, яке в свою чергу буде визначатися способом підбору та приготування суміші, а також якісно виконаними роботами з її укладання. Якість робіт з укладання головним чином визначається ступенем ущільнення.

Таким чином, стає очевидним, що для емульсійно-мінеральних сумішей, що мають ряд особливостей, необхідні власні методи підбору складу і випробувань, відмінні від існуючих для гарячих асфальтобетонних сумішей.

На жаль, у даний час в Україні немає нормативного документа, що визначає процедуру підбору складу емульсійно-мінеральних сумішей, також не існує регламентованого методу випробувань ЕМС, що враховував би специфічні особливості матеріалів даного типу.

Висновки

Застосування гравійно-емульсійних сумішей на автомобільних дорогах України, не дивлячись

gravel-emulsion mixtures will increase the modulus of elasticity of the coating. Measurements conducted on trapezoidal specimens taken from surfaces showed that during the first 10 months of coverage greatly increases its strength over the next 5 months, slowly gaining strength, eventually reaching a maximum value (Fig. 3). [3]

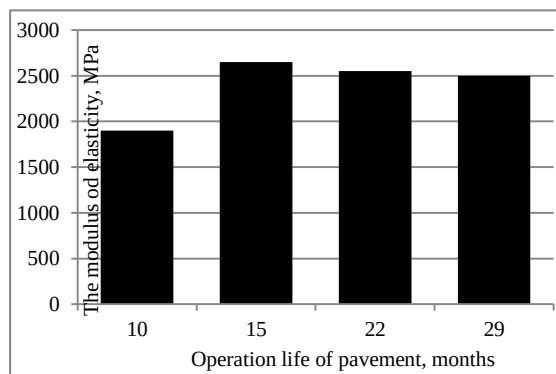


Figure 3 – The modulus of elasticity of samples measured over time coating operation

The parameters that characterize each stage of the life cycle, will depend on the initial state of the road surface, which in turn will be determined by the method of selection and mixture preparation and quality work to its conclusion. The quality of the work on laying mainly determined by the degree of compression.

Thus, it becomes apparent that emulsive mineral mixtures with a number of features needed their own methods of selection and testing other than for the existing hot mix asphalt.

Unfortunately, at present in Ukraine there is no legislative instrument that determines the procedure for the selection of emulsion-mineral mixtures, as there is no regulated EMC test method that would take into account the specific characteristics of this material type.

Conclusions

The use of gravel-emulsion mixtures roads Ukraine, despite their obvious benefits, is

на їх очевидні вигоди, наразі не достатньо вивчене, оскільки не існує повної аналогії у поведінці гравійно-емульсійних сумішей та гарячих чи холодних асфальтобетонних сумішей, навіть якщо вони складаються із такого ж заповнювача і такої ж кількості бітуму, введених з однаковим відсотковим співвідношенням. Тому потрібно дослідити процеси підбору складу сумішей, їх приготування та укладання, набору міцності покриття та строку служби у вітчизняних кліматичних та експлуатаційних умовах, встановити оптимальні режими їх застосування, що враховували б особливості матеріалу цього типу.

Література

1. Дорожные технологии на основе катионных битумных эмульсий: РД 0219.1.09-99 / Комитет по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. – Минск, 1999. – 49 с.
2. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими для дорожного и аэродромного строительства. - Введ. 01.01.98. - М.: МНТКС, 1997.
3. Jean Pierre SERFASS, Vincent Gaudefroy, Alain Beghin, Lionel Odie, Francois VERHEE, et al.. A detailed assessment of grave-emulsion combining trial section monitoring and laboratory testing. 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Jun 2012, Turkey. 11p., ill., bibliogr., 2012.

Рецензенти:

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Mozhovi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

not yet sufficiently examined, because there is no complete analogy behavior gravel-emulsion mixtures and hot or cold asphalt mixtures, even if they consist of the same filler and such the same amount of bitumen, entered with the same percentage. Therefore, we must examine the processes of selection of the compounds, their preparation and conclusion, set coatings durability and service life in local climatic and operating conditions, to establish optimum conditions of use, which take into account the peculiarities of this type of material.

Literature

1. Traffic technology based on cationic bitumen emulsions: RD 0219.1.09-99 / on the roads under the Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus Committee. - Minsk, 1999. – 49 c.
2. GOST 30491-97. Mixtures of organo and soils stabilized by organic binders for road and airfield stoitelstva. - Intr. 01.01.98. - M.: MNTKS, 1997.
3. Jean Pierre SERFASS, Vincent Gaudefroy, Alain Beghin, Lionel Odie, Francois VERHEE, et al.. A detailed assessment of grave-emulsion combining trial section monitoring and laboratory testing. 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Jun 2012, Turkey. 11p., ill., bibliogr., 2012.

Стаття надійшла до редакції: **19.10.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/8

Славінська О.С., д-р техн. наук, Приходько С.І.

АНАЛІЗ НАДХОДЖЕННЯ ВОЛОГИ В ДРЕНАЖНИЙ ШАР ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА МЕТОДИ ЙОГО ОСУШЕННЯ

Анотація: Наведено аналіз процесів зимового та літнього вологонакопичення в дорожніх конструкціях та викладено основні принципи осушення земляного полотна дренажними системами. Особлива увага приділяється осушенню дренажних шарів трубчастими воронками.

Об'єкт дослідження – дренажний шар.

Мета роботи – проаналізувати надходження води до дренажного шару дорожньої конструкції та дослідити методи його осушення.

Методи дослідження – аналітично-розрахунковий.

Ключові слова: дренажна конструкція, водно-тепловий режим, дренаж мілкового закладання, дренажний шар, трубчасті воронки.

UDC 625.7/8

Slavinska A.S., D.Sc. in Engineering, Professor, Prikhodko S.I.

ANALYSIS OF THE FLOW OF WATER DRAINAGE LAYER IN ROAD CONSTRUCTION AND METHODS OF DRYING

Abstract: The analysis of processes of winter and summer accumulation of moisture in road constructions and the basic principles draining subgrade drainage systems. Particular attention is paid to drainage tube drainage layers craters.

The object of study – drainage layer.

Purpose - analyze the flow of water to the drainage layer of road construction and explore methods of drying.

Research methods – analytically-rated.

Keywords: drainage construction, water-thermal conditions, drainage shallow, drainage layer, tubular funnel.

УДК 625.7/8

Славинская Е.С., д-р техн. наук, Приходько С.И.

АНАЛИЗ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЛАГИ В ДРЕНАЖНЫЙ СЛОЙ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ ЕГО ОСУШЕНИЯ

Аннотация: Приведен анализ процессов зимнего и летнего влагонакопичення в дорожных конструкциях и изложены основные принципы осушения земляного полотна дренажными системами. Особое внимание уделяется осушению дренажных слоев трубчатыми воронками.

Объект исследования – дренажный слой.

Цель работы – проанализировать поступления влаги в дренажный слой дорожной конструкции и исследовать методы его осушения.

Методы исследования – аналитически-расчетный.

Ключевые слова: дренажная конструкция, водно-тепловой режим, дренаж мелкого заложения, дренажный слой, трубчатые воронки.

Вступ

Дренажні конструкції на автомобільних дорогах влаштовуються для забезпечення стійкості земляного полотна та найкращого захисту від перезволоження основи дорожнього одягу поверхневими та підземними водами. Волога в основу просочується через пори і тріщини покриття та шляхом капілярного підняття, появу яких і розподіл по площині покриття передбачити заздалегідь неможливо. Тому дренаж повинен забезпечити збір і відвід води з будь-якої точки покриття без переривання руху, в будь-який період року. Необхідно щоб дренажна конструкція розповсюджувалась по низу покриття на повну його ширину. На даний момент відсутні водонепроникні покриття, які змогли б попередити надходження вологи в дорожню конструкцію та забезпечити достатню водостійкість. Саме тому проектування дренажної системи потрібно передбачати при будівництві як жорстких, так і нежорстких типів покриття.

Основна частина

Надійність і довговічність автомобільних доріг забезпечується належними конструкціями дорожнього одягу та земляного полотна. Основна причина руйнувань покриттів пов'язана з перезволоженням дорожньої конструкції через незадовільний стан дренажних систем. Ефективність осушення основи покриття залежить від природних умов місцевості, профілю автомобільної дороги, фізико-механічних властивостей піску, дотримання технологій будівництва і конструкції самого дренажу [1]

Дренажі мілкового залягання застосовують на ділянках малих насипів, виїмках, в «нульових» місцях у випадку значного притоку води в активну зону земляного полотна. Конструкції такого типу використовують для відведення вологи з верхньої частини основи автомобільної дороги у теплий період року або в період відтавання. Також вони використовують для просушування дренажного прошарку, який забезпечує фільтрацію капілярної вологи. Дренажні конструкції мілкового залягання потрібно проектувати у випадку, коли кількість води, що надходить до активної зони земляного полотна

Introduction

Drainage construction on highways arranged to ensure the stability of the roadbed and the best protection from waterlogged foundations pavement surface and groundwater. Moisture seeps through the foundation pores and cracks and coating by capillary rise, whose appearance and distribution of the coating plane predict in advance is impossible. Because drainage should ensure the collection and removal of water from anywhere in the coverage without interrupting traffic, in any season. It is necessary to design drainage was spread on the bottom cover to its full width. Currently there are no waterproof coating, which could prevent the flow of water in the road construction and provide sufficient water resistance. That is why the design of the drainage system must provide at building a rigid and non-rigid types of coverage.

Main part

Reliability and durability of roads provided with adequate structures pavement and subgrade. The main cause of damage coverages associated with waterlogged road construction because of the poor state of drainage systems. Efficiency draining foundations coverage depends on natural terrain, road profile, physical and mechanical properties of sand, compliance technology construction and design of the drainage [1].

Drainages shallow bedding areas used for small embankments, excavation, a "zero" in the case of a substantial inflow of water into the core of the roadbed. Structures of this type are used for removal of moisture from the top of the foundations of the highway in the warm season or during thawing. They are also used to dry draining layer, which provides filtering capillary moisture. Drainage structures should be designed shallow occurrence when the amount of water supplied to the core of the roadbed in the fall, spring or summer, more than can be accommodated in the lower

в осінній, весняний чи літній період більша, ніж може розміститися в нижніх шарах дорожнього одягу та підстиляючому ґрунті без втрати стійкості основи автомобільної дороги [2].

У дорожньому одязі і земляному полотні одночасно проходить кілька процесів:

- теплообмін зволоженого матеріалу з приземним повітрям;
- дифузія пари і води в порах матеріалу;
- інфільтрація опадів через тріщини в одязі і полотні;
- інфільтрація води в полотні з боку узбіччя та ін.

Особливості водно-теплого режиму дорожніх конструкцій визначаються джерелами зволоження. (рис. 1).

Короткочасним, але найбільш активним джерелом є атмосферні опади. Вони зволожують шари конструкції при існуванні в дорожньому покритті тріщин внаслідок ненормального утримання доріг або у випадку наявності водопроникних покриттів.

В період інтенсивних дощів, сніготанення або поверхневого стоку в зеленій зоні відбувається промочування ґрунту. Зона максимальної інфільтрації води в ґрунт може досягати 50—100 см.

В результаті створюється певна небезпека бокового капілярного й плівкового зволоження. Джерело 2 короткочасне і при нормально ущільненому ґрунті полотна не являє собою небезпеки.[3,4].

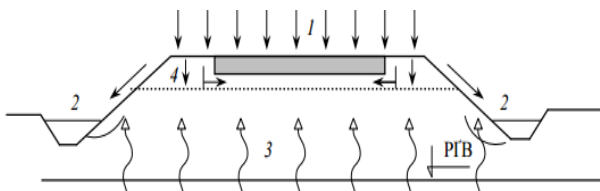


Рисунок 1 – Основні джерела зволоження дорожнього одягу і земляного полотна:

- 1 - атмосферні опади; 2 - вода в канавах;
3 - підземна вода; 4 - пароподібна волога

Питома вага цих джерел зволоження відрізняється в залежності від дорожньо-кліматичних зон, також ефективність дії на дорожню конструкцію різна. На даний час зволоженню дорожньої конструкції атмосферними опадами приділена не достатня увага, хоча саме від цього джерела зволоження

layers of pavement and underlying soil without buckling road foundations [2].

In road robe and roadbed simultaneously through several processes:

- moist heat exchange surface material from the air;
- diffusion of steam and water in the pores of the material;
- rain infiltration through cracks in the clothing and linen;
- infiltration of water into the canvas by the wayside and others.

Features water and thermal regime of road structures defined sources of moisture. (Fig.1).

Short, but the most active source is precipitation. They moisturize layers design for the existence of cracks in road surfaces due to abnormal road maintenance or in case of permeable surfaces.

During the intense rain, snowmelt or runoff in the green zone is soak the soil. The zone of maximum water infiltration into the soil can reach 50-100 cm. This creates a danger of lateral capillary film and moisture. Source 2 short and in fine linen compacted soil is not a danger [3, 4].

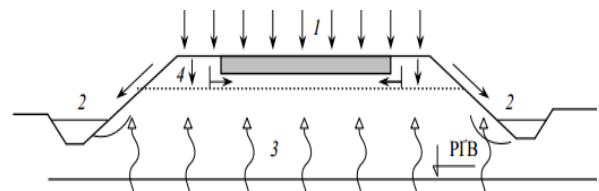


Figure 1 – The main sources of the moisture of the pavement and subgrade: 1 - precipitation; 2 - the water in the ditches; 3 - underground water; 4 - vapor moisture

The weight of these sources of hydration differs depending on traffic and climatic zones; the efficiency impact of road construction is different. Currently, the dampening of road construction atmospheric deposition not given sufficient attention, although it is from this source of

надходить велика кількість вологи. Інформація про надходження вологи від цього джерела не може бути повністю актуально в зв'язку зі змінами клімату, які спостерігаються на території України за останні декілька років.

Перерозподіл вологи в зимовий період і накопичення її в верхніх шарах земляного полотна в кристалічній формі – процес морозного здимання. При промерзанні ґрунту волога, що накопичується в осінній період, перерозподіляється завдяки силам кристалізації. При пониженні межі промерзання відбувається підтягування вологи із нижніх шарів ґрунту. При неглибокому заляганні від поверхні землі ґрунтових вод інтенсивність зимового вологонакопичення особливо зростає, коли фронт промерзання досягає рівня капілярного підняття. Промерзання водонасиченого здимального ґрунту супроводжується утворенням в ньому мерзлих прошарків із вологи, що накопичилася протягом першої стадії, товщина яких збільшується по мірі міграції води із шарів ґрунту, що розташовані нижче рівня ґрунтових вод. Чим глибше промерзання входить в зону капілярного підняття, особливо в її нижню частину, де більша частина вологи перебуває у вільному стані, тим більше зимове вологонакопичення. Ґрунтові води сприяють зволоженню земляного полотна. Чим швидше відбувається зниження температури, тим менше вологи встигає переміститися з нижніх більш теплих шарів у верхню частину земляного полотна. Тому м'яка зима з поступовим і незначним зниженням температури наносить більшу шкоду земляному полотну. [7]

Одночасно з накопиченням вологи відбувається морозне здимання ґрунтів, що супроводжується їх розуцільненням. На інтенсивність зимового вологонакопичення і здимання, окрім швидкості промерзання ґрунту, впливає також швидкість міграції води, яка залежить від виду ґрунту, ступені його ущільнення і від умов підтоку вологи, в тому числі, від наявності ґрунтової води. Найбільш небезпечні пилуваті ґрунти, у яких велика поверхнева енергія поєднується з малим опором підйому води у порах, внаслідок чого швидкість підтоку води в зону

moisture plenty of moisture. Information on the flow of moisture from this source may not be completely true in connection with climate changes, which observed in Ukraine over the past few years.

The redistribution of moisture in the winter and its accumulation in the upper layers of the subgrade in crystalline form – the process of frost heave. When freezing of the soil moisture, which accumulates in the autumn, redistributed due to the force of crystallization. At lower border of freezing is pulling moisture from the lower soil layers. In shallow layers from the ground surface to groundwater, the intensity of the winter accumulation of moisture especially increases when the freezing front reaches the level of capillary rise. Freezing of moisture and swelling soil accompanied by the formation of frozen layers of moisture that had accumulated during the first stage, the thickness of which increases as the migration of water from the soil layers located below the groundwater level. The deeper the frost line is in the zone of capillary rise, especially in its lower part, where most of the moisture is in a free state, especially winter accumulation of moisture. Groundwater contribute to the moistening of the subgrade. The faster the decrease of the temperature, the less moisture manages to move from the lower, warmer layers in the upper part of the subgrade. Therefore, mild winter with a gradual and slight decrease in temperature has a greater effect on the roadbed. [7]

Along with the accumulation of moisture is frosty swelling soils, accompanied by thinning them. The intensity of the winter accumulation of moisture and swelling than the speed of freezing soil also affects the rate of migration of water, depending on the type of soil, degree of compaction and moisture inflow of conditions, including the availability of groundwater. The most dangerous silty soils, where high surface energy combined with low resistance rising water in the pores, resulting in a rate of inflow of water in the area swelling and the formation of large ice lenses in the soil is intensively.

здимання велика і утворення льодяних лінз в ґрунті відбувається інтенсивно.

Зимове накопичення вологи в ґрунтах відбувається шляхом її переміщення за напрямком теплового потоку знизу і з боків, від більш теплих місць до більш холодних, за рахунок перерозподілу внутрішніх запасів вологи і її міграції від рівня підземних вод.[3-5]

Відновлення і поступова нормалізація літнього водного режиму ґрунтового масиву. По мірі прогрівання земляного полотна починається період – просихання ґрунтів, тобто зменшення їх вологості і відновлення щільності і несучої здатності. В цей період джерелом зволоження є атмосферні опади. Висока інтенсивність випадання літніх опадів і великий дефіцит вологості повітря не сприяють утворенню великих запасів вологи у верхній частині земляного полотна. При повному розтаванні земляного полотна в ґрунтах залишається лише капілярно-розімкнута (підвішена) вода. Відбувається інтенсивне випаровування, притік вологи знизу від ґрунтових вод зменшується, а в деяких випадках і зовсім зупиняється, оскільки в цей період відбувається пониження рівня ґрунтових вод.

Знижується вологість та підвищується міцність ґрунту. Для цього періоду характерні мінімальна вологість і максимальна щільність ґрунтів земляного полотна.[5,6]

Дренажна система мілкового закладення може складатися із конструктивних елементів, які в залежності від орієнтації відносно осі дороги можна поділити на три групи:

- 1) додатковий шар основи дорожнього одягу (дренажний шар);
- 2) поздовжні елементи дренажу мілкового закладення;
- 3) поперечні елементи дренажу мілкового закладення.

Параметри додаткового шару основи дорожнього одягу (дренажного шару) розраховують за двома методами:

- осушення – для цілорічного розрахункового періоду;
- поглинання – період розтавання поперечних випусків.

Додатковий шар основи дорожнього одягу,

Winter moisture accumulation in soils occurs by moving it in the direction of heat flow from the bottom and sides, from warmer to colder places, through the reallocation of internal reserves of moisture and migration of groundwater levels [3-5].

Restoration and gradual normalization summer water regime of the soil mass. As the heating period begins roadbed - soil drying, ie reduce their moisture, restore density, and load capacity. During this period, humidification source is precipitation. High intensity loss of summer rainfall and a large deficit humidity contribute to the formation of large reserves of moisture in the top of the subgrade. A full melting of subgrade soils in is only open capillary (suspended) water. There is intensive evaporation of moisture inflow from the bottom of groundwater is reduced, and in some cases stopped altogether because in this period the lowering of groundwater.

Reduced moisture and increases the strength of the soil. This period characterized by minimum and maximum moisture density of soil subgrade [5,6].

The drainage system is shallow may consist of structural elements, which, depending on the orientation of the axis of the road divided into three groups:

- 1) additional layer of pavement bases (drainage layer);
- 2) longitudinal elements shallow drainage;
- 3) transverse elements shallow drainage.

Options additional layer of pavement bases (drainage layer) calculated by two methods:

- draining - for year-round settlement period;
- acquisitions - during thawing cross-releases.

An additional layer of pavement foundations, calculated by the method of absorption used alone, without

розрахований за методом поглинання застосовується самостійно, без поєднання з іншими елементами.

Одним з важливих показників при розрахунку дренажного шару є максимальне значення глибини фільтраційного потоку яке визначається за формулою:

$$h_{\text{нас}} = \frac{Q_p \cdot T_{\text{зап}}}{q_3 - q_1}, \quad (1)$$

де Q_p – розрахунковий питомий надлишок вільної води з 1 м^2 дренажного шару, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$T_{\text{зап}}$ – час розмерзання випусків та дренажів, доба (приймають рівним не менше, ніж три доби, при удосконаленні типах покриттів, і не менше, ніж дві, – при перехідних);

q_3 – кількість вільної води, яка поглинається дренажним шаром товщиною в 1 см на площі 1 м^2 , $\text{м}^3/\text{м}^2$ за добу;

q_2 – кількість капілярної води, яка поглинається дренажним шаром товщиною в 1 см на площі 1 м^2 , $\text{м}^3/\text{м}^2$ за добу

Формула (1) дійсна лише при питомому надлишку вологи $Q_p < 0,003 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}$ за добу й малих значеннях коефіцієнта фільтрації піску.

Додатковий шар основи дорожнього одягу, розрахований за методом осушення, може застосовуватись як самостійно (з виходом на укоси земляного полотна), так і у поєднанні з поперечними і поздовжніми елементами, призначеними для відведення з нього води.

При розрахунку дренажного шару за методом осушення максимальне значення глибини фільтраційного потоку в дренажному шарі має вигляд:

$$h_{\text{нас}} = l \times \frac{\frac{h_2^2}{l} - i \times \frac{h_2}{l} + C_{\text{зв.}}}{\exp - \frac{i}{2 \times a} \times \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\frac{h_2 - i}{l - 2}}{a}}, \quad (2)$$

де i – поперечний похил корита, в сотих долях одиниці;

h_2 – допустима глибина шару води біля краю корита (зазвичай не перевищує 0,05 м), м;

l – відстань від осі дороги до перерізу, що розглядається, м;

combination with other elements.

One of the important indicators in the calculation of the drainage layer is the maximum depth seepage, which given by:

$$h_{\text{нас}} = \frac{Q_p \cdot T_{\text{зап}}}{q_3 - q_1}, \quad (1)$$

where Q_p – the estimated proportion of excess free water with of 1 м^2 drainage layer, $\text{м}^3/\text{day}$;

$T_{\text{зап}}$ – a thawing issue and drains, day (taken as equal to not less than three days, the advanced types of coatings, and at least two - in transition);

q_3 – the amount of free water, which is absorbed by draining layer thickness of 1 cm in area 1 м^2 , $\text{м}^3/\text{м}^2$ of day;

q_2 – the amount of capillary water that is absorbed driouchi layer thickness of 1 cm square 1 м^2 , $\text{м}^3/\text{м}^2$ of day.

Formula (1) is valid only when the unit excess moisture $Q_p < 0,003 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2}$ of day small sand filtration coefficient values.

An additional layer of pavement foundations, calculated by the method of drying may be used independently (with access to the slopes of subgrade) and in combination with transverse and longitudinal elements designed to drain water from it.

The calculation method for draining layer draining the maximum depth of seepage into drainage layer is as follows:

$$h_{\text{нас}} = l \times \frac{\frac{h_2^2}{l} - i \times \frac{h_2}{l} + C_{\text{зв.}}}{\exp - \frac{i}{2 \times a} \times \frac{\pi}{2} - \arctg \frac{\frac{h_2 - i}{l - 2}}{a}}, \quad (2)$$

where i – slope trough in hundredths of units;

h_2 – allowable depth of water layer at the edge of the trough (usually no more than 0.05 m), m;

l – distance from axis of road to the section that discusses, m;

$C_{зв.}$ – ступінь зволоження, що дорівнює:

$$C_{зв.} = \frac{Q_p}{K}, \quad (3)$$

де Q_p – розрахунковий загальний питомий надлишок води, $m^3/\text{добу}$ з $1 m^2$ проїзної частини;

K – коефіцієнт фільтрації піску, $m/\text{добу}$;

a – безрозмірна величина, що дорівнює:

$$a = \sqrt{C_{зв.} - \frac{i}{2}}. \quad (4)$$

Додатковий шар основи дорожнього одягу, розрахований за методом осушення, розраховується і за методом поглинання для перевірки можливості його ефективної роботи у період розтавання поперечних випусків. [7,8]

Поздовжнім елементом дренажної системи мілкого закладення є поздовжня дрена (або крупнопористе ядро) для відведення води із піщаного дренаючого шару основи дорожнього одягу.

До поперечних елементів дренажу мілкого закладення належать поперечні випуски із поздовжнього дренажу та поперечні дренажні прорізи.

Також для осушення дренаючого шару використовують трубчасті воронки.

Ефективність осушення дренаючого шару трубчастими воронками залежить від розміру їх приймальної частини та якості фільтру. Чим більший радіус приймальної частини, тим більша ефективність осушення дренажних шарів, але їй необхідна більша кількість кам'яного матеріалу для їх влаштування. Відповідно до досліджень, якщо радіус приймальної частини взяти більше 0,5м, то їх пропускна здатність буде збільшуватись не суттєво. При влаштуванні приймальної частини радіусом менше 0,23 їх пропускна здатність суттєво зменшується.[1]

$C_{зв.}$ – the degree of hydration, equal:

$$C_{зв.} = \frac{Q_p}{K}, \quad (3)$$

where Q_p – the estimated total specific excess water, m^3/day z $1 m^2$ roadway;

K – sand filtration rate, m/day ;

a – dimensionless quantity equal:

$$a = \sqrt{C_{зв.} - \frac{i}{2}}. \quad (4)$$

An additional layer of pavement foundations, calculated by the method of drying is calculated and the method of absorption to verify the possibility of its effective work during thawing transversal issues [7,8].

Longitudinal part of the drainage system is shallow longitudinal drains (or coarse-pored core) to drain water from draining sandy layer of pavement bases.

By cross drainage elements are shallow cross drainage issues with the longitudinal and transverse drainage openings.

Also for drainage pipe draining layer using a funnel.

The efficiency of drainage layer tubular draining craters depends on the size of their admissions and quality of the filter. The greater range of the admissions, the greater the efficiency of drainage layers, but need more rock material for their devices. According to research, if the radius of admissions to over 0.5 m, their capacity will not increase significantly. When the device-receiving radius of less than 0.23 of bandwidth is significantly reduced [1].

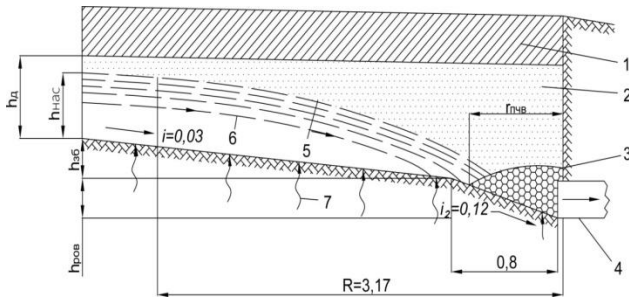


Рисунок 2 – Поперечний переріз дренаючого шару, який осушується трубчастими воронками 1 – покриття та основа; 2 – дренаючий шар; 3 – приймальна частина воронки; 4 – воронка; 5 – крива дисперсії; 6 – напрям руху фільтраційного потоку; 7 – надлишок вільної води, яка віджимається; h_d – товщина дренаючого шару по осі дороги [1,8]

Також важливим параметром при осушенні дренаючого шару трубчастими воронками є відстань між ними. [8]
Відстань між трубчастими воронками визначають за формулою:

$$L = L_{кр} + L_{пс} = \frac{3,16 K}{Q_p B \ln \frac{6,34}{2r_{пчв}}} h^2 + \frac{16 K}{Q_p B} \left(0,04 h_{нас} + 0,4 h_{нас}^2 + \frac{h_{нас}^3}{0,18} - 0,04 h_{зб} + 0,4 h_{зб}^2 + \frac{h_{зб}^3}{0,18} \right), \quad (5)$$

де: $L_{кр}$ – відстань криволінійного руху струминок води, м;
 $L_{пс}$ – відстань паралельно-струминного руху води, м;
 $K\phi$ – коефіцієнт фільтрації матеріалу площинного дренажу, м/доб;
 Q_p – розрахунковий питомий надлишок вільної води з 1 м^2 дренаючого шару, $\text{м}^3/\text{добу}$;
 B – ширина двоскатної проїзної частини, м;
 $r_{пчв}$ – радіус приймальної частини воронки за, м;
 $h_{нас}$ – розрахункове максимальне значення глибини фільтраційного потоку в дренаючому шарі, м;
 h – глибина фільтраційного потоку відносно відмітки низу приймальної частинки воронки, м;
 $h_{зб}$ – висота після збільшення похилу по ширині двоскатної проїзної частини, в зоні перед приймальною частиною воронки, м.

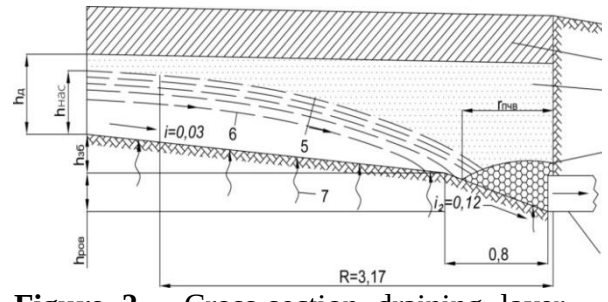


Figure 2 - Cross-section draining layer, which is dried tubular craters 1 – cover and base; 2 – drainage layer; 3 – acceptance of the funnel; 4 – crater; 5 – dispersion curve; 6 – the direction of movement of filtration stream; 7 – excess free water, which is pressed; h_d – the thickness of the drainage layer at the axis of the road [1,8]

Also an important parameter in the drainage of drainage layer tubular funnels is the distance between them. [8]
The distance between the tubular funnels is determined by the formula:

$$L = L_{кр} + L_{пс} = \frac{3,16 K}{Q_p B \ln \frac{6,34}{2r_{пчв}}} h^2 + \frac{16 K}{Q_p B} \left(0,04 h_{нас} + 0,4 h_{нас}^2 + \frac{h_{нас}^3}{0,18} - 0,04 h_{зб} + 0,4 h_{зб}^2 + \frac{h_{зб}^3}{0,18} \right), \quad (5)$$

where: $L_{кр}$ – distance curvilinear motion of water jets, m;
 $L_{пс}$ – parallel-distance jet of water movement, m;
 $K\phi$ – filtration coefficient of the material plane drainage, m/day;
 Q_p – pecific estimated excess free water from 1 м^2 draining layer, $\text{м}^3/\text{day}$;
 B – width of dvocate roadway, m;
 $r_{пчв}$ – the radius of the receiving side of the funnels for, m;
 $h_{нас}$ – calculate the maximum depth of seepage into drainage layer, m;
 h – the depth of flow relative to the height of the bottom of the admissions funnel particles, m;
 $h_{зб}$ – height after increasing the width dvoskatnoyi inclined roadway in the area before receiving a part of the funnel, m.

Глибину фільтраційного потоку відносно відмітки низу приймальної частинки воронки визначають за формулою

$$h = h_{\text{нас}} + h_{36}, \quad (6)$$

$$h_{36} = i B^2. \quad (7)$$

де: i – поперечний похил верху земляного полотна, виражений в сотих долях одиниці, найчастіше приймають $i = 0,03, \%$; Необхідне значення коефіцієнта фільтрації дренажного шару можна визначити за формулою

$$K\phi = \frac{Q_p \cdot (B^2)^2}{0,67 \cdot (h_2 + 2h_1) \cdot (h_1 + iB^2 - h_2)}, \quad (8)$$

де q_p – розрахунковий питомий надлишок вільної води з 1 м^2 дренуючого шару, $\text{м}^3/\text{добу}$; h_1 – глибина фільтруючого потоку вільної води по осі дренуючого шару, приймають $h_1 = h_{\text{нас}}$, м; h_2 – глибина фільтруючого потоку вільної води по краю дренуючого шару (зазвичай не перевищує $0,05$ м), для визначення максимально допустимого коефіцієнта фільтрації $h_2 = h_{\text{нас}}$, м. Проведемо розрахунок відстані між дренажними воронками при розрахунковому питомому надлишку вологи $Q_p = 0,05 \text{ м}^3 \text{ м}^2$ за добу. Максимальне значення глибини фільтраційного потоку яке визначається за формулою:

$$h_{\text{нас}} = \frac{Q_p \cdot T_{\text{зап}}}{q_3 - q_1} = \frac{0,05 \cdot 3}{0,65} = 0,231 \text{ м},$$

$$h_{36} = i B^2 = 0,03 \cdot \frac{7,5}{2} = 0,112 \text{ м}$$

$$h = h_{\text{нас}} + h_{36} = 0,231 + 0,112 = 0,343 \text{ м},$$

Необхідне значення коефіцієнта фільтрації дренажного шару дорівнює:

$$K\phi = \frac{Q_p \cdot (B^2)^2}{0,67 \cdot (h_2 + 2h_1) \cdot (h_1 + iB^2 - h_2)} = \frac{0,05 \cdot (7,5^2)^2}{0,67 \cdot (0,231 + 2 \cdot 0,231) \cdot (0,231 + 0,03 \cdot 7,5^2 - 0,231)} = \frac{13,474 \text{ м}^3}{\text{добу}}$$

Тоді відстань між трубчастими воронками буде дорівнювати:

$$L = L_{\text{кр}} + L_{\text{пс}} = \frac{3,16 K}{Q_p B \ln \frac{6,34}{2r_{\text{пчв}}}} h^2 +$$

The depth of seepage relatively mark the bottom of the receiving hopper particles determined by the formula

$$h = h_{\text{нас}} + h_{36}, \quad (6)$$

$$h_{36} = i B^2. \quad (7)$$

where: i – top cross slope roadbed, expressed in hundredths of a unit, often taking, $i = 0,03, \%$; The required values of the drainage layer filtering can be defined by the formula

$$K\phi = \frac{Q_p \cdot (B^2)^2}{0,67 \cdot (h_2 + 2h_1) \cdot (h_1 + iB^2 - h_2)}, \quad (8)$$

where q_p – specific estimated surplus of free water 1 м^2 draining layer, $\text{м}^3/\text{day}$; h_1 – depth filter flow of free water in the axis draining layer, taking $h_1 = h_{\text{нас}}$, м; h_2 – depth filter free water flow through the land draining layer (typically less than 0.05 m) to determine the maximum filtration coefficient $h_2 = h_{\text{нас}}$, м.

Count the distance between the drainage craters counting the specific excess moisture $Q_p = 0,05 \text{ м}^3 \text{ m of day}$ Maximum depth seepage determined by the formula:

$$h_{\text{нас}} = \frac{Q_p \cdot T_{\text{зап}}}{q_3 - q_1} = \frac{0,05 \cdot 3}{0,65} = 0,231 \text{ м},$$

$$h_{36} = i B^2 = 0,03 \cdot \frac{7,5}{2} = 0,112 \text{ м}$$

$$h = h_{\text{нас}} + h_{36} = 0,231 + 0,112 = 0,343 \text{ м},$$

The required values of the drainage layer is filtering:

$$K\phi = \frac{Q_p \cdot (B^2)^2}{0,67 \cdot (h_2 + 2h_1) \cdot (h_1 + iB^2 - h_2)} = \frac{0,05 \cdot (7,5^2)^2}{0,67 \cdot (0,231 + 2 \cdot 0,231) \cdot (0,231 + 0,03 \cdot 7,5^2 - 0,231)} = \frac{13,474 \text{ м}^3}{\text{добу}}$$

Then the distance between the tubular craters will be equal:

$$L = L_{\text{кр}} + L_{\text{пс}} = \frac{3,16 K}{Q_p B \ln \frac{6,34}{2r_{\text{пчв}}}} h^2 +$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{16 K}{Q_p B} \left(0,04 h_{\text{нас}} + 0,4 h_{\text{нас}}^2 + \frac{h_{\text{нас}}^3}{0,18} - 0,04 h_{36} + 0,4 h_{36}^2 + \frac{h_{36}^3}{0,18} \right) = \\
 & = \frac{3,16 * 13,474}{0,05 * 7,5 \ln \frac{6,34}{2 * 0,25}} 0,343^2 + \\
 & \quad + \frac{16 * 13,474}{0,05 * 7,5} * \\
 & \quad 0,04 * 0,231 + 0,4 * 0,231^2 + \frac{0,231^3}{0,18} - \\
 & * \\
 & \quad - 0,04 * 0,112 + 0,4 * 0,112^2 + \frac{0,112^3}{0,18} \\
 & = 52,027 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Отримуємо відстань між трубчастими воронками рівною 52 м. Але проблема полягає в тому, що ці залежності на враховують різку зміну вологонакопичення, яке може сягати 100-120 м³ м² за добу, що спричинено змінами клімату і режиму опадів.

Висновки

Найбільш актуальною проблемою будівництва в дорожній галузі залишається виникнення деформацій та руйнування покриттів дорожніх одягів. Серед причин виникнення деформацій та руйнувань дорожнього одягу є недостатня міцність неукріплених основ дорожніх конструкцій.

Земляне полотно і дорожній одяг у процесі експлуатації зазнають процесів, пов'язаних з тепло-масообмінними явищами, тобто періодично звожуються і просихають, охолоджуються і нагріваються, промерзають і відтають. Сукупність цих процесів визначає ВТР дороги. Небезпечна дія водно-теплових факторів на дорогу виявляється у формуванні процесів зволоження і перезволоження ґрунтів полотна і шарів одягу, наслідком яких є зниження щільності і міцності ґрунтів, виникнення просідання і здимання одягу, втрата суцільності одягів унаслідок тріщиноутворення.

Дренажні системи попереджують надмірне зволоження дорожньої конструкції та підтримують необхідну стійкість земляного полотна. Дренаж повинен забезпечити збір і відвід води з будь-якої точки покриття без переривання руху, в будь-який період року.

Дренажні воронки на автомобільних дорогах

$$\begin{aligned}
 & + \frac{16 K}{Q_p B} \left(0,04 h_{\text{нас}} + 0,4 h_{\text{нас}}^2 + \frac{h_{\text{нас}}^3}{0,18} - 0,04 h_{36} + 0,4 h_{36}^2 + \frac{h_{36}^3}{0,18} \right) = \\
 & = \frac{3,16 * 13,474}{0,05 * 7,5 \ln \frac{6,34}{2 * 0,25}} 0,343^2 + \\
 & \quad + \frac{16 * 13,474}{0,05 * 7,5} * \\
 & \quad 0,04 * 0,231 + 0,4 * 0,231^2 + \frac{0,231^3}{0,18} - \\
 & * \\
 & \quad - 0,04 * 0,112 + 0,4 * 0,112^2 + \frac{0,112^3}{0,18} \\
 & = 52,027 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Get the distance between the tubular craters is 52 m. But the problem is that these dependencies account for the sharp change accumulation of moisture, which can reach 100-120 m³/m² per day, which is caused by changes in climate and precipitation regime.

Conclusions

The most urgent problem in road construction industry is the emergence of deformation and fracture coatings pavements. Among the causes of deformation and destruction of pavement is insufficient strength unfortified fundamentals of road construction.

Roadbed and pavement in service undergo processes related to thermal mass transfer phenomena that occasionally moistened and dries out, cooled and heated, freeze and thaw. The combination of these processes determines ITR road. Dangerous performance water-heating factors on the road turns in forming processes waterlogged soil moisture and leaf and layers of clothing, the result of which is to reduce the density and strength of soil subsidence and emergence swelling clothing garments due to loss of continuity crack.

Drainage systems prevent excess moisture road construction and maintain the necessary stability of the roadbed. Drainage should ensure the collection and removal of water from anywhere in the coverage without interrupting traffic, in

влаштовуються для забезпечення стійкості земляного полотна для максимального захисту від перезволоження основи дорожнього одягу поверхневими та підземними водами. Це в свою чергу дозволяє подовжити експлуатаційний термін автомобільної дороги та її конструктивних елементів. Наступна робота авторів полягає в розробці моделей та методів проектування дренажних конструкцій, які дозволятимуть розподіляти та відводити великі надлишки вологи за короткий час.

Література

1. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. – М. Транспорт, 1980. – 191 с. (Тулаев О.Я. Конструкция і розрахунок дренажних пристроїв. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.).
2. Методика визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкового залягання з урахуванням річного циклу роботи М 218-02070915-684:2011.
3. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Н.А.Пузаков, И.А. Золотарь, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаев и др.; Под. ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. М., Транспорт, 1971. 413с.
4. Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. М: Н-Т изд. Минавтотранса и шос. дорог РСФСР, 1960, 168 с.
5. Сиденко В.М., Расчет и регулирование водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна, М: Н-Т изд. Минавтотранса и шос. дорог РСФСР, 1962, 116с.
6. Рувинский В.И., Оптимальные конструкции земляного полотна (на основе регулирования водно-теплого режима). - М.: Транспорт, 1982. – 166 с.
7. Методичні рекомендації щодо регулювання водно-теплого режиму у межах робочого шару земляного полотна автомобільних доріг МР В 2.3-02070915-849:2014
8. ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016 Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах

any season.

Drainage craters on the roads arranged to ensure the stability of the roadbed for maximum protection from waterlogged foundations pavement surface and groundwater. This in turn can extend the operating time road and its structural elements. Next work of the authors is to develop models and methods for designing drainage structures that allow distribute and allocate large excess moisture in a short time.

Literature

1. A. J. Tulaev Constructions and calculation drainage devices. - M. Transport, 1980. - 191 p. (OJ Tulayev design and calculation of drainage devices. - M.: Transport, 1980. - 191 p.).
2. Method of determining the capacity of the drainage design shallow occurrence considering the annual cycle of M 218-02070915-684: 2011.
3. Water-thermal treatment of roadbed and road Clothing / N.A.Puzakov, IA Goldsmith, V. Sydenko, AJ Tulaev et al.; Pod. Ed. IA Goldsmith, NA Puzakova, VM Sydenko. M., Transportation, 1971. 413s.
4. Puzakov N.A. Water thermal regime subgrade avtomobyl'nyh roads. M: H-T ed. Minavtotrans and SCO. roads RSFSR, 1960, 168 p.
5. Sydenko V.M. Calculation and regulation of water and heat regime Clothing and road subgrade, N, N-t ed. Minavtotrans and SCO. roads RSFSR, 1962, 116s.
6. Ruvynskyy V.I., Optymal'nye Constructions subgrade (based on the regulation of water-heat mode). - M.: Transport, 1982. - 166 p.
7. Guidelines for the regulation of fluid and thermal conditions within the working layer of subgrade of roads in MY 2.3-02070915-849: 2014
8. ISO-H B V.2.3-41: 2016 Guidelines for the design of drainage structures shallow on the roads

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.
Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **13.10.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/.8

Славінська О.С., д-р техн.наук, Стьошка В.В., канд. техн.наук.

ОПТИМІЗАЦІЯ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ПОРІВНЯННЯ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ДРЕНАЖІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

Анотація. З метою оптимізації прийняття інженерних рішень при проектуванні автомобільних доріг, визначено економічну ефективність влаштування дорожніх конструкцій із дренажними шарами мілкового закладення, розрахованими із застосуванням різних методів, – традиційного та удосконаленого. Проаналізовано дані натурних спостережень за дослідними ділянками; розглянуто варіанти влаштування дренажного шару зі змінною товщиною по ширині поперечного перерізу конструкції; вплив зміни товщини дренажного шару на загальний модуль пружності дорожнього одягу.

Ключові слова: дорожній одяг, дренаж мілкового закладення, економічна ефективність, міжремонтний строк, модуль пружності.

УДК 625.7/.8

Славинская Е.С., д-р техн.наук, Стежка В.В., канд. техн.наук

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ДРЕНАЖА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Аннотация. С целью оптимизации принятия инженерных решений при проектировании автомобильных дорог, определена экономическая эффективность устройства дорожных конструкций с дренажными слоями мелкого заложения, рассчитанными с применением различных методов, – традиционного и усовершенствованного. Проанализированы данные натурных наблюдений за опытными участками; рассмотрены варианты устройства дренирующего слоя с переменной толщиной по ширине поперечного сечения конструкции; влияние изменения толщины дренирующего слоя на общий модуль упругости дорожной одежды.

Ключевые слова: дорожная одежда, дренаж мелкого заложения, экономическая эффективность, межремонтный срок, модуль упругости.

UDC 625.7/.8

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., Styozhka V.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

OPTIMIZATION OF ENGINEERING SOLUTIONS: THE CASE OF COMPARISON OF COMPARISON OF SHALLOW DRAINAGE CONSTRUCTIONS

Abstract. For the purpose of engineering solutions optimization during motor road designing, we have determined economical efficiency of road structures arrangement in the case of shallow drainage layer, with calculation performed using both conventional and advanced methods. In-situ data on trial lots have been analysed; a number of drainage layer arrangement options has been considered for variable thickness depending on a width of structure cross-section; impact of drainage layer width variation on the total modulus of elasticity of road pavement has been investigated.

Key words: road pavement, shallow drainage, economic efficiency, inter-repair period, modulus of elasticity.

Вступ

Дренажні системи мілкового закладення є конструктивно простим, порівняно недорогим та ефективним елементом дорожньої конструкції у випадку, коли виникає необхідність покращити її водно-тепловий режим в умовах надмірного зволоження поверхневою водою та при наявності глинистих (суглинистих) ґрунтів земляного полотна. Оскільки є декілька принципово різних підходів до визначення параметрів дренажу мілкового закладення, виникає необхідність виконувати економічне порівняння варіантів розрахованих конструкцій з метою прийняття обґрунтованого з точки зору економічної ефективності інженерного рішення. При цьому обов'язково слід враховувати різницю міцності запропонованих конструкцій, оскільки вона впливає на довговічність та надійність. Для порівняння було обрано два типи конструкції: дренажна система мілкового закладення, розрахована із застосуванням удосконаленого методу, та дренаж мілкового закладення, запроєктований відповідно до діючих нормативних документів [1].

Основна частина

Економічна ефективність влаштування дренажної системи мілкового закладення, розрахованої із застосуванням удосконаленого методу, визначається розрахунком порівняльної ефективності капітальних вкладень на основі порівняння витрат на влаштування конструкцій дорожнього одягу та дренажу мілкового закладення, запроєктованих відповідно до діючих нормативних документів, з витратами на той же обсяг робіт з використанням у дорожній конструкції піщаного дренажного шару із товщиною, яка відповідає розрахункам, виконаним за удосконаленим методом.

Ефективність застосування удосконаленого дренажу мілкового закладення за рахунок виконання розрахунків із використанням модифікованої математичної моделі руху рідини у пористому середовищі [1] оцінюється шляхом співставлення на прикладі при застосуванні дренажної конструкції удосконаленого типу та такого ж дорожнього

Introduction

Shallow drainage systems provide a simply engineered, comparatively inexpensive and efficient component of a road structure when its temperature and humidity regime improvement is required, under conditions of excessive humidification with surface water and in a presence of clay (loamy) grounds in a roadbed. Since there is a number of conceptually different approaches to determination of shallow drainage parameters, arises a need to perform economical comparison of designed options, in order to come to engineering solutions substantiated in terms of economic efficiency. In these circumstances, we also must take to account the strength difference of proposed structures, since it affects durability and reliability. For the purpose of comparison, two structure types have been selected: shallow drainage system calculated by the means of the advanced method, and shallow drainage designed as per effective regulation documents [1].

Subject matter

Economical efficiency of arrangement of a shallow drainage system calculated by the means of the advanced method is determined by the calculation of capital investments comparative effectiveness on the basis of comparison of construction costs for road pavement and shallow drained structures, provided they have been designed as per effective regulation documents, with the costs of the same scope of works, provided that road structure employs sand drainage layer of a thickness calculated by the means of the advanced method.

The efficiency of advanced shallow drainage is calculated by the means of a modified simulation model of liquid flow in a porous medium [1] and is estimated by correlation of application cases of advanced drainage structure along with advanced road pavement versus conventional drainage structure (calculated

одягу із дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції.

Кількісним вимірником рівня ефективності капітальних вкладень служить коефіцієнт ефективності E :

$$E = \frac{C_p^I - C_p^{II}}{K_{II}^{II} - K_{II}^I} = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

де K_{II}^{II} і K_{II}^I – приведенні до останнього року будівництва одноразові витрати за варіантами, відповідно, при використанні дренажної конструкції удосконаленого типу та такого ж дорожнього одягу із дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції;

C_p^I і C_p^{II} – поточні витрати за тими ж варіантами за один розрахунковий рік експлуатації покриття.

Згідно з [2, 3] капітальні вкладення вважаються ефективними, якщо:

$$E > E_H, \quad (2)$$

де $E_H = 0,12$.

До складу одноразових витрат входять капітальні вкладення, реалізовані до початку експлуатації покриття чи його реконструкції (капітального ремонту). При порівнянні варіантів до складу поточних витрат включають витрати на усі види ремонтів і утримання покриття ділянки автомобільної дороги.

Відповідно до [4], міжремонтний строк служби дорожнього одягу (покриття) – період в роках від здачі дороги (об'єкту) в експлуатацію до першого капітального (поточного) ремонту або між суміжними капітальними (поточними) ремонтами.

Визначимо необхідні параметри для підрахунку ефективності влаштування дренажної конструкції удосконаленого типу у порівнянні з дренажем традиційної (розрахованої за діючими нормативами) конструкції. Розглянемо ділянку автомобільної дороги довжиною 1 км.

as per effective regulations).

The quantitative measure of capital investments efficiency is an efficiency factor E :

$$E = \frac{C_p^I - C_p^{II}}{K_{II}^{II} - K_{II}^I} = \frac{1}{T}, \quad (1)$$

where K_{II}^{II} and K_{II}^I are one-time expenses converted to the last year of construction, for the options that envisage application of advanced drainage structure along with advanced road pavement versus conventional drainage structure (calculated as per effective regulations), accordingly.

C_p^I and C_p^{II} are operational expenses in the course of one target year of road coating operation envisaged for the options mentioned above.

According to [2, 3], capital investments are considered efficient, if:

$$E > E_H, \quad (2)$$

where $E_H = 0.12$.

One-time expenses include capital investments implemented before start of coating operation or reconditioning (major repair). In the course of options comparison, operational expenses include costs of all types of coating repair and maintenance on the motor way lot.

According to [4], inter-repair service period of road pavement (coating) is a period measured in years between road (object) commissioning and the first major (operating) repair, or between consecutive major (operating) repairs.

Let parameters be determined as required for efficiency calculation of advanced drainage structure arrangement, compared to conventional drainage structure (calculated as per effective regulation). Let us consider a motor way lot of 1 km length. Let us assume a conventional

Традиційну конструкцію приймемо відповідно до рис. 1, удосконалену – 2.

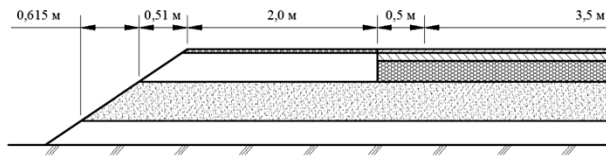


Рисунок 1 – Розміри поперечного перерізу дороги варіанту 1 (відповідно до діючих нормативів)

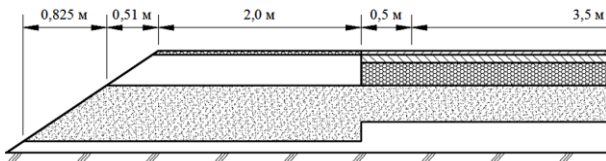
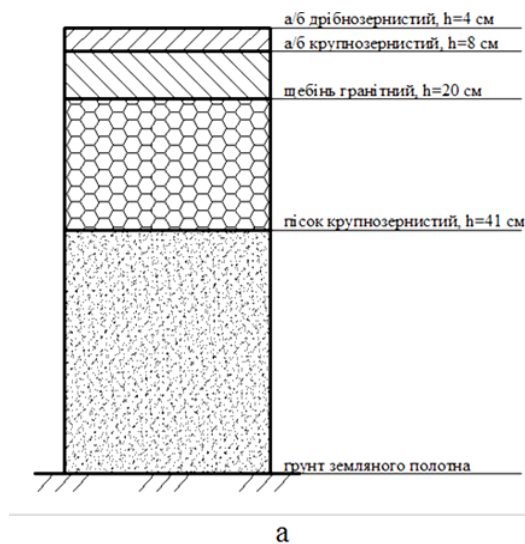


Рисунок 2 – Розміри поперечного перерізу дороги варіанту 2 (розрахований відповідно до удосконаленого методу)

Параметри конструкцій дорожніх одягів у межах проїзної частини наведено на рис. 3 (а – варіант 1, б – варіант 2), у межах узбіч – на рис. 4 (а – варіант 1, б – варіант 2).



structure in accordance with Fig. 1, and an advanced structure in accordance with Fig. 2.

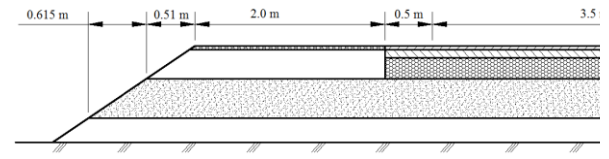


Figure 1 – Cross-sectional dimensions of a road according to option 1 (as per effective regulations)

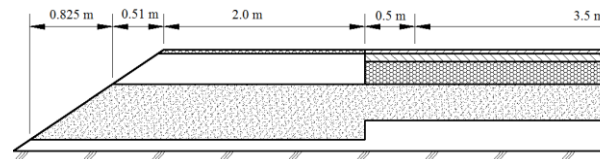
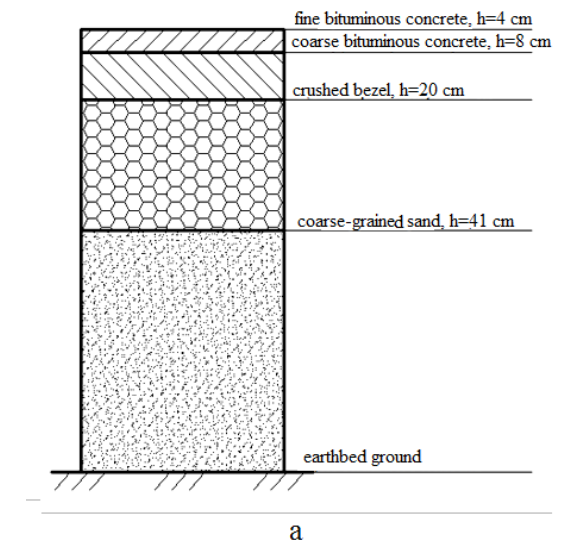


Figure 2 – Cross-sectional dimensions of a road according to option 2 (calculated by the means of the advanced method)

Parameters of road pavements structures within their surfaced portions are shown on Fig. 3 (a – option 1, b – option 2), within road shoulders – on Fig. 4 (a – option 1, b – option 2).



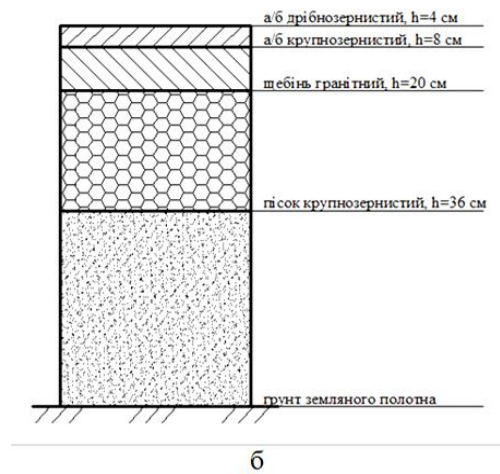


Рисунок 3 – Параметри конструкції дорожнього одягу у межах проїзної частини

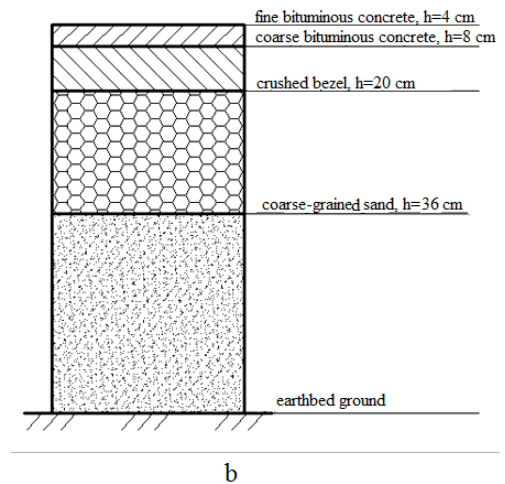


Figure 3 – Parameters of road pavements structure within its surfaced portion

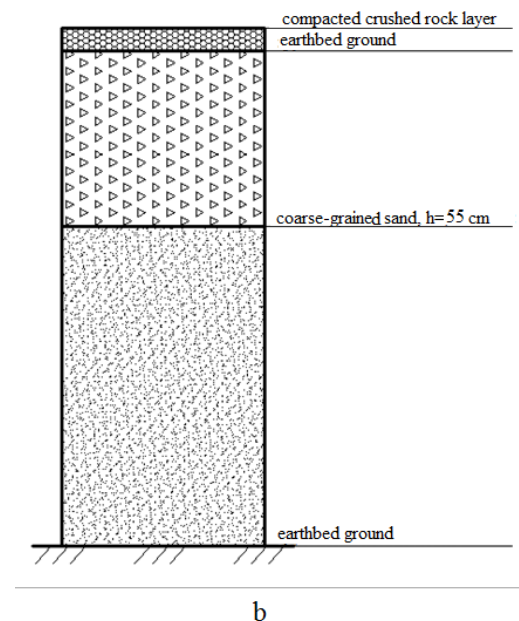
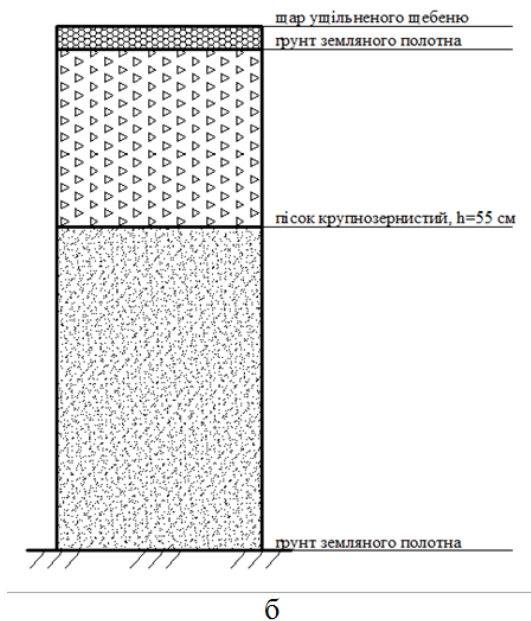
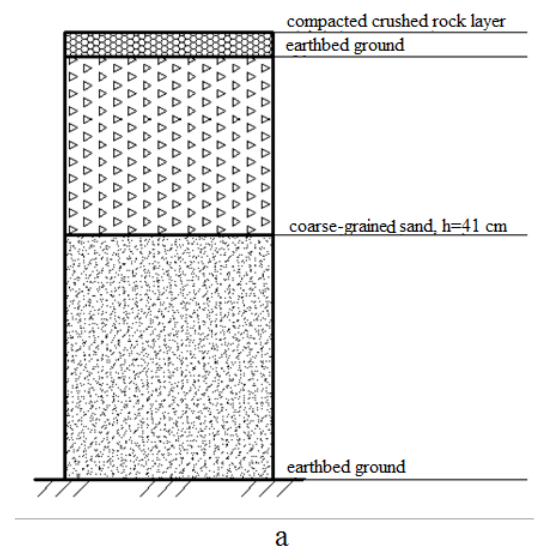
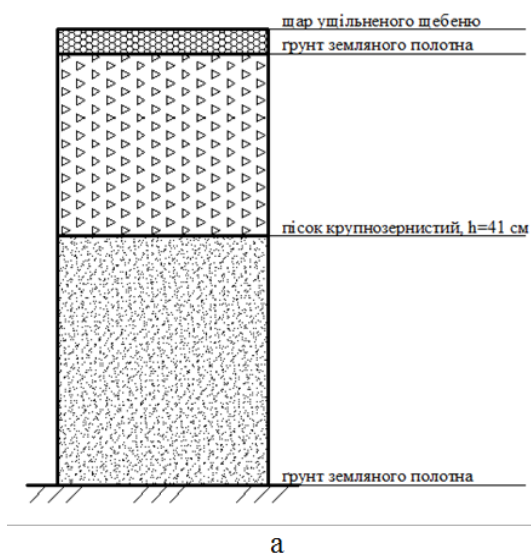


Рисунок 4 – Параметри конструкції дорожнього одягу у межах узбіч
Визначення параметрів для підрахунку

Figure 4 – Parameters of road pavements structure within road shoulders

Calculation parameters are determined

проводимо з урахуванням даних відповідно до діючої нормативної документації, а саме:

- згідно з [5], норма міжремонтного строку експлуатації асфальтобетонного покриття для III технічної категорії дороги між капітальними ремонтами становить 13 років, між поточними середніми ремонтами – 5 років.

- відповідно до [6], що розроблений для планування обсягів фінансових ресурсів на поточний ремонт та експлуатаційне утримання мережі автомобільних доріг України, як в цілому по Україні, так і по окремих регіонах, з урахуванням характеристик мережі доріг та регіональних умов їх експлуатації:

Таблиця 1 – Вартість робіт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання одного приведенного до умовного кілометра мережі автомобільних доріг загального користування державного значення [6]

№	Найменування робіт	Загальна вартість, грн.
1	Ліквідація вибоїн, тріщин, осідань, колій з застосуванням асфальтобетонних сумішей,	11 709,18
2	Ямковий ремонт асфальтобетонного покриття з розламуванням	12 589,99
3	Ямковий ремонт покриття пневмоструменевим методом	12 250,53
Всього:		36 549,70

* – вартість одиниці робіт визначена на підставі ресурсного методу ціноутворення. В зазначеній вартості враховані: прямі, загальновиробничі, адміністративні витрати, кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель та споруд виробничого та допоміжного призначення, кошторисний прибуток, податок на додану вартість.

Примітка:

- за умовний кілометр прийнятий один кілометр асфальтобетонного покриття шириною 7,5 м, на якому необхідно виконати поточний ремонт та експлуатаційне утримання;

- розрахункові норми фінансових витрат на один умовний кілометр автомобільних доріг загального користування складені станом на 01.01.2014 і підлягають перегляду при використанні нових технологій та матеріалів, а

subject to data of effective regulation documents, namely:

- according to the reference source [5], the rate of inter-repair service period for bituminous concrete pavements of III maintenance category roads between major repairs is 13 years, between operating medium repairs – is 5 years.

- according to the reference source [6], which has been developed for planning of financial resources amount required for operating repair and operational maintenance of motor ways network of Ukraine, both on a nationwide scale and in separate regions, with regard to characteristics of roads network and their regional operation conditions:

Table 1 – Cost of works on operating minor repair and operational maintenance of one nominal kilometer of all-purpose principal motor ways network [6]

No	Name of works item	Overall cost, UAH
1	Elimination of potholes, cracks, subsidences and ruts using bituminous concrete mixes	11,709.18
2	Patching repair of bituminous concrete coating with its breaking	12,589.99
3	Air jet patching repair of coating	12,250.53
Total:		36,549.70

* – cost of works item is determined on the basis of input costing. The above-noted cost takes into account: direct, general production and management expenses, construction and dismantling costs for supplementary and production temporary buildings and structures, estimated profit and value-added tax.

Note:

- the nominal kilometer is assumed as one kilometer of bituminous concrete coating of 7.5 m width, requiring for operating repair and maintenance;

- calculated rates of cost expenses on one nominal kilometer of all-purpose motor ways are established as of 01.01.2014 and shall be reviewed in a case of application of new technologies and materials, and

також можуть корегуватися на індекс інфляції щорічно.

Виходячи з даних, наведених у табл. 1, маємо щорічні витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожнього одягу (покриття) одного умовного кілометра доріг державного значення, що становлять, з урахуванням індексу інфляції, за 2014 рік приблизно 45 687,13 грн. з ПДВ.

Капітальні вкладення при будівництві (реконструкції, капітальному ремонті) ділянки автомобільної дороги (приведено до одного умовного кілометра) державного значення із влаштуванням дренажу мілкого закладення, становлять (приведені на 2015 рік) відповідно до розрахунків кошторисної вартості:

$K_{\text{пр}}^I$ – 4 953 721,00 грн./ум. км (піщаний дренажувачий шар традиційної конструкції);

$K_{\text{пр}}^{II}$ – 5 042 819,00 грн./ум. км (дренажувачий шар, розрахований за удосконаленням методом).

Відповідно до [4], поточні дрібні ремонти та експлуатаційне утримання покриття автомобільних доріг загального користування державного значення проводяться кожного року, поточний середній ремонт для доріг III технічної категорії, відповідно до [5], виконується кожні 5 років, а заміна/влаштування нового покриття (капітальний ремонт) – кожні 13 років.

Враховуючи те, що удосконалена конструкція дренажу мілкого закладення (відповідно до даних натурних спостережень), на відміну від традиційної дренажної конструкції, має підвищену здатність до осушення робочої зони земляного полотна та шарів дорожнього одягу, що сприяє підвищенню його довговічності в 1,5 – 2,0 рази, в залежності від умов експлуатації, витрати на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання дорожніх конструкцій, влаштованих із застосуванням поздовжньої дренажної системи мілкого закладення удосконаленої конструкції, зменшаться щонайменше в 1,5 рази.

Отже, враховуючи дані табл. 1, кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі 13-ти років становить –

may also be adjusted to inflation rate annually.

According to the data given in Table 1, annual expenses on operating minor repair and maintenance of road pavement (coating) as per one nominal kilometer of principal roads are approximately UAH 45,687.13 (VAT included) for year 2014, taking to account inflation rate.

Capital investments in the course of construction (reconditioning, major repair) of a principal motor way lot (measured in nominal kilometers) with shallow drainage arrangement comprise (as of the year 2015), according to estimated cost calculation:

$K_{\text{пр}}^I$ – UAH 4,953,721.00/nom. km (sand drainage layer of a conventional design);

$K_{\text{пр}}^{II}$ – UAH 5,042,819.00/nom. km (drainage layer calculated using the advanced method).

According to [4], operating minor repairs and maintenance of principal all-purpose motor ways coating are performed annually, operating medium repair of III maintenance category roads is performed every 5 years according to [5], and coating replacement / new coating arrangement (major repair) is performed every 13 years.

The advanced structure of shallow drainage (in accordance with in-situ data), compared to a conventional drainage structure, shows enhanced dewatering of earthwork operative area and road pavement layers, thus increasing its service lifetime by 1.5 - 2.0 times, depending on operation conditions. Therefore, the costs of operating minor repair and maintenance of road structures employing advanced longitudinal shallow drainage system will decrease at least by 1.5 times.

Thus, taking into account the Table 1 data, the number of operational minor repair and maintenance within the course of 13 years

13, а середніх – 2, при влаштуванні традиційної дренажної системи мілкого закладення. Для випадку застосування удосконаленого дренажу мілкого закладення кількість поточних дрібних ремонтів та експлуатаційного утримання на протязі 13-ти років становить – 9, а середніх – 1.

Вартість поточного середнього ремонту 1 м² асфальтобетонного покриття за технологією «Гарячий ремікс» коштує близько 200 грн. з ПДВ. У нашому випадку це буде приблизно 200,00·1000,00·4,00·2=1 600 000,00 (грн. за 1 км ділянки дороги). Тоді, для ділянки із традиційною дренажною системою, C_p^I становитиме $C_p^I = (45\,687,13 \cdot 13 + 1\,600\,000,00 \cdot 2) / 13 = 291\,840,98$ (грн. з ПДВ), а C_p^{II} , для ділянки з удосконаленим дренажем мілкого закладення: $C_p^{II} = (45\,687,13 \cdot 9 + 1\,600\,000,00 \cdot 1) / 13 = 154\,706,47$ (грн. з ПДВ). Зведені дані про витрати на ремонти ділянок наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Показники для розрахунку ефективності капітальних вкладень за двома варіантами будівництва

Найменування варіанту	Капітальні вкладення, грн./ум. км	Вкладення на поточний дрібний ремонт та утримання, грн. рік/ум. км
Традиційна дренажна система мілкого закладення	4 953 721	291 840,98
Удосконалена дренажна система мілкого закладення	5 042 819	154 706,47

Використовуючи дані показники, проводимо розрахунок коефіцієнту ефективності:

$$E = \frac{291840,98 - 154706,47}{5042819,00 - 4953721,00} = \frac{137134,51}{89098,00} = 1,54.$$

За результатами розрахунку на міцність

is equal to 13, and that of medium repairs is equal to 2, provided conventional shallow drainage system is arranged. In the case of advanced shallow drainage application, the number of operating minor repair and maintenance within the course of 13 years is equal to 9, and that of medium repairs is equal to 1.

The cost of operating medium repair per 1 m² of bituminous concrete coating using Hot Remix technology is about 200 UAH, VAT included. In the considered case, the total cost is about 200.00x1000.00x4.00x2=1,600,000.00 (U AH per 1 km of road lot). Then, for a lot with a conventional drainage system, C_p^I is $C_p^I = (45,687.13 \times 13 + 1,600,000.00 \times 2) / 13 = 291,840.98$ (UAH, VAT included), and C_p^{II} , for a lot with advanced shallow drainage, is: $C_p^{II} = (45,687.13 \times 9 + 1,600,000.00 \times 1) / 13 = 154,706.47$ (UAH, VAT included). Summary data on costs of lots repair are shown in Table 2.

Table 2 – Capital investments efficiency calculation indexes for two construction options

Option name	Capital investments, UAH/nom .km	Investments into operating minor repair and maintenance, UAH/year/no m. km
Conventional shallow drainage system	4,953,721	291,840.98
Advanced shallow drainage system	5,042,819	154,706.47

Let us calculate the efficiency ratio on the basis of these indexes:

$$E = \frac{291840.98 - 154706.47}{5042819.00 - 4953721.00} = \frac{137134.51}{89098.00} = 1.54.$$

Based on the results of strength

з'ясовано, що модуль пружності дорожнього одягу із дренажним шаром, розрахованим за удосконаленим методом, становить 319,33 МПа, що задовольняє вимоги до потрібного модуля пружності доріг III технічної категорії. У свою чергу, модуль пружності конструкції варіанту 1 становить 325,60 МПа, що всього на 2 % більше за модуль пружності конструкції другого варіанту. Отже, ослаблення конструкції за рахунок зниження товщини піщаного дренажного шару є незначним.

Висновки

Отже, можна вважати, що капітальні вкладення у влаштування дренажної системи мілкового закладення із піщаним шаром, розрахованим за удосконаленим методом, є ефективними, оскільки $E=1,54 > E_H = 0,12$.

При незначних збільшенні вартості та зниженні міцності, у порівнянні із традиційними конструкціями, застосування дренажного шару, розрахованого за удосконаленим методом, дає змогу оптимізувати параметри дорожньої конструкції під індивідуальні умови водно-теплогового режиму та підвищити її надійність і довговічність.

Література

1. Styozhka V. Improvement of the calculation method for the sand layer of a shallow drainage system / O. Slavinska, V. Styozhka // The Advanced Science Journal. – Vol. 2015. – Issue 4. – P. 13–20.
2. Грушко И.М. Основы научных исследований / Грушко И.М., Сиденко В.М. – К. : Будівельник, 1983. – 221 с.
3. Шведков Е.Л. Элементарная математическая статистика в экспериментальных задачах материаловедения / Шведков Е. Л. – К. : Наукова думка, 1975. – 112 с.
4. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України : П-Г. 1-218-113:2009. – К. : Укравтодор, 2009. – 269 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
5. Організаційно-методичні, економічні і технічні нормативи. Міжремонтні строки

calculation, it was found out that modulus of elasticity of a road pavement with a drainage layer calculated as per advanced method is 319.33 MPa. This value complies with the required modulus of elasticity for III maintenance category roads. Again, the modulus of elasticity of the option 1 is 325.60 MPa, which exceeds the modulus of elasticity of the option 2 by 2 % only. Therefore, there is a negligible weakening of structure due to reduction of sand drainage layer thickness.

Conclusions

Thus, investments into arrangement of sand-layer shallow drainage system calculated as per advanced method may be considered efficient, since $E=1.54 > E_H = 0.12$.

While leading to negligible cost increase and strength reduction compared to conventional structures, application of drainage layer calculated as per advance method allows for optimization of road structure parameters with regard to specifics of temperature and humidity regime and provides increase of road structure reliability and durability.

References

1. Styozhka V., Slavinska O. (2015), Improvement of the calculation method for the sand layer of a shallow drainage system. The Advanced Science Journal, Vol. 2015, Issue 4, P. 13–20.
2. Grushko I.M., Sydenko V.M. (1983), The Basics of Scientific Research [Osnovy nauchnykh isslyedovaniy]. Budivel'nyk, Kiev, 221 p.
3. Shvedkov Y.L. (1975), Elementary mathematical statistics for experimental problems in material engineering [Elyemyentarnaya matyemacheskaya statistika v eksperymental'nykh zadachakh materialovyedyeniya]. Naukova dumka, Kiev, 112 p.
4. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2009), Technical regulations on repair and maintenance of all-purpose motor ways of Ukraine [Tekhnichni pravyla remontu ta utrymannya

експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування : ВБН Г.1-218-050-2001. – К. : Укравтодор, 2001. – 12 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

6. Норми фінансових витрат на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування та мостів на них : СОУ 42.1-37641918-065:2013. – К. : Укравтодор, 2014. – 26 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

avtomobil'nykh dorih zahal'nogo korystuvannya Ukrainy]: П-Г. 1-218-113:2009. – State Highway Service of Ukraine, Kiev, 269 p.

5. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2001), Organizational and methodical, economical and engineering regulations. Inter-repair operation periods of road pavements and coatings on all-purpose motor ways [Orhanizatsiyno-metodychni, ekonomichni i tekhnichni normatyvy. Mizhremontni stroky ekspluatatsiyi dorozhnikh odyagiv ta pokryttiv na avtomobil'nykh dorogakh zahal'nogo korystuvannya]: ВБН Г.1-218-050-2001. – State Highway Service of Ukraine, Kiev, 12 p.

6. Regulation document of the State Highway Service of Ukraine (2014), Rates of cost expenses on operating minor repair and maintenance of all-purpose motor ways and bridges constructed on them [Normy finansovykh vytrat na potochnyi dribnyi remont ta ekspluatatsiyne utrymannya avtomobil'nykh dorih zahalnoho pryznachennya ta mostiv na nykh]: СОУ 42.1-37641918-065:2013. State Highway Service of Ukraine, Kiev, 26 p.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **23.09.2016 р.**

УДК 368:332.6

Соколова Н.М., канд. екон. наук

ЕКОЛОГІЧНЕ СТРАХУВАННЯ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГО – ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЗАЦІЄЮ ВИРОБНИЦТВА

Анотація. У статті окреслено сутнісно-змістовну основу екологічного страхування з позиції формування та розвитку системи екологізації виробництва у контексті екосистемного управління. Охарактеризовано визначальну роль екологічного страхування.

Об'єкт дослідження – екологічне страхування в системі еколого-економічного управління.

Мета роботи – аналіз існуючих підходів до трактування дефініції «екологічне страхування», уточнення його змісту, визначення характерних ознак притаманних цьому виду страхування, а також організації страхової діяльності як фактору екологізації виробництва.

Методи дослідження – аналітичний.

Ключові слова: екологічне страхування, навколишнє середовище, еколого-економічне управління, екологізація виробництва.

UDC 368:332.6

Sokolova N., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

ENVIRONMENTAL INSURANCE IN THE SYSTEM OF ECOLOGICAL- ECONOMIC MANAGEMENT OF ECOLOGIZATION THE PRODUCTION.

Abstract. The article outlines essentially-meaningful basis of environmental insurance from a position of formation and development of system ecologization the production in the context of ecosystem management. Characterized crucial role of environmental insurance.

Object of study - environmental insurance in the system of ecological-economic management.

Purpose - analysis of existing approaches to the interpretation of the definition of "ecological insurance", clarification of its meaning, definition of characteristic features inherent to this type of insurance and also organization of insurance activity as a factor of ecologization production.

Methods - analytical.

Keywords: environmental insurance, environmental, ecological - economic management, ecologization production.

УДК 368: 332.6

Соколова Н.Н., канд. екон. наук

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРАХОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЗАЦИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье обозначены сущностно-содержательную основу экологического страхования с позиции формирования и развития системы экологизации производства в контексте экосистемного управления. Охарактеризована определяющая роль экологического страхования.

Объект исследования - экологическое страхование в системе эколого-экономического управления.

Цель работы - анализ существующих подходов к трактовке дефиниции «экологическое страхование», уточнения его содержания, определение характерных черт, присущих этому виду страхования, а также организации страховой деятельности как фактора экологизации

производства.

Методы исследования - аналитический.

Ключевые слова: экологическое страхование, окружающая среда, эколого-экономическое управление, экологизация производства.

Постановка проблеми

Сучасний стан розвитку суспільних відносин з постійно зростаючим антропогенним впливом на навколишнє природне середовище вимагає зміни відношення людства до процесів виробництва та споживання товарів. Якщо раніше в основу будь-яких дій людини ставилися економічні пріоритети, то сьогодні на перший план виходять екологічні цілі. Іншими словами, на нинішньому етапі розвитку виробництва кожне рішення щодо освоєння нових або модернізації старих виробництв необхідно оцінювати з позиції зменшення негативного впливу на довкілля.

Такий підхід називають екологізацією виробництва. Таким чином, екологізація – це зменшення інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва та споживання товарів у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Екологізація є більш широким поняттям ніж природоохоронна діяльність, оскільки її ціллю є не охорона природного середовища, а запобігання його пошкодженню через вилучення з виробництва і споживання природо-небезпечних товарів. Екологізація не є синонімом „охорони природи”, оскільки вона спрямована на екологічне вдосконалення, тобто зниження потреби в охороні природи, через зменшення екодеструктивного впливу.

Процеси екодеструктивного впливу групуються за п'ятьма напрямками:

- забруднення (хімічне, шумове, електромагнітне, теплове, радіаційне, біологічне та ін.);
- порушення ландшафтів (риття котлованів, каналів, оранка ґрунтів, формування відвалів, зміна русел рік, осушення боліт, затоплення території);
- прямий вплив на організм людини (виробничий травматизм, професійні захворювання, підвищення радіаційного фону);
- вплив на характеристики людини як

Formulation of the problem

The current state of social relations with every time increasing anthropogenic impacts on the environment requires changes in attitude of humanity to the processes of production and consumption of goods. Previously in the foundation of any human actions were economic priorities and now to the fore are coming environmental goals. In other words, at this stage of the development of production each decision on the development of new or upgrading old manufactures should be evaluated from the position of reducing negative environmental impact.

Such approach is called ecologization of production. Thus, ecologization - is a reduce of integral eco destructive impact of production processes and consumption of goods in counting per unit of gross national product. Ecologization is more broad concept than environmental protection because its goal is not the environmental protection but the prevention of its damage through exclusion from production and consumption of natural and dangerous goods. Ecologization is not synonymous with " a nature protection" because it is aimed at environmental improvements that is to say the decrease of need for conservation of nature onservation, by reducing of natural and dangerous influence.

Process of eco destructive effect are grouped into five areas:

- Pollution (chemical, noise, electromagnetic, thermal, radiation, biological, etc.)
- Violation landscapes (digging ditches, canals, plowed lands, forming heaps, change channels of rivers, draining swamps, flooded territories);
- A direct effect on the human body (industrial injuries, occupational diseases, increasing of background radiation);

особистості (конвеєрне виробництво, інтенсифікація розумової діяльності);
- прямий негативний вплив на тварин і рослин (їх загибель від транспорту, затоплення і осушення земель та забруднення водойм).

Тому екологізація повинна бути спрямована на зменшення забруднення природного середовища, порушення ландшафтів, негативного впливу на людину, тваринний та рослинний світ.

Для успішного практичного вирішення забезпечення умов екологічно стійкого соціально-економічного розвитку галузей і регіонів необхідно розширення і збагачення використовуваних засобів регулювання на основі розробки і впровадження нових елементів та інструментарію, в тому числі природоохоронного регулювання. Одним з найбільш ефективних, сучасних інструментів системи екологічної безпеки та економіко-екологічного контролю повинні стати екологічне страхування, екологічний аудит і екологічний облік [1].

Перспективним моментом екологізації виробництва є організація екологічного страхування. На жаль, страхування екологічних ризиків в даний час не отримало належного поширення. Страхові правовідносини в нашій країні здійснюються на підставі Типового подання про порядок добровільного страхування, яке недостатньо доопрацьовано і має значні недоліки. Але головна причина полягає не в цьому, а в необов'язковому характері екологічного страхування. В цій ситуації, з огляду на громадянську неактивність юридичних і фізичних осіб, які постраждали від антропогенного впливу, підприємства-забруднювача не хочуть страхувати екологічні ризики, тому що ймовірність пред'явлення позовів про відшкодування шкоди майже нульова. Крім того, через не підготовку потенційних страхувальників, страхові компанії не зацікавлені здійснювати активну діяльність в сфері екологічного страхування. Змінити існуючий стан, змусити працювати систему страхування екологічних ризиків дозволить прийняття законодавчих актів про обов'язкове екологічне страхування.

- The impact on the characteristics of human beings (assembly-line production, intensification of intellectual activity);
- A direct negative impact on plants and animals (their deaths from transport and land drainage flooding and water pollution).

Therefore ecologization should be aimed at reducing environmental pollution, violation of landscapes, negative effects on human, animal and plant life.

For the successful practical solution ensuring conditions of stable socio-economic development sectors and regions it's necessary to expand and enrich used means of regulation based on the development and introduction of new items and tools, including environmental regulation. One of the most effective and modern tools of environmental safety, economic and environmental controls should be environmental insurance, environmental audits and environmental accounting. [1]

Perspective aspect of ecologization production is the environmental insurance organization. Unfortunately, now insurance of environmental risks did not receive proper distribution. In our country insurance relations are making based on typical application about the procedure of voluntary insurance, which is not completed and has significant disadvantages. But the main reason lies not in it but in optional nature of environmental insurance. In this situation, in view of the civil inactivity legal and natural persons who affected by human influence, companies-polluters do not want to insure environmental risks, so that the probability of presentation of claims for damages almost zero. In addition, because of no training potential policyholders, insurance companies are not interested in making active actions in the field of environmental insurance. Change existing condition, to make insurance system of environmental risks work, will legislate mandatory of environmental insurance. Insurance of environmental risks can also be used in industry, for that enterprises must insure risks which carry wastewater discharges into

Страхування екологічних ризиків може також знайти застосування в промисловості, для цього підприємства повинні страхувати ризики, які здійснюють скиди стічних вод в річки [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Важливим важелем економічного стимулювання природоохоронних витрат є здійснення обов'язкового й добровільного державного та інших видів страхування громадян та їхнього майна і доходів підприємств на випадок шкоди, завданої внаслідок забруднення навколишнього середовища та погіршення якості природних ресурсів. Це визначено в законі України "Про охорону навколишнього природного середовища". Однак порядок і положення про екологічне страхування законодавством не визначені [3].

Питання запровадження та забезпечення функціонування екологічного страхування є доволі актуальними. Саме тому існує необхідність комплексного дослідження питань, пов'язаних із діяльністю цього інструментарію. У роботах С.В. Макара, Г.А. Моткіна, О.М. Віленчука, Р.Т. Давидової та ряду інших авторів значна увага приділяється обґрунтуванню необхідності запровадження та формуванню основних принципів екологічного страхування. В той же час значна кількість питань, пов'язаних з практикою екологічного страхування не висвітлених в науковій літературі вимагає подальшого дослідження.

Постановка завдання

В якості мети цієї статті аналіз існуючих підходів до трактування дефініції «екологічне страхування», уточнення його змісту, визначення характерних ознак притаманних цьому виду страхування, а також організації страхової діяльності як фактору екологізації виробництва.

Виклад основного матеріалу

Головне завдання екологічного страхування — компенсація страхувальникам збитків, що виникають унаслідок випадкового забруднення навколишнього природного середовища, додаткове фінансове забезпечення екологічної

rivers [2].

Analysis of recent research and publications.

An important lever of economic promotion of environmental costs is the implementation of mandatory and voluntary public insurance and other types of citizens insurance, their property and business income in the event of damage caused by pollution of the environment and deterioration a quality of natural resources. This is defined in the law of Ukraine "About Environmental Protection". However, the procedure and provisions on environmental insurance law are not defined [3].

The question of the introduction and operation of environmental insurance is quite relevant. That is why there is a need for a comprehensive study of issues related to the activities of this tool. In the works of S.V. Makara, G.A. Motkina, O.M. Vilenchuka, R.T. Davidovoj and other several authors much attention is paid on the need of introduction and formation of the basic principles of environmental insurance. At the same time, a significant number of issues related with the practice of ecological insurance that are not covered in the scientific literature, requires further investigation.

Setting objectives

As the purpose of this article is the analysis of existing approaches to the interpretation of the definition of "ecological insurance", elaboration its meaning, definition of characteristic features inherent to this type of insurance and also organization of insurance activity as a factor of ecologization production.

Presenting of the main material

The main objective of environmental insurance - a compensation for insured losses arising from accidental contamination of the environment, the additional financial support for environmental safety in

безпеки при додержанні інтересів усіх сторін договору, зменшення платежів за забруднення.

Екологічне страхування створює взаємну економічну зацікавленість страхувальників і страхових організацій у зниженні ризику забруднення навколишнього природного середовища. Страхувальник зацікавлений у підвищенні своєї екологічної безпеки й тому, що з підвищенням імовірності аварій зростають ставки страхових внесків. Крім того, у вигляді заохочення безаварійності страхувальник одержує низку економічних пільг — пільгові умови подовження страхового договору, залучення додаткових ресурсів із фонду превентивних заходів страхувальника на проведення природоохоронних чи запобіжних заходів.

У міжнародній практиці страховий ризик визначається як явище, здатне спричинити певні втрати, яких можна уникнути за рахунок купівлі страхового полісу. До сфери екологічного страхування належить страхування ризику понаднормативних викидів і скидів шкідливих речовин, екологічних збитків унаслідок екологічних катастроф, екологічне страхування нових технологій тощо. В обов'язковому й добровільному страхуванні екологічних ризиків використовують кілька видів страхових договорів та полісів. У разі страхування відповідальності за фізичні й майнові шкоди третій особі, як цього вимагає законодавство у сфері поводження з твердими відходами, застосовують два основні поліси:

- поліс страхування всебічної генеральної відповідальності за шкоду навколишньому середовищу;
- поліс страхування відповідальності за шкоду навколишньому середовищу.

З погляду страхового покриття є дві форми полісів:

- на основі претензій;
- на основі екологічних ситуацій, що склалися.

Для введення державного обов'язкового екологічного страхування (на відміну від добровільного) в Україні слід прийняти відповідний закон, у якому б визначалися як провідна страхова компанія (компанії), так і порядок утворення й функціонування

maintaining the interests of all sides of the agreement, reduction payments for pollution.

Environmental insurance creates mutual economic interest of insurers and insurance organizations in reducing the risk of environmental pollution. Insurer is interested in improving environmental safety also because of the increasing of probability of accidents are increasing rate of insurance contributions. In addition, as a failsafe the insurer receives a number of economic benefits – reduced extension of terms of the insurance contract, additional resources from the fund preventive measures for conduct environmental and safety events.

In international practice the insurance risk is defined as a phenomenon that can cause some losses which can be avoided by buying an insurance policy. The scope of environmental insurance includes the insurance risk of abnormal emissions and discharges of hazardous substances, environmental damage due to environmental disasters, environmental insurance of new technologies etc. Compulsory and voluntary insurance of environmental risks use several kinds of insurance contracts and policies. In the case of liability insurance for physical and property damage to the third person, as it is required by legislation on solid waste management, are used two main policies:

- Insurance policy of comprehensive general liability for damage of the environment;
- Insurance policy for damage of the environment.

In terms of coverage, there are two forms of policies:

- Based on claims;
- Based on environmental situations that happened.

To enter the state compulsory environmental insurance in Ukraine (rather than voluntary) should adopt a law, which would be defined the leading insurance company (companies) and the order of formation and functioning of state environmental insurance fund.

державного екологічного страхового фонду.

Порядок добровільного корпоративного екологічного страхування визначається відповідними договорами, правилами й нормами цивільного законодавства. В Україні для введення добровільного екологічного страхування потрібно прийняти Типове положення про порядок екологічного страхування, яке б вводилося в дію розпорядженням уряду держави на підставі Типового положення страхові організації розробляють свої Правила з добровільного екологічного страхування. Доцільно в цих правилах передбачити положення щодо страхового екологічного аудиту, який дає змогу розв'язувати завдання визначення параметрів об'єктів страхового поля (оцінювати ступінь екологічної небезпеки підприємств і виробництв, розмір можливих збитків і тарифних ставок страхових внесків).

Страхова організація з екологічного страхування надає страховий захист цивільної майнової відповідальності страхувальникам за шкоду, завдану третім особам унаслідок раптового, неупередженого й неочікуваного забруднення навколишнього природного середовища. Страхувальниками виступають корпорації, підприємства всіх форм власності, які є юридичними особами [4].

В основі ранжування підприємств за ступенем їх екологічної небезпеки лежать оцінки ймовірності страхового ризику забруднення навколишнього середовища і потенційного економічного збитку, що завдається забрудненням.

Страховий ризик - певна подія, у разі настання якої проводиться страхування, тобто в даному випадку це можливість пред'явлення до страхувальника майнових претензій за заподіяну їм екологічний збиток. На основі величини економічного збитку від аварійного забруднення середовища підприємства поділяють на три групи.

Група "А" - особливо небезпечні - підприємства з імовірністю аварій на рівні 0,09. Вони повинні підлягати обов'язковому страхуванню.

Група "Б" - небезпечні - з імовірністю аварій на рівні 0,085. Рішення по їх обов'язковому страхуванню приймають регіональні

The order of voluntary corporate environmental insurance is defined by the relevant treaties, regulations and rules of civil law. In Ukraine, for the introduction of voluntary environmental insurance must accept model clause about order of environmental insurance, which would be enforced by government order.

Based on model clause insurance companies design their rules of voluntary environmental insurance. It is advisable in these rules to make provision of insurance environmental audit, which enables to solve the problem of determining parameters of objects insurance field (assess the environmental hazard of companies and industries, the size of potential losses in tariff rates and insurance premiums).

Insurance company of environmental insurance provides insurance protection of civil property liability insurers for damage caused to third side as a result of sudden, unexpected and impartial environmental pollution. Insurers are performed as corporations, enterprises of all types of property that are legal persons [4].

Underlying ranking companies according to their environmental hazards assess the probability of the insured risk of pollution and potential economic damage inflicted pollution.

Insurance risk - a certain event, in case of which the insurance is conducted, that in this case this is a possibility of presenting to the insured property claims caused them by environmental damage. Based on the value of economic damage from accidental pollution enterprises are divided into three groups.

Group "A" - extra dangerous - companies with a probability of accidents at 0.09. They should be subject to compulsory insurance.

Group "B" - dangerous - with a probability of accidents at 0.085. The decision on compulsory insurance is taken by regional

природоохоронні органи.

Група "В" - малонебезпечні - ймовірність аварій 0,059. Підприємства страхують ризик екологічних аварій на добровільній основі [5].

У більшості розвинених країн функціонують два різновиди страхування, пов'язані із екологічними ризиками:

- перший – страхування довкілля – вид страхування, який має на меті забезпечити збереження біорізноманіття, яке може постраждати від екологічних катастроф; воно здійснюється за правилами, передбаченими для страхування майна та з урахуванням специфіки об'єктів страхування [6];

- другий – екологічне страхування – вид страхування, який покликаний забезпечувати страховий захист у разі заподіяння збитків майну страхувальника, третіх осіб, або його знищення, при ушкодженнях здоров'я третіх осіб, зупинення бізнесу, накладання на винуватця штрафних санкцій, при необхідності очистки від забруднення території страхувальника та третіх осіб, а також у випадку виникнення потреби з вивезення забруднень, особам у результаті раптового, ненавмисного й несподіваного забруднення навколишнього природного середовища або стихійного лиха [7].

Враховуючи це відмічаємо, що завданнями екологічного страхування є управління екологічними ризиками та захист від їх проявів, а саме від:

- матеріальної шкоди, завданої власності фізичних та юридичних осіб, а також шкоди, пов'язаної з втратою доходу, прибутку, перервою у виробництві – в Україні зазначене вище є предметом договорів майнового страхування та страхування цивільно-правової відповідальності;

- шкоди, заподіяної життю, здоров'ю та працездатності людини – в Україні це предмет договорів особового страхування;

- шкоди, спричиненої довкіллю, тобто нанесеної природним елементам (грунтам, поверхневим і підземним водам, природному середовищу існування рослин і тварин, безпосередньо живим організмам) – зараз в Україні не підлягає страхуванню, а компенсується з державних коштів.

При запровадженні екологічного страхування в Україні на увагу заслуговує така його

environmental authorities.

Group "B" - low-hazard - the likelihood of accidents 0.059. Enterprises insure the risk of environmental accidents on a voluntary basis [5].

In the most developed countries there are two types of insurance relating with environmental risks:

- the first - environmental insurance - kind of insurance that aims to preserve biodiversity, which can be affected by environmental disasters; it is carried out according to the rules provided for property insurance and the specific objects of insurance [6];

- the second - environmental insurance – kind of insurance that is designed to provide insurance protection in case of damage to insured property, third sides, or its destruction, the damage of health of third sides, termination of business, overlay penalties, if necessary cleaning from pollution the territory of insurer and third sides and in case of need for removal of contaminants, individuals as a result of sudden, unintended and unexpected environmental pollution or natural disaster. [7]

Considering this we note that the tasks of environmental insurance is a management of environmental risks and protection from their manifestations, namely from :

- Material damage caused to the property of individuals and legal persons and damages related to loss of income, profits, business interruption - in Ukraine foregoing is a subject of contracts of property insurance and insurance of civil liability;

- Damage to life, health and disability rights - in Ukraine it is the subject of contracts of personal insurance;

- Damage caused to the environment that is deposited natural elements (soils, surface and underground waters, natural habitat of plants and animals directly to living organisms) - now in Ukraine cannot be insured and compensated from public funds

By implementing environmental insurance in Ukraine deserves the attention such its

особливість, як надзвичайно великі масштаби збитків, що підлягають компенсації.

Велике значення у справі запровадження в Україні системи екологічного страхування повинна відігравати держава, за рахунок формування екологічних резервних фондів та прямої участі у страхуванні особливо небезпечних промислових і оборонних об'єктів, розробці та реалізації цільових екологічних програм, спрямованих на попередження екологічних катастроф, створенні системи екологічної статистики, наукового забезпечення даної сфери тощо.

Висновки

Враховуючи зазначене вище, приходимо до висновку, що екологічне страхування в Україні повинне впроваджуватись як сума *environmental* і *ecological* страхування та з обов'язковою участю держави як гаранта забезпечення якості довкілля, що цілком відповідає її обов'язку щодо забезпечення проголошеного у ст. 50 Конституції України права кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди [5].

Аналіз вище наведених підходів до визначення суті поняття «екологічне страхування» дозволяє нам сформулювати визначення цього поняття: екологічне страхування - це сукупність економічних відносин, які виникають між страховиком і страхувальником (власником, експлуатантом джерел підвищеної небезпеки) щодо забруднення навколишнього середовища та з приводу захисту майнових інтересів останнього у разі завдання ним шкоди життю та здоров'ю громадян, майну фізичних і юридичних осіб та довкіллю внаслідок раптового та ненавмисного забруднення навколишнього середовища, і передбачають обов'язкову сплату страхувальником страхових премій, які адекватні ступеню ризикованості джерела підвищеної небезпеки, а також зобов'язання страховика здійснити страхову виплату при настанні випадку, визначеного як страховий [8].

Стан довкілля в Україні безсумнівно вимагає впровадження принципово нового для України виду страхування – екологічного.

Екологічне страхування повинне передбачати, крім іншого, компенсацію шкоди за збитки

feature as a very large scale losses that are subject to compensation.

Great value in the case of implementation in Ukraine of environmental insurance should play the country due to forming ecological reserve funds and direct participation in insurance especially hazardous industrial and defense facilities, the development and implementation of targeted environmental programs aimed at preventing environmental disasters, creation of environmental statistics, and scientific support of this sphere.

Conclusions

Considering the above, we conclude that the ecological insurance in Ukraine should be implemented as the sum of environmental and ecological insurance and mandatory participation of the state as guarantor of the quality of the environment, which is consistent with its duty to ensure proclaimed in art. 50 of the Constitution of Ukraine the right of everyone to a safe and healthy environment and to compensation of harm violation of this right [5].

Analysis of the mentioned above approaches to define the essence of the concept of "ecological insurance" allows us to formulate a definition of the term: environmental insurance –is a set of economic relations that arise between the insurer and the insured (owner, operator sources of increased danger) of environmental pollution and for the protection of property the interests of the latest in the event of his damage to life and health of citizens, property of individuals and legal persons and the environment due to the sudden and accidental pollution, and provide for the mandatory insurers payment of insurance premiums that are adequate to the level of risk source of increased danger and obligations of insurer to make insurance payment upon the occurrence of the event specified as insurance [8].

The environmental situation in Ukraine undoubtedly requires the introduction of a fundamentally new for Ukraine kind of insurance - environment.

Environmental insurance must provide, among other things, compensation for

завдані екосистемам довкілля в обсягах, що забезпечуватимуть їх відновлення до інтактного стану, що повинно знайти відображення в законодавстві України. Запровадження екологічного страхування дозволить забезпечити реальну компенсацію застрахованих екологічних збитків, зменшить навантаження на державний та місцевий бюджети, надасть можливість залучити ресурси страхових компаній для інвестування економіки та компенсації збитків, нанесених внаслідок екологічних інцидентів.

Література

1. Борецько В.І. Економіка довкілля та природокористування: Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2011. – 255 с.
2. Савон Д.Ю., Сафронов, А.Е. Эколого-экономические аспекты инновационного развития промышленных предприятий региона [Текст]: моногр. / Д.Ю. Савон, А.Е. Сафронов. – Ростов-н/Д, 2010. – 162 с.
3. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
4. Екологічне управління: підручник / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський та ін. // К.: Либідь, 2004. — 432 с.
5. Макар С.В. Основы экономики природопользования / С.В. Макар. – М.: Институт международного права и экономики им. А.С. Грибоедова, 1998. – 192 с.
6. Давыдова Р.Т. Экологическое страхование – часть экономического механизма природопользования / Р.Т. Давыдова // М.: Страховое дело. – 2002. – №3. – С. 49–57
7. Insurance Definition: Environmental impairment liability coverage [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.compuquotes.com/insurance-definition-environmental-impairment-liability-coverage.html>
8. Проценко О.Л. Екологічне страхування: український аспект [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fkd.org.ua/article/view/25167/22618>

Рецензенти:

Матейчик В.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Matejczik V. P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

damages caused to the environment ecosystems at levels that ensure their recovery to the intact condition that should be reflected in the legislation of Ukraine. The introduction of environmental insurance will provide compensation to the insured real environmental damage, reduce the burden on state and local budgets, will allow insurance companies to attract resources for investment in the economy and compensation for damage caused as a result of environmental incidents.

Literature

1. Boreyko V.I. Economics of Environment and Natural Resources: Training. manual. - Exactly: NUWMNRU, 2011. - 255 p.
2. Savon D.Y, Safronov, A.E. Ecological-Economic aspects Innovatively development of industrial enterprises of the region [Text]: monograms. / D.U. Savon, A.E Safronov. – Rostov- n / D, 2010. - 162 p.
3. About environmental protection: The Law of Ukraine, 25.06.1991 № 1264-XII // [electronic resource]. - Access: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
4. Environmental management manual / V.Y. Shevchuk, U.M. Sataalkin, G.O. Bilyavskaya and others. - K.: Lybid, 2004. - 432 p.
5. Makar S.V. Fundamentals of economy of nature / S.V. Makar. - Moscow: Institute of international law and economy by A.S. Griboedova, 1998. - 192 p.
6. Davydov R.T. Environmental insurance – a part of economic mechanism of nature / R.T. Davydova // Insurance case. - 2002. - №3. - P. 49-57
7. Insurance Definition: Environmental impairment liability coverage [Electronic resource]. - Access: <http://www.compuquotes.com/insurance-definition-environmental-impairment-liability-coverage.html>
8. Protsenko O.L. Environmental insurance: Ukrainian dimension. [Electronic resource]. - Access: <http://fkd.org.ua/article/view/25167/22618>

Стаття надійшла до редакції: 22.10.2016 р.

УДК 666.94

Солодкий С.Й., д-р техн.наук, Гуняк О.М., Марків Т.Є., канд. техн.наук

ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ МОДИФІКОВАНИХ ВИСОКОМІЦНИХ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ

Анотація. Наведено результати дослідження впливу мінеральних та хімічних добавок на властивості високоміцного дорожнього бетону. Вивчено їх вплив на механічні властивості, а також силові та енергетичні параметри тріщиностійкості бетонів. Досліджено вплив об'єму втягнутого повітря у бетонній суміші на властивості затверділого високоміцного дорожнього бетону.

Ключові слова: активні мінеральні добавки, високоміцний дорожній бетон, повітровтягування, суперпластифікатор, тріщиностійкість.

UDC 666.94

Solodkyy S.Y., Dr. Tech. Sci., Hunyak O.M., Markiv T.Ye., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

FRACTURE TOUGHNESS OF MODIFIED HIGH STRENGTH CONCRETE FOR PAVEMENT

Abstract. The results of the study of the effect of mineral and chemical additives on high strength concrete for pavement are presented. Their impact on mechanical properties as well as on power and energy fracture parameters was studied. The influence of entrained air volume in concrete mixes on properties of hardened high strength concretes for pavement was investigated.

Keywords: active mineral additives, high strength concrete for pavement, air entrainment, superplasticizer, fracture toughness.

УДК 666.94

Солодкий С.Й., д-р техн.наук, Гуняк А.Н., Марків Т.Е., канд. техн.наук

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВИСОКОПРОЧНЫХ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния минеральных и химических добавок на свойства высокопрочного дорожного бетона. Изучено их влияние на механические свойства, а также силовые и энергетические параметры трещиностойкости бетонов. Исследовано влияние объема вовлеченного воздуха в бетонную смесь на свойства затвердевшего высокопрочного дорожного бетона.

Ключевые слова: активные минеральные добавки, высокопрочный дорожный бетон, воздухововлечение, суперпластификатор, трещиностойкость.

Вступ

В сучасних умовах високої вартості органічних в'язучих все більш економічно привабливим стає будівництво цементобетонних дорожніх покриттів. Їх основною перевагою порівняно з дорожніми одягами

Introduction

In modern conditions of high cost of organic binders the construction of cement concrete pavement are becoming more and more economically attractive. Their main advantages in comparison to

нежорсткого типу є висока довговічність і надійність [1, 3].

Відомо, що процес руйнування цементобетону під дією зовнішніх чинників (навантаження, температурно-вологісні впливи, агресивне середовище) відбувається шляхом утворення та поширення в його структурі тріщин. Тому одним із найважливіших способів забезпечення довговічності дорожніх цементних бетонів є підвищення їх тріщиностійкості, яку доцільно оцінювати за критеріями механіки руйнування [2].

Постановка проблеми

У зв'язку з постійним зростанням інтенсивності руху та навантажень на вісь [3], виникає необхідність застосовувати у покритті матеріал з вищими механічними характеристиками – високоміцний бетон (HSC- high strength concrete). Досягти класу C32/40 і вище, забезпечивши підвищену довговічність (більше 50 років) та рекомендований для дорожніх бетонів вміст об'єму втягнутого повітря 4-6% [4], можливо за використання раціонального добору активних мінеральних добавок та ефективних суперпластифікаторів і добавок повітровтягувальної дії. Проте з підвищенням міцності та ущільненням структури таких бетонів зростає крихкий характер їх руйнування.

Результати попередніх досліджень підтвердили ефективність сумісного використання мінеральних добавок цеоліту та вапняку в бетонах [5], а поєднання мінеральних та хімічних добавок пластифікуюче-повітровтягувальної дії забезпечує позитивний вплив на стійкість до попереминого заморожування-відтавання, зниження усадочних деформацій та підвищену водонепроникність [6]. Як свідчать результати досліджень [7], більш інтенсивний приріст тріщиностійкості досягається шляхом зниження водоцементного відношення за рахунок введення суперпластифікатора. В роботі Солодкого та ін. [8] показано, що параметри тріщиностійкості високоміцних бетонів з органо-мінеральними добавками під навантаженням зростають приблизно на 15-18% порівняно з високоміцними бетонами

non-rigid pavement type are high durability and reliability [1, 3].

It is well known that the destruction of cement concrete under the influence of external factors (stress, temperature and humidity influences, aggressive environment) occurs through the formation and spreading of cracks in its structure. Therefore, one of the most important ways to provide the durability of pavement cement concrete is increasing their fracture toughness, which is reasonable to evaluate using the criteria of fracture mechanics [2].

Formulation of the problem

Due to the constant increase in traffic and load on the car axle [3], it is necessary to apply the coating material with higher mechanical characteristics – high strength concrete (HSC). Achieving C32/40 strength class and above, providing increased durability (more than 50 years) and recommended content of entrained air 4.6% for road concrete [4] are possible by using rational choice of active mineral additives and an effective superplasticizers as well as air entraining agent. However, with increased strength and structure consolidation of such concrete the fragile nature of their fracture increases as well.

The results of previous research confirmed the effectiveness of joint incorporation of mineral additives such as zeolite and limestone in concrete [5], and the combination of mineral and chemical additives of plasticizing and air entraining action provides a positive effect on the resistance to alternating freezing and thawing, reducing shrinkage and increasing water impermeability [6]. According to research results [7], more intense fracture toughness growth is achieved by reducing the water-cement ratio with superplasticizer incorporation. Solodky et al. [8] shown, that the fracture parameters of concrete with high amount of organic-mineral additives increases under load by approximately 15-18% in comparison with high strength concrete without additives.

без добавок.

Тому метою досліджень є вивчення силових та енергетичних показників тріщиностійкості модифікованих високоміцних дорожніх бетонів з різним вмістом об'єму втягнутого повітря.

Сировинні матеріали і методи досліджень

Під час проведення досліджень використовували такі матеріали: портландцемент ПЦ І-500-Н з вмістом трикальцієвого алюмінату 6,8 мас.%; цеолітовий туф Сокирницького родовища з високим вмістом клиноптилоліту (60-80 мас.%; вапняк Миколаївського родовища (Львівська обл.). Хімічні склади використаних матеріалів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічні склади портландцементу, цеоліту та вапняку

Оксиди	Вміст оксидів, мас.%		
	Портланд-цемент	Цеоліт	Вапняк
SiO_2	22,04	75,34	1,95
Al_2O_3	4,85	8,77	0,51
Fe_2O_3	3,59	1,30	0,36
CaO	65,10	4,6	54,63
MgO	1,44	0,55	0,52
SO_3	0,49	0,05	0,52
Нерозч. залишок	2,49	9,39	41,44

Для забезпечення необхідних реологічних властивостей суміші та бетону застосовували суперпластифікатор на основі полікарбоксилатів ($\rho=1,05 \text{ г/см}^3$, $C=20\%$) та повітровтягувальну добавку ($\rho=1,015 \text{ г/см}^3$, $C=4,4\%$) - розчин вінсоліних смол.

Як заповнювачі використано пісок з $M_{кр}=1,8$ та гранітний щебінь фракції 5-20 мм. Витрата цих матеріалів на 1 м^3 бетонної суміші у всіх запроєктованих складах бетонних сумішей становила 660 кг та 1150 кг відповідно. Розроблені склади сумішей представлені в табл. 2. Вміст в'язучого в бетонній суміші без повітровтягувальної добавки становив

Therefore the aim of this research is the study of power and energy characteristics of fracture of modified high strength concrete for pavements with different amount of entrained air.

Raw materials and research methods

The following materials were used in the study: Portland cement PC I-500-N containing 6.8 wt.% of tricalcium aluminate; zeolitic tuff derives from Sokyrnytsya deposits with a high content of clinoptilolite (60-80 wt.%); Limestone from Mykolaiv deposits (Lviv region). The chemical composition of the materials is shown in Table 1.

Table 1 - Chemical composition of Portland cement, limestone and zeolite

Oxides	Oxides content, wt.%		
	Portland cement	Zeolite	Limestone
SiO_2	22,04	75,34	1,95
Al_2O_3	4,85	8,77	0,51
Fe_2O_3	3,59	1,30	0,36
CaO	65,10	4,6	54,63
MgO	1,44	0,55	0,52
SO_3	0,49	0,05	0,52
Insoluble residue	2,49	9,39	41,44

To provide the necessary rheological properties of mixes and hardened concretes superplasticizer based on polycarboxylates ($\rho = 1,05 \text{ g/cm}^3$, $C = 20\%$) and air entraining agent ($\rho = 1,015 \text{ g/cm}^3$, $C = 4,4\%$) - solution of vinsol resins were used.

Sand with fineness modulus of 1.8, granite gravel (fractions of 5-20 mm) were used as aggregates. Content of materials per 1 m^3 of concrete mix in all developed concrete mixes was 660 kg and 1150 kg respectively. The composition of mixes presented in Table 2. The content of binder in concrete mix without air

400 кг/м³.

Для зменшення негативного впливу підвищеного вмісту (більше 7%) втягнутого повітря, вводили додаткову кількість суперпластифікатора (1,64 мас.%).

Таблиця 2 – Вміст хімічних добавок та властивості бетонних сумішей (В/Ц=0,35; марка за легковкладальністю P1)

Умовне позначення бетонної суміші	Суперпластифікатор (% від маси цементу)	Повітрявтягуювальна добавка (% від маси цементу)	ОК (см)	Об'єм втягнутого повітря (%)
ПЦСп1	1,22	-	4	2,8
*ПЦКСп1 П1	1,22	0,1	4	4,3
*ПЦКСп1 П2	1,22	0,15	3	6,5
*ПЦКСп1 П3	1,22	0,2	3	7,0
*ПЦКСп2 П4	1,64	0,25	4	7,2

* - 340 кг/м³ портландцементу, 40 кг/м³ цеоліту, 20 кг/м³ вапняку

Приготування, зберігання та випробування зразків проводили відповідно до діючих стандартів [9, 10]. Характеристики тріщиностійкості визначались при зрівноважених механічних випробуваннях зразків-призм 100x100x400 мм з штучно створеною тріщиною відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-227:2009 (рис. 1). В процесі випробувань записували повну діаграму стану бетону в координатах навантаження-прогин F-V, на підставі якої розраховувались енергетичні та силові характеристики тріщиностійкості.

entraining agent was 400 kg/m³.

To reduce the negative effects of higher content (over 7%) of entrained air an additional amount of superplasticizer was added (1.64 wt.%).

Table 2 - Content of chemical additives and properties of concrete (W/C = 0.35; consistency class of S1)

Mix identification	superplasticizer (wt.% of cement content)	Air entraining agent (wt.% of cement content)	Slump (cm)	Volume of entrained air, (%)
PCSp1	1,22	-	4	2,8
*CCSp1A ₁	1,22	0,1	4	4,3
*CCSp1A ₂	1,22	0,15	3	6,5
*CCSp1A ₃	1,22	0,2	3	7,0
*CCSp2A ₄	1,64	0,25	4	7,2

* - 340 kg/m³ of Portland cement, 40 kg/m³ of zeolite, 20 kg/m³ of limestone

Preparation, storage and testing of samples was carried out in accordance with current standards [9, 10]. Characteristics of fracture toughness were defined during the balanced mechanical tests of prism samples 100x100x400 mm with artificially created notch in accordance with DSTU B V.2.7-227:2009 (Figure 1). During the tests the full state diagram of concrete in the coordinates load - deflection F-V was recorded, the energy and power characteristics of the fracture were calculated based on it.

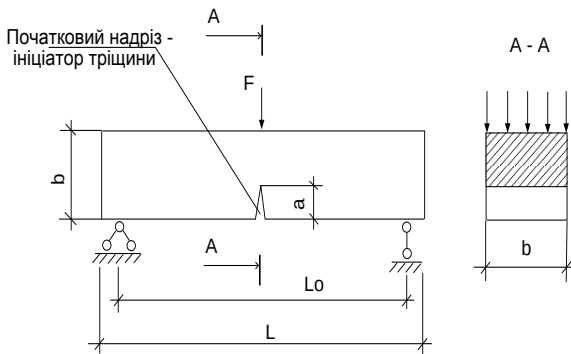


Рисунок 1 – Схема зрівноважених випробувань

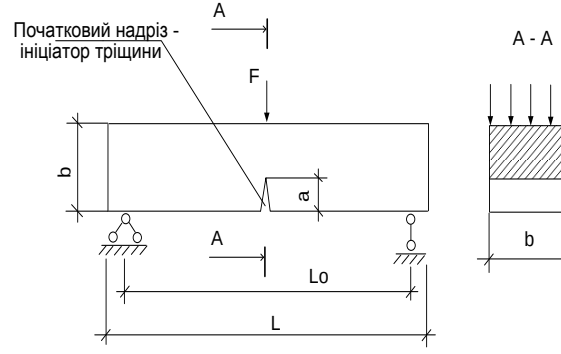


Figure 1 – Diagram of balanced test

Результати випробувань

Отримані результати досліджень свідчать (рис. 2), що бетон з органо-мінеральними добавками на основі бетонної суміші з вмістом втягнутого повітря 4,3% характеризуються дещо нижчою міцністю протягом 28 діб тверднення, проте з часом міцність вирівнюється, а через 90 діб навіть перевищує міцність бетону ПЦСп1. Збільшення об'єму втягнутого повітря в бетонних сумішах до 6,5; 7,0; 7,2% призводить до зниження ранньої міцності (через 3 доби тверднення) на 8,6; 27; 38,1% відповідно та міцності через 28 діб на 14,3; 22,7; 32,7% відповідно.

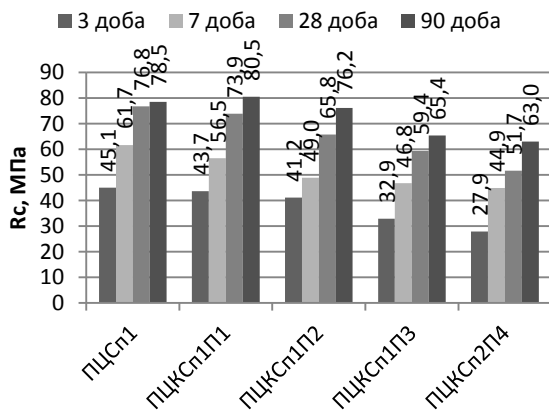


Рисунок 2 – Міцність на стиск бетонів

За результатами випробувань зразків-призм з ініційованою тріщиною побудовано повні діаграми стану високоміцних бетонів (рис. 3).

Test results

The obtained results show (Fig. 2), that concrete with organic and mineral additive, based on concrete mix with 4,3% of entrained air was characterized by somewhat lower strength for 28 days, but over time the strength was leveled and after 90 days it even exceeded strength of concrete PCSp1. The increase in volume of entrained air in concrete mixes to 6.5; 7.0; 7.2% results in reduction of the early strength (after 3 days curing) for 8.6; 27 and 38.1% respectively, and strength after 28 days - 14.3; 22.7; 32.7% respectively.

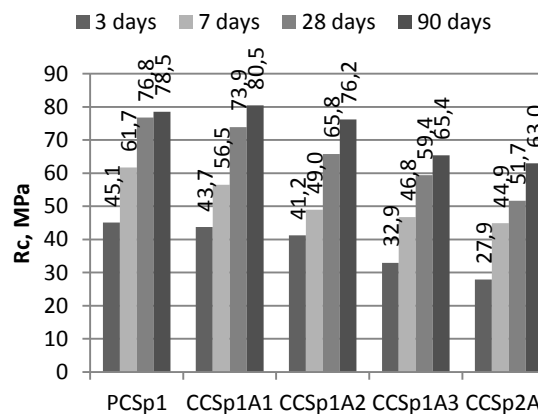


Figure 2 – Compressive strength of concretes

The full state diagrams of high strength concrete were built based on the results of tests of prism samples with initiated crack (Fig. 3).

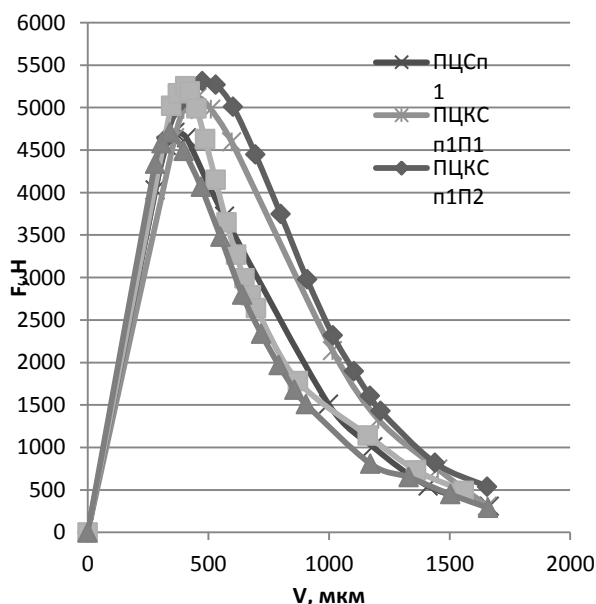


Рисунок 3 – Повні діаграми стану високоміцних дорожніх бетонів

Аналіз діаграм показує, що максимальне навантаження (5310 Н), за якого починає поширюватись макротріщина характерне для бетону ПЦКСп1П2. Конфігурація діаграми стану цього складу загалом є найкращою серед досліджуваних. Для бетону без мінеральних добавок ПЦСп1 характерне невисоке, приблизно рівне ПЦКСп2П4 значення навантаження (4710 Н), за якого відбувається злам діаграми, але повніша порівняно з ПЦКСп2П4 конфігурація спадної вітки діаграми.

Розраховані силові та енергетичні характеристики тріщиностійкості високоміцних бетонів представлені у табл. 3.

За значеннями питомих енерговитрат на статичне деформування до моменту початку руху магістральної тріщини G_i , енерговитратами на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини W_l , питомими ефективними енерговитратами на статичне руйнування G_F та в'язкістю руйнування K_i переважають показники для ПЦКСп1П2. Це пов'язано із оптимальним вмістом та рівномірним розподілом дрібнодисперсних бульбашок втягнутого повітря, які виступають демпферами напружень, що сприяє гальмуванню процесів мікротріщиноутворення на докритичній та сповільнює рух магістральної тріщини в

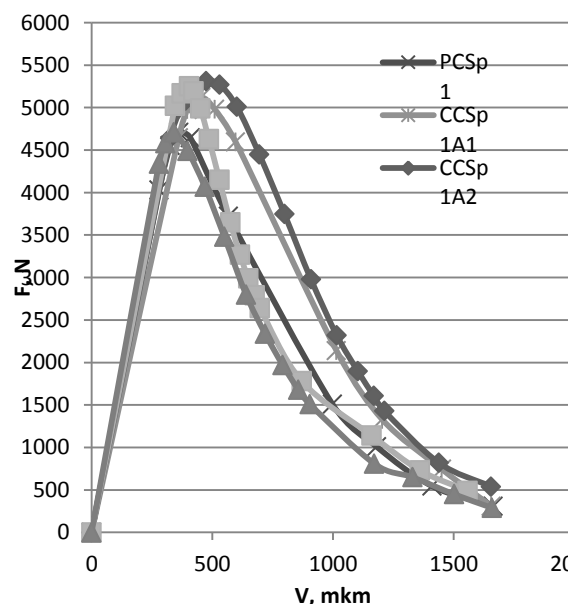


Figure 3 – Complete state diagrams of high-strength concrete

An analysis of diagrams shows that the concrete CCSp1A2 characterises by maximum load (5310 N) at which macrocrack begins to spread. The configuration of state diagrams of this concrete is the best among studied ones. Concrete without mineral additives PCSp1 is characterised by low, approximately equal to CCSp2A4 value of load (4710 N), for which there is a plot peak, but more complete in comparison to CCSp2A4 configuration of the descending branch of diagram.

The calculated power and energy characteristics of fracture toughness of high strength concrete presented in Table 3.

Values for CCSp1A2 specific energy consumption for static deformation at the beginning of the movement of the effective crack G_i , power consumption on the local static deformation in effective crack zone W_l , effective specific energy consumption on the static fracture G_F and fracture toughness K_i was the best. It is due to the optimal content and uniform distribution of fine bubbles of entrained air, which acts as stress dampers, contributing to slowing down the process of microcrack formation in subcritical stage and slows movement of effective crack in the postpeak stage. The results

закритичній стадії. Результати досліджень показали, що бетони ПЦКсп1П1 та ПЦКсп1П3 характеризуються відповідно на 29 та 37% вищими показниками G_i ніж ПЦСп1. Слід відзначити, що бетон з підвищеним вмістом суперпластифікатора (1,64 мас.%) та повітровтягувальної добавки (0,25 мас.%) ПЦКсп2П4 характеризується найнижчими параметрами тріщиностійкості.

Таблиця 3 – Силкові та енергетичні характеристики високоміцних бетонів

Умовне позначення бетону	G_i , Дж/м ²	$W_L \cdot 10^{-2}$, Н·м	G_F , Дж/м ²	K_i , МПа ^{1/2}
ПЦСп1	163,83	241,88	535,58	0,81
ПЦКсп1П1	224,45	261,15	625,82	0,83
ПЦКсп1П2	247,44	295,37	657,37	0,99
ПЦКсп1П3	194,59	227,42	538,44	0,88
ПЦКсп2П4	147,30	229,15	500,76	0,80

Значення міцності на розтяг при згині і модуля пружності при згині досліджених високоміцних бетонів корелюють з їх показниками тріщиностійкості (табл. 4), водночас значення міцності змінюється у вужчому діапазоні (6%) ніж модуля пружності (39%).

Таблиця 4 – Механічні характеристики високоміцних бетонів

Умовне позначення бетону	Міцність на розтяг при згині, R_{fb} , МПа	Модуль пружності при згині, МПа, $E_{fb} \cdot 10^{-3}$	Критерій крихкості, $\chi_{fb} \cdot 10^4$, м
ПЦСп1	10,1	9,8	209
ПЦКсп1П1	10,6	13,0	170
ПЦКсп1П2	11,2	16,6	206
ПЦКсп1П3	11,1	11,6	174
ПЦКсп2П4	10,0	8,8	218

of research showed that the concretes CCSp1A1 and CCSp1A3 characterize by 29 and 37% respectively higher values of G_i than PCSp1. It should be noted that the concrete CCSp2A4 with high content of superplasticizer (1.64 wt.%) and air entraining agent (0.25 wt.%) is characterized by the lowest fracture parameters.

Table 3 - Force and power characteristics of high strength concrete

Mix identification	G_i , J/m ²	$W_L \cdot 10^{-2}$, N·m	G_F , J/m ²	K_i , MPa ^{1/2}
PCSp1	163,83	241,88	535,58	0,81
CCSp1A1	224,45	261,15	625,82	0,83
CCSp1A2	247,44	295,37	657,37	0,99
CCSp1A3	194,59	227,42	538,44	0,88
CCSp2A4	147,30	229,15	500,76	0,80

The value of tensile strength in bending and flexural modulus of elasticity of high-strength concretes correlates with its fracture parameters (Table 4). At the same time, the value of tensile strength varies in smaller range (6%) than in bending modulus of elasticity (39%).

Table 4 - Mechanical properties of high strength concrete

Mix identification	Tensile strength in bending, R_{fb} , MPa	Flexural modulus of elasticity, MPa, $E_{fb} \cdot 10^{-3}$	Fragility criteria, $\chi_{fb} \cdot 10^4$, m
PCSp1	10,1	9,8	209
CCSp1A1	10,6	13,0	170
CCSp1A2	11,2	16,6	206
CCSp1A3	11,1	11,6	174
CCSp2A4	10,0	8,8	218

Висновки

Аналіз фізико-механічних характеристик та показників тріщиностійкості досліджених модифікованих високоміцних дорожніх бетонів дає змогу зробити такі висновки:

1. Модифікування мікроструктури високоміцних дорожніх бетонів комплексом з мінеральних добавок (цеоліт і вапняк) та добавкою повітровтягувальної дії покращує показники міцності, силові та енергетичні характеристики тріщиностійкості.
2. Максимальною міцністю на стиск характеризуються розроблені високоміцні бетони, модифіковані органо-мінеральними добавками, на основі сумішей з об'ємом втягнутого повітря 4,3%.
3. Найвищі показники тріщиностійкості притаманні бетонам із об'ємом втягнутого повітря в діапазоні 4-7%, що корелює з рекомендованим об'ємом втягнутого повітря для забезпечення довговічності за критерієм морозостійкості.

Отже, одержані результати свідчать, що максимальні значення показників міцності та тріщиностійкості високоміцних дорожніх бетонів забезпечуються за різних об'ємів втягнутого повітря. Тому виявлені закономірності рекомендується враховувати при проектуванні складів високоміцних бетонів з повітровтягувальними добавками.

Література

1. Чистяков В. В., та ін. "Цементобетони для покриття доріг." Автомобільні дороги і дорожнє будівництво 85 (2012): 48-55.
2. Солодкий С. Тріщиностійкість бетонів на модифікованих цементах: Монографія. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» - 2008. - 144 с.
3. Гамеляк І. П. Про ефективність використання високоміцного цементобетону для будівництва жорстких покриттів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2011, 81: 30-39.
4. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ). - К. : Мінрегіонбуд України, 2010. - 109 с.

Conclusions

Analysis of physical and mechanical properties and fracture parameters of studied modified high strength concretes for pavement enables to do the following conclusions:

1. Modification of the microstructure of high strength concrete for pavement by complex of mineral additives (zeolite and limestone) and additive of air entraining action improves the strength, power and energy characteristics of fracture.
2. High strength concrete modified by organic and mineral additives, based on mixes with entrained air volume of 4.3% characterizes by the highest compressive strength.
3. The highest fracture toughness characteristics inherent to concrete with volume of entrained air in the range of 4-7%. It correlates with the recommended volume of entrained air needed to ensure the durability of concretes exposed to freezing and thawing cycles.

Therefore, the obtained results indicate that maximum values of strength and fracture toughness of high strength concrete for pavements are provided at different volumes of entrained air. Thus, revealed peculiarities are recommended to take into account when designing high strength concretes with air entraining agent.

Literature

1. Chistyakov V., et al. "Cement concrete for road pavement." Roads and road construction 85 (2012): 48-55.
2. Solodkyy S. Fracture toughness of concretes on modified cements: Monograph. - Lviv: Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic" - 2008. - 144 p.
3. Hamelyak I.P. The effectiveness of using high-strength cement concrete for construction of rigid pavements. Roads and road construction, 2011, 81: 30-39.
4. DSTU B V.2.7-176:2008. Building materials. Concrete and concrete mixes. General specifications (EN 206-1:2000, NEQ). - K: Minregionbud of Ukraine, 2010. - 109 p.

5. Гуняк О.М., Соболев Х.С., Марків Т.Є. Оптимізація складів спеціальних цеолітовмісних портландцементів / Наук.-техн. зб. "Містобудування та територіальне управління". Київ, 2014. – С. 139-143.
6. Markiv T., Sobol Kh., Franus M., Franus W., Mechanical and durability properties of concretes incorporating natural zeolite, Archives of Civil and Mechanical Engineering. 16 (2016) 554–562.
7. Солодкий С. Й., Марків Т. Є., Холод Т.П. Способи регулювання тріщиностійкості високоміцних бетонів / Зб. наук. праць "Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди". – Рівне, 2015. - С. 357-362.
8. Вплив органо-мінеральних добавок на властивості високоміцних бетонів / Солодкий С. Й., Марків Т. Є., Гуняк О. М., Гостинецький Б.А. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНУСА, 2015. - С. 29-34.
9. ДСТУ Б В.2.7-214. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 43 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-227. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. - К.: Укрархбудінформ, 2010. - 23 с.
5. Hunyak O.M., Sobol H.S., Markiv T.Ye. Optimization of zeolite containing special Portland cements / Sc.-Tech. Coll. "Urban planning and territorial management" .- Kyiv, 2014. - P. 139-143.
6. Markiv T., Sobol Kh., Franus M., Franus W., Mechanical and durability properties of concretes incorporating natural zeolite, Archives of Civil and Mechanical Engineering. 16 (2016) 554-562.
7. Solodkyy S.Y., Markiv T.Ye., Kholod T.P. Methods of fracture toughness regulation of high-strength concrete / Coll. Sc. Works "Resorce saving materials, structures, buildings and structures." - Rivne, 2015. - P. 357-362.
8. Impact of organo-mineral additives on the properties of high strength concrete / Solodkyy S.Y., Markiv T.Ye., Hunyak O.M., Hostynetsky B.A. // Proc. international scientific conference. Kharkiv: KSTUCA, 2015. - P. 29-34.
9. DSTU B V.2.7-214. Concrete. Methods for determining the strength of control samples. - K.: Ukrarhbudininform, 2010. - 43 p.
10. DSTU B V.2.7-227. Concrete. Methods for determining the characteristics of the fracture (fracture toughness) under static loading. - K.: Ukrarhbudininform, 2010. - 23 p.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **17.10.2016 р.**

УДК 666:691.32

Солоненко І.П., канд. техн. наук

ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ ДОБАВОК І НАПОВНЮВАЧІВ

Анотація. У статті розглянуто питання, щодо впливу на якість цементобетонного покриття для автомобільних доріг його складу. Наведено результати досліджень про вплив добавок і наповнювачів на властивості і структуру цементних композитів. Показано, що введення до складу цементобетону пластифікуючої і повітроутягувальної добавки спільно з наповнювачем мікрокремнеземом і поліпропіленовою фіброю веде до поліпшення міцності і довговічності цементобетонних покриттів. За результатами експериментів було встановлено, що введення до складу бетонної суміші пластифікатора DE11 (1%) спільно з повітропоглинаючою добавкою РТ-1 (0,05%) збільшує рухливість бетонної суміші, за рахунок чого знижується водо-цементне відношення (на 14-18%) і дозволяє підвищити продуктивність праці при укладанні рухливої бетонної суміші. Введення до складу бетону наповнювача мікрокремнезему (до 15 кг/м³) збільшує міцність при стиску і розтяг при згині, знижує на 6-8% технологічну пошкодженість. Введення до складу цементобетонних покриттів поліпропіленової фібри (до 0,6 кг/м³) підвищує міцність на розтяг при згині - 10-15%, знижує стиранисть на 60%, підвищує ударостійкість - 25% і знижує на 3-5% технологічну пошкодженість. Запропоновано використовувати у дорожньому будівництві цементобетонні матеріали з раціональними експлуатаційними і фізико-механічними властивостями.

Об'єкт дослідження – процес зміни властивостей матеріалу цементобетонного покриття для автомобільних доріг.

Мета роботи – забезпечення необхідних фізико-механічних характеристик цементобетону для покриттів автомобільних доріг за рахунок підбору раціонального його складу.

Методи дослідження – експериментально-статистичні моделі фізико-механічних та експлуатаційних властивостей дорожніх покриттів для автомобільних доріг.

Ключові слова: автомобільна дорога, водонепроникність, добавка повітроутягувальна, морозостійкість, наповнювач, технологічна пошкодженість, цементобетонне покриття.

UDC 666:691.32

Solonenko I.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.).

RIGID ROAD SURFACE WITH THE INTRODUCTION OF ADDITIVES AND FILTERS

Annotation. In the article the question concerning the impact on the quality of the cement concrete road coverings. Results of studies on the impact of additives and fillers on properties and structure of cement composites. It is shown, that introduction of the composition of cement concrete modeling and air induces additives mixed with micro silica and polypropylene fibers leads to improved strength and durability of cement concrete pavements. Based on the results of the experiments it was found that the introduction of the composition of concrete plasticizer DE11 (1%) together with the air involving additive of PT-1 (0,05%) increases mobility of concrete mixture, thereby decreasing water/cement ratio (14-18%) and improves the productivity of mobile when laying a concrete mix. Introduction to the structure of concrete filler Silica fume (up to 15 kg/m³) increases compressive strength and flexural tensile, and reduces to 6-8% technological space. Introduction to composition of cement concrete pavements of polypropylene fibers (up to 0.6 kg/m³) increases the tensile strength in bending is 10-15%, reduces the abrasion at 60%, improves impact resistance-25%, and reduces to 3-5% technology space.

The object of study – the process of changing material properties of a cement-concrete for highways.

Purpose – ensuring the necessary physico-mechanical characteristics of cement concrete for pavements of roads through rational selection of its composition

Research methods – experimental and statistical models of physico-mechanical and performance properties of pavement for highways.

Keywords: air-entraining additive, cement concrete pavement, frost resistance, filler, highway, technological damage, water resistance.

УДК 666:691.32

Солоненко И.П., канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ЖЕСТКОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ДОБАВОК И НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос, касающийся влияния на качество цементобетонного покрытия для автомобильных дорог его состава. Приведены результаты исследований о влиянии добавок и наполнителей на свойства и структуру цементных композитов. Показано, что введение в состав цементобетона пластифицирующей и воздухововлекающей добавки совместно с наполнителем микрокремнеземом и полипропиленовой фиброй ведет к улучшению прочности и долговечности цементобетонных покрытий. По результатам экспериментов было установлено, что введение в состав бетонной смеси пластификатора DE11 (1%) совместно с воздухововлекающей добавкой РТ-1 (0,05%) увеличивает подвижность бетонной смеси, за счет чего снижается водоцементное отношение (на 14-18%) и позволяет повысить производительность труда при укладке подвижной бетонной смеси. Введение в состав бетона наполнителя микрокремнезема (до 15 кг/м³) увеличивает прочность при сжатии и растяжение при изгибе, а также снижает на 6-8% технологическую поврежденность. Введение в состав цементобетонных покрытий полипропиленовой фибры (до 0,6 кг/м³) повышает прочность на растяжение при изгибе - 10-15%, снижает истираемость на 60%, повышает ударопрочность - 25% и снижает на 3-5% технологическую поврежденность. Предложено использовать в дорожном строительстве цементобетонные материалы с рациональными эксплуатационными и физико-механическими свойствами.

Объект исследования – процесс изменения свойств материала цементобетонного покрытия для автомобильных дорог.

Цель работы - обеспечение необходимых физико-механических характеристик цементобетона для покрытий автомобильных дорог за счет рационального подбора его состава.

Методы исследования - экспериментально-статистические модели физико-механических и эксплуатационных свойств дорожных покрытий для автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, водонепроницаемость, воздухововлекающая добавка, морозостойкость, наполнитель, технологическая поврежденность, цементобетонное покрытие.

Постановка проблеми

Географічне положення нашої країни сприяє формуванню транспортних коридорів: Захід – Схід, Захід – Північ, Північ – Південь. Однією з актуальних проблем розвитку автомобільних доріг є поліпшення експлуатаційно-технічних характеристик дорожнього покриття і

Formulation of the problem

The geographical position of our country contributes to the creation of transport corridors: West-East, West, North, North-South. One of the topical problems of road development is to improve the operational characteristics of the road surface and

підвищення його довговічності. Покриття автомобільних доріг безпосередньо сприймає навантаження від транспортних засобів та забезпечує необхідні експлуатаційні показники, такі як: розрахункова швидкість руху автомобілів, розрахункове навантаження, пропускна і проїзна спроможність, а також показники безпеки руху. Крім того, вони забезпечують захист дорожньої основи від впливу атмосферних факторів [1, 2].

Для розвитку економіки України в останні роки постало важливе завдання збільшення частки доріг з жорстким цементобетонним покриттям. Довговічність і якість таких доріг зумовлюється якістю бетонного покриття [3].

Тому завдання дослідження бетонів на вітчизняних в'язучих та заповнювачах в поєднанні з ефективними модифікаторами і фіброю для забезпечення необхідної структури і експлуатаційних характеристик матеріалів жорстких покриттів є актуальною **науковою проблемою**.

За мету роботи приймалося: забезпечення експлуатаційних характеристик цементобетону для покриттів автомобільних доріг за рахунок раціонального підбору його складу.

Виходячи з мети, були сформульовані **наступні задачі:**

- дослідити вплив добавок, наповнювачів, а також поліпропіленової фібри на такі показники цементобетонних покриттів для автомобільних доріг, як: міцність при стиску, стираність, водонепроникність, морозостійкість, тріщиностійкість і технологічна пошкодженість;
- визначити раціональні склади бетону, використовуючи комплекс експериментально-статистичних моделей;
- провести дослідження структури дорожніх цементобетонних покриттів.

Основна частина

Аналіз будівництва та експлуатації дорожнього покриття з цементобетону в Україні та інших країнах світу показав, що найбільш перспективним матеріалом для дорожнього покриття автомобільних доріг є цементобетон. Це зумовлено тим, що таке покриття має високі фізико-механічні та

increase its durability. Road coating directly bears the load of vehicles and provides the necessary performance, such as: design speed of car traffic, design load, capacity and driving ability, as well as indicators of road safety. In addition, they protect the grounds from exposure to road weather conditions [1, 2].

For the development of Ukraine's economy in recent years, got the important task of increasing the share of roads with hard concrete covering. Durability and quality of such roads due to the quality of concrete pavement [3].

Therefore, the task of concrete studies under our binding materials and fillers in combination with effective modifiers and a fiber to provide the necessary structures and operational characteristics materials is an actual **scientific problem**.

The objective of this work: ensuring the operational characteristics of cement concrete for pavements of roads through rational selection of its composition.

On the basis of the objectives **the following objectives were formulated:**

- Investigate the effects of additives, fillers, as well as polypropylene fibers on such indicators of cement concrete pavements as: compressive strength, abrasion resistance, impermeability, frost resistance, crack resistance and technological space.
- Determine the optimal compositions of concrete of highway using complex experimental and statistical models;
- Conduct a study of the structure of road concrete slabs.

The main part

Analysis of the construction and operation of cement concrete pavement in Ukraine and other countries has shown that the most promising material for pavement of roads is concrete. This is because this coating has high physical-mechanical and performance, but when operating in winter conditions,

експлуатаційні показники, але при експлуатації в зимових умовах, ці показники протягом часу знижуються та істотно впливають на довговічність дороги, що введе до додаткових витрат на підтримку полотна дороги.

Спираючись на результати робіт попередників Радовський Б.С. [4], Солодкий С.Й. [5], Дворкін О. Л., Мішутін А.В. [6] було виявлено що покращення якості та довговічності дорожнього покриття з цементобетону можливо за рахунок введення до його складу необхідних добавок та наповнювачів.

Проведенні дослідів були спрямовані на поліпшення фізико-механічних властивостей цементобетону для покриттів автомобільних доріг за рахунок раціонального підбору їх складу.

Дослідження властивостей модифікованих цементобетонних покриттів проводились методом активного експерименту [7], для чого був розроблений план експерименту та вибрані функції відгуку і чинники впливу.

У якості чинників впливу (x) приймалися: x_1 – кількість портландцементу марки 500 (від 370 до 570 кг/м³); x_2 – кількість пластифікатору Dynamon Easy 11 (DE11) на основі акрилового полімеру (від 0% до 1% від маси цементу) Mapel, Італія; x_3 – кількість повітроутягувальної добавки Mapeplast PT-1 (від 0 до 0,05% від маси цементу), Mapel, Італія; x_4 – кількість поліпропіленової фібри MAPEFIBRE NS 12/NS 18 (MN12), (від 0 до 0,6 кг/м³), Mapel, Італія; x_5 – кількість мікрокремнезему (від 0 до 15 кг/м³ від маси цементу), 1-ша серія дослідів; x^*_5 – кількість золи-винесення (від 0 до 15 кг/м³ від маси цементу), 2-га серія дослідів.

В якості матеріалу для виготовлення бетону приймалися: портландцемент марки 500, щебінь фракції 5-20 мм і митий кварцовий пісок з модулем крупності 2,5.

Фізико-механічні характеристики бетону визначалися за стандартними методиками. Водонепроникність визначалася за методом мокрої плями [8], на зразках діаметром 150 мм, $h = 50$ мм. Морозостійкість визначалася по прискореному (III) методу в солоній воді при заморожуванні до -50°C [9].

Рівень критичного коефіцієнту інтенсивності

these indicators over time is reduced and has a significant impact on the longevity of the road enters additional costs to support the cloth road.

Based on the results of predecessors Radovskiy B. [4] Sweet S. [5], Dvorkin O., Mishutina A. [6] it was found that the improvement of the quality and durability road surface from of cement concrete is possible due to the introduction of its structure necessary additives and fillers.

Experiments were aimed at improving physical and mechanical properties of cement concrete for pavements of roads through judicious selection of their composition. Studies on properties of modified cement concrete pavements have been carried out by the method of active experiment [7], for which the plan of an experiment was developed and influence factors.

The factors of influence (x) taken: x_1 - amount of Portland cement brand 500 (from 370 to 570 kg/m³); x_2 - the amount of plasticizer Dynamon Easy 11 (DE11) based on acrylic polymer (from 0% to 1% by weight of cement) Mapel, Italy; x_3 - the number of air Mapeplast supplements involve PT-1 (from 0 to 0,05% by weight of cement), Mapel, Italy; x_4 - of polypropylene fiber MAPEFIBRE NS 12/18 NS (MN12), (0 to 0,6 kg/m³), Mapel, Italy; x_5 - the amount of silica fume (from 0 to 15 kg/m³ of the cement mass), 1-th series of experiments; x^*_5 - quantity of fly ash (from 0 to 15 kg/m³ of cement weight) 2 series of experiments.

As a material for the manufacture of concrete were taken: 500 Portland cement, gravel fractions 5-20 mm and silica sand with a fineness modulus of 2,5.

The physico-mechanical characteristics of concrete were determined by standard methods. Water resistance was determined by method of wet spots [8], the samples with a diameter of 150 mm, thickness 50 mm. Frost hardness was determined to accelerate (III) method in salt water at freezing to a -50°C [9].

The level of the critical stress intensity

напружень K_{1c} ($\text{МПа} \times \text{м}^{0,5}$) визначався за триточковою схемою випробувань зразків з надрізом згідно [10]. Стираність визначалася на зразках кубічної форми з ребром 7,07 см на колі стирання ЛКІ-3 [11].

Розрахунок і аналіз отриманих експериментально-статистичних моделей (ЕС-модель) виконувався з використанням програми Comrex [12].

У дослідях приймалася рухливість бетонної суміші в межах від 16 до 18 см, що досягалася шляхом підбору кількості необхідної води. За результатами показників водо-цементне відношення (В/Ц) були розраховані ЕС-моделі впливу факторів складу бетону на В/Ц для 1-й (мікрокремнезем) та 2-й (золи-винесення) серії експериментів (1, 2):

$$B / C_1 = 0,46 - 0,05\chi_1 - 0,05\chi_1^2 + 0,01\chi_1\chi_2 - 0,11\chi_2 - , \quad (1)$$

$$- 0,01\chi_2^2 + 0,01\chi_3^2 + 0,02\chi_4^2 + 0,01\chi_5 + 0,02\chi_5^2$$

$$B / C_2 = 0,47 - 0,04\chi_1 - 0,04\chi_1^2 + 0,01\chi_1\chi_2 - 0,01\chi_2\chi_3 -$$

$$- 0,01\chi_3\chi_4 - 0,01\chi_4\chi_5 - 0,11\chi_2 - 0,01\chi_1\chi_3 + 0,01\chi_2\chi_4 - , \quad (2)$$

$$- 0,01\chi_3\chi_5 - 0,01\chi_3 - 0,01\chi_1\chi_4 - 0,01\chi_2\chi_5 - 0,01\chi_4 +$$

$$+ 0,03\chi_4^2 + 0,01\chi_1\chi_5 + 0,03\chi_5 + 0,02\chi_5^2$$

Аналіз отриманих моделей (1, 2) показав, що введення добавки DE11 збільшує рухливість бетонної суміші і зменшує її водопотребу на 20-25%. Використання в складі бетону наповнювача мікрокремнезему підвищує водопотребу бетонної суміші на 2..5%. Зменшити цей негативний вплив можна за рахунок додаткового введення добавки DE11. Застосування добавки РТ-1 (χ_3), як показали досліди, незначно впливає на водопотребу суміші (менше 2%). Введення фібри MN12 (χ_4) вимагає незначного збільшення кількості води (5-6%) для збереження технологічності суміші. Введення до складу бетону наповнювача золи-винесення підвищує водопотребу бетонної суміші на 4..7%.

За результатами досліджень були побудовані ЕС-моделі, що відображають вплив складу цементобетонного покриття на міцність при стиску для 1-ої (мікрокремнезем) та 2-ої (зола-винесення) серії дослідів (3, 4):

factor K_{1c} ($\text{МПа} \times \text{м}^{0,5}$) was determined by a three-point circuit test specimens notched in accordance with [10]. Abrasion was determined on samples of the cubic form with an edge of 7,07 cm on LCI-3 [11].

Calculation and analysis of experimental and statistical models (EU model) was run using the Comrex programs [12].

In the experiments taken mobility of concrete mixture in the range of 16 to 18 cm, which is achieved by adjusting the amount of water needed. Based on the results of the indicators of water/cement ratio (W/C) were derived EU-factors of for the 1st (micro silica) and 2nd (fly ash) series of experiments (1, 2):

$$W / C_1 = 0,46 - 0,05\chi_1 - 0,05\chi_1^2 + 0,01\chi_1\chi_2 - 0,11\chi_2 - ,$$

$$- 0,01\chi_2^2 + 0,01\chi_3^2 + 0,02\chi_4^2 + 0,01\chi_5 + 0,02\chi_5^2 \quad (1)$$

$$W / C_2 = 0,47 - 0,04\chi_1 - 0,04\chi_1^2 + 0,01\chi_1\chi_2 - 0,01\chi_2\chi_3 -$$

$$- 0,01\chi_3\chi_4 - 0,01\chi_4\chi_5 - 0,11\chi_2 - 0,01\chi_1\chi_3 + 0,01\chi_2\chi_4 - ,$$

$$- 0,01\chi_3\chi_5 - 0,01\chi_3 - 0,01\chi_1\chi_4 - 0,01\chi_2\chi_5 - 0,01\chi_4 +$$

$$+ 0,03\chi_4^2 + 0,01\chi_1\chi_5 + 0,03\chi_5 + 0,02\chi_5^2 \quad (2)$$

The analysis of the obtained models (1, 2) showed that the introduction of additives DE11 increases mobility of concrete mix and water requirement reduces her to a 20-25%. Use in concrete composition microsilica increases water consumption of concrete mix at 2...5%.

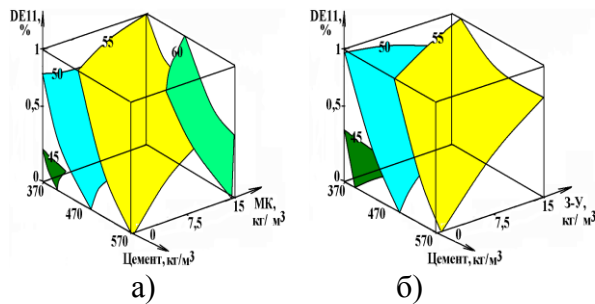
To reduce this negative impact may be due to the additional introduction of additives DE11. The use of additives of РТ-1 (χ_3), as shown by experiments, had little impact on water consumption of mixture (less than 2%). Introduction fibers MN12 (χ_4) requires a slight increase in the number of water (5-6%) to save the technology mix. Introduction to the structure of concrete fly ash filler increases the water requirement of concrete mixture in 4-7%.

Based on the results of the research there were built the EU model, reflecting the influence of the composition of cement concrete at compressive strength for the first (microsilica) and second (fly ash) series of experiments (3, 4):

$$f_{ck, cube, 1} \text{ МПа} = 52,25 - 4,48\chi_1 - 0,68\chi_1^2 + 1,07\chi_1\chi_2 - \\ - 1,19\chi_2\chi_3 - 0,26\chi_3\chi_4 - 0,69\chi_4\chi_5 + 2,61\chi_2 + 0,74\chi_1\chi_3 - \\ - 0,41\chi_2\chi_4 - 1,12\chi_3 + 0,25\chi_1\chi_4 - 0,32\chi_4 + 0,28\chi_1\chi_5 + \\ + 1,47\chi_5 - 0,71\chi_5^2 \quad (3)$$

$$f_{ck, cube, 2} \text{ МПа} = 49,15 + 3,76\chi_1 - 0,43\chi_2\chi_3 + 1,05\chi_3\chi_4 - \\ - 0,44\chi_4\chi_5 + 4,35\chi_2 - 0,75\chi_3 - 0,51\chi_1\chi_4 + 0,84\chi_2\chi_5 - \\ - 1,08\chi_4^2 - 2,82\chi_5 - 1,54\chi_5^2 \quad (4)$$

Для наочності за моделями (3, 4) були побудовані діаграми у вигляді кубу для першої (мікрокремнезем) та другої (золи-винесення) серії дослідів (рисунк 1 а), б)).



а) для 1-ої (мікрокремнезем),
б) для 2-ої (зола-винесення) серії дослідів

Рисунок 1 – Вплив варійованих факторів складу цементобетону на міцність при стиску

Як видно з рисунків 1 а), б), збільшення кількості портландцементу (з 370 до 570 кг/м³) веде до підвищення рівня міцності при стиску від 45 до 55 МПа (22%).

Найбільшу міцність показують склади (рисунк 1 а), в які введені добавка DE11 (1%) і 15 кг/м³ наповнювача мікрокремнезему від 45 до 60 МПа (33%).

Введення до складу бетону наповнювача золи-винесення (до 5 кг/м³) спільно з добавкою DE11 (1%) і портландцементом до 500 кг/м³ зберігає міцність при стиску до 50 МПа (рисунк 1 б).

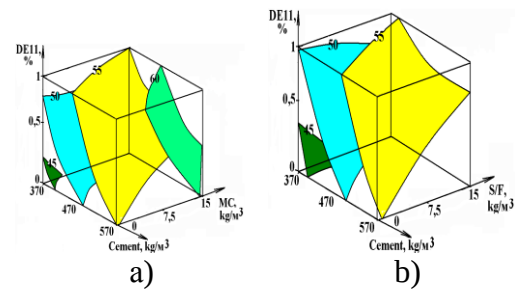
Аналіз впливу факторів складу на міцність бетону на розтяг при згині показав, що збільшення кількості цементу спільно з поліпропіленовою фіброю (до 0,6 кг/м³) і мікрокремнеземом (до 15 кг/м³) практично пропорційно підвищує міцність на розтяг при згині (від 5 до 7 МПа).

Проведені дослідження щодо ударостійкості матеріалу показали, що найбільший вплив на величину ударної міцності зразків вносить

$$f_{ck, cube, 1} \text{ МПа} = 52,25 - 4,48\chi_1 - 0,68\chi_1^2 + 1,07\chi_1\chi_2 - \\ - 1,19\chi_2\chi_3 - 0,26\chi_3\chi_4 - 0,69\chi_4\chi_5 + 2,61\chi_2 + 0,74\chi_1\chi_3 - \\ - 0,41\chi_2\chi_4 - 1,12\chi_3 + 0,25\chi_1\chi_4 - 0,32\chi_4 + 0,28\chi_1\chi_5 + \\ + 1,47\chi_5 - 0,71\chi_5^2 \quad (3)$$

$$f_{ck, cube, 2} \text{ МПа} = 49,15 + 3,76\chi_1 - 0,43\chi_2\chi_3 + 1,05\chi_3\chi_4 - \\ - 0,44\chi_4\chi_5 + 4,35\chi_2 - 0,75\chi_3 - 0,51\chi_1\chi_4 + 0,84\chi_2\chi_5 - \\ - 1,08\chi_4^2 - 2,82\chi_5 - 1,54\chi_5^2 \quad (4)$$

For clarity on models (3, 4) were graphed in the form of a cube for the first (microsilica) and second (fly ash) series of experiments (Figure 1, a), b)).



а) For the first (microsilica)
б) For the second (fly ash)

Figure 1 - Effect of composition factors on cement concrete strength

As can be seen from figures 1 a), b), increase the amount of Portland cement (from 370 to 570 kg/m³) increases the level of compressive strength from 45 to 55 MPa (22%). the greatest strength of the compositions show structures (Figure 1 a), which introduced supplements DE11 (1%) and 15 kg/m³ of silica fume from 45 to 60 MPa (33%). Introduction to composition of concrete fly ash filler (up to 5 kg/m³), in conjunction with the additive DE11 (1%) and Portland cement up to 500 kg/m³ saves compressive strength up to 50 MPa (Figure 1 a), b)).

Analysis of influence of factors of structure on concrete durability on stretching at a bend has shown that increase in amount of cement together with a fiber (to 0,6 kg/m³) and of microsilica (to 15 kg/m³) almost in proportion increases durability on stretching at a bend (from 5 to 7 MPa).

Experiments on impact resistance of the material showed that the greatest influence

кількість введеної поліпропіленової фібри MN12. Так, при введенні $0,6 \text{ кг/м}^3$, ударостійкість бетону зростала до 33%. При введенні до складу бетону наповнювача мікрокремнезему разом з фіброю і підвищення кількості портландцементу (до 500 кг/м^3) підвищується ударна міцність бетонів до 8 Дж/см^2 (на 50%).

Аналіз стираності матеріалу, що досліджувався, показав, що найбільш ефективно цей показник знижується за рахунок застосування дисперсного армування фіброю. Склади з вмістом фібри (до $0,6 \text{ кг/м}^3$) знижують стираність приблизно на 60-63%. При підвищенні кількості портландцементу стираність бетону знижується за рахунок збільшення міцності матеріалу. Введення наповнювача мікрокремнезему сприяє незначному зменшенню стираності, що можна пояснити зниженням кількості мікродефектів у бетоні.

Досліди показали, що на водонепроникність зразків з цементобетону істотно впливає кількість цементу та добавки DE11. Збільшення рівня водонепроникності до W10 досягається при введенні в цементобетон наповнювача мікрокремнезему разом з добавкою DE11 (1%) та кількості цементу до 500 кг/м^3 .

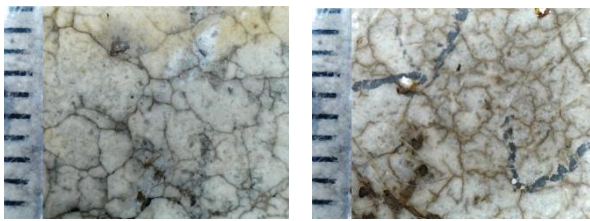
Тріщиностійкість визначалася із застосуванням методики механіки руйнувань за рівнем критичного коефіцієнту інтенсивності напружень $K_{Ic} (\text{МПа} \times \text{м}^{0,5})$. Аналіз впливу складу матеріалу цементобетонного покриття на їх тріщиностійкість показав, що введення до складу наповнювача мікрокремнезему (до 15 кг/м^3) збільшує K_{Ic} на $0,02-0,05 \text{ МПа} \times \text{м}^{0,5}$. Введення наповнювача золи-винесення (до 10 кг/м^3) збільшує K_{Ic} на $0,02-0,03 \text{ МПа} \times \text{м}^{0,5}$. Для усіх бетонів, що досліджувалися, визначалась технологічна пошкодженість за допомогою електронних фотографій (рисунок 2), прояви тріщин і поверхонь розділу з використанням розчину тинина.

on the magnitude of the impact strength of the samples introduced number of fibers MN12. So, at introduction of $0,6 \text{ kg/m}^3$, crash- worthiness of concrete increased up to 33%. At introduction to composition of concrete of microsilica together with a fiber and increase in quantity of cement (to 500 kg/m^3) increases the shock durability of concrete to 8 J/cm^2 (by 50%).

Study on the abrasion of material, showed that most effectively this figure is reduced by applying dispersed reinforcing fibers. Formulations of fiber content (up to 0.6 kg/m^3) will reduce abrasion of approximately 60-63%. If you increase the amount of Portland cement concrete abrasion is reduced by increasing the strength of the material. Entering of a filler of microsilica promotes insignificant reduction of a wear ability that it is possible to explain with decrease in amount of micro defects in concrete.

Experiences showed that water tightness of samples from of cement concrete significantly is influenced by amount of cement and DE11 additive. Increase in level of water tightness up to W10 is reached when entering in cement concrete of microsilica filler together with DE11 additive (1%) and amounts of cement to 500 kg/m^3 .

Fracture toughness was determined by using the methods of mechanics of destruction on the level of the critical stress intensity factor $K_{Ic} (\text{MPa} \times \text{m}^{0,5})$. Material on re-coated fracture toughness showed that introduction to composition microsilica (15 kg/m^3) increases K_{Ic} by $0,02-0,05 \text{ MPa} \times \text{m}^{0,5}$. Introduction of a filler of ashes ablation (to 10 kg/m^3) increases K_{Ic} by $0,02-0,03 \text{ MPa} \times \text{m}^{0,5}$. For all concrete technological damage shall be determined by electronic photographs (Figure 2).



а) б)

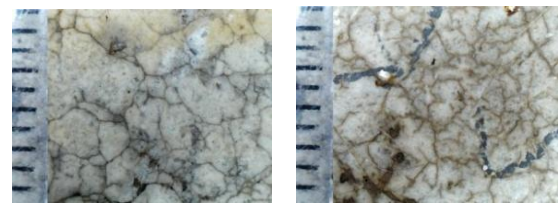
а) 1-я серія (мікрокремнезем);
б) 2-я серія дослідів (зола-винесення)

Рисунок 2 – Приклад проявлених технологічних тріщин на зразках цементобетонного покриття за допомогою цифрового мікроскопу Sigeta Cam-04

Аналіз показав, що коефіцієнт технологічної пошкодженості бетонів змінювався з 1,65 до 1,90. Спостереження показали, що при введенні до складу бетону раціональної кількості наповнювача золи-винесення (до $7,5 \text{ кг/м}^3$), коефіцієнт технологічної пошкодженості зменшується на 4-6% у порівнянні зі зразками без наповнювача. Збільшення кількості цементу (до 500 кг/м^3), що вводиться до бетонної суміші сумісно з раціональною кількістю наповнювача мікрокремнезему, веде до того, що розміри кластерів зменшується та покращується початкове структуроутворення композиту з цементобетону.

Одним з основних факторів, які значно впливають на фізико-механічних і експлуатаційні характеристики покриття автомобільних доріг з цементобетону, є циклічний вплив на нього знакозмінної температури (заморожування – відтаювання). Кількість річних циклів заморожування – відтаювання дорожнього покриття залежить від зони його розташування. Автомобільна дорога, як правило, дуже протяжна споруда. Це визначає відмінність в умовах експлуатації дорожнього покриття для її ділянок [13].

Були проведені досліді впливу повітроутягувальної добавки РТ-1 (0,05%) на морозостійкість дорожнього покриття з бетону [14]. Досліді показали, що застосування цієї добавки призводить до збільшення кількості повітря у бетонній суміші на 2,5% і становить 5% від об'єму зразка. При цьому забезпечується розподіл рівномірних замкнутих пор у матеріалі, який склав 34 пори з діаметром з 0,001 до 0,05 мм на 1 см^2 (приріст замкнутих пор контрольного зразка склав 24%), рисунок 3.



а) б)

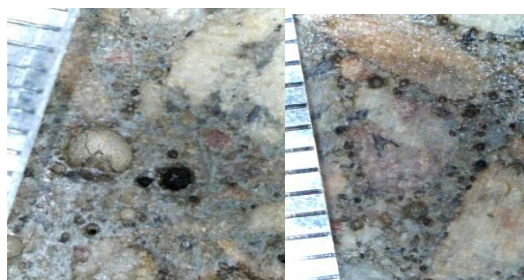
а) For the first (microsilica)
б) For the second (fly ash)

Figure 2 - Example of the shown technological cracks of a cement-concrete paving on samples by means of a digital microscope of Sigeta Cam-04

The analysis showed that K_{1s} changed with 1,65 to 1,90. Observations showed that at introduction to composition of concrete of rational amount of ashes ablation (to $7,5 \text{ kg/m}^3$), the coefficient of technological damage decreases by 4-6%. Increase in amount of cement (to 500 kg/m^3), together with rational amount of microsilica, improves the concrete structure formation.

One of the main factors that significantly influences the physical-mechanical and operational characteristics of the coating of cement roads, there are cyclical impact on him alternating temperatures (freezing - thawing). Number of summer cycles of freezing - thawing of pavement depends on the location of the zone. The road is usually a very long construction. It is defines distinction under operating conditions [13].

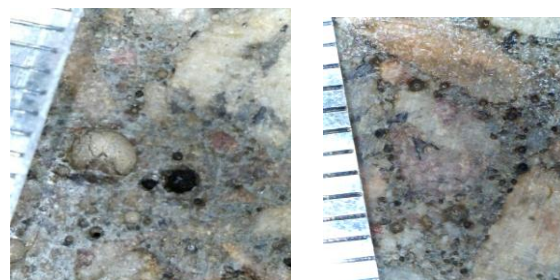
Experiments air-entraining additives PT-1 (0,05%) for frost resistance of concrete. Experiences showed that use of this additive leads to increase in amount of air in concrete mix for 2,5% and makes 5% of sample volume [14]. At the same time uniform distribution of closed pores in material which made 34 times with a diameter from 0,001 to 0,05 mm on 1 cm^2 (the gain of closed pores of a control sample made 24%), Figure 3.



а) б)

а) контрольний склад;
б) з добавкою РТ-1 (0,05%)

Рисунок 3 – Дослідження пористості цементобетона для дорожнього покриття



а) б)

а) The composition of the control;
b) With the addition of PT-1 (0.05%)

Figure 3 – Research of porosity of a cement concrete for a paving

Випробування на міцність при стиску після випробування на морозостійкість зразків показали, що при підвищенні кількості портландцементу (до 570 kg/m^3) спостерігається збільшення міцності зразка матеріалу більше 60 МПа. Введення до складу добавок DE 11 (1%) і РТ-1 (до 0,05%), спільно з наповнювачем мікрокремнезему при середній кількості цементу (до 470 kg/m^3) веде до забезпечення міцності бетону до 55 МПа.

Визначення зношування верхнього шару полотна автомобільних доріг з цементобетонним покриттям веде до зменшення ефективної товщини і руйнування покриття. Тому було необхідно проведення дослідження процесу стирання зразків покриття, після випробування на морозостійкість (G_f). Проведені випробування показали, що введення наповнювача мікрокремнезему (до 15 kg/m^3) спільно з фіброю (до $0,6 \text{ kg/m}^3$) знижують G_f до $0,3 \text{ g/cm}^2$ (більше 50%). Введення до складу бетону наповнювача золи-винесення (до 15 kg/m^3) знижує стираність зразків цементобетонного покриття на 8-10%.

Висновки

Проведенні дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Підвищення міцності при стиску (22%), може досягнуто за рахунок раціонального підбору кількості портландцементу добавка DE11 та наповнювача мікрокремнезему.
2. Підвищення міцності бетону на розтяг при згині (20%) може бути досягнуто за рахунок раціонального підбору кількості портландцементу сумісно з поліпропіленовою фіброю (до $0,6 \text{ kg/m}^3$) і наповнювачем

Frost resistance test samples showed that if you increase the amount of Portland cement (up to 570 kg/m^3), there has been an increase in the strength of the sample more than 60 МПа. Introduction to composition supplements (11%), DE 1 and PT-1 (up to 0,05%), mixed with Silica fume when average number cement (up to 470 kg/m^3) leads to ensure durability of concrete up to 55 МПа.

Determination of depreciation of the upper coat layer of the highway leads to reduction of effective thickness and destruction of a covering. Therefore carrying out a research of process of attrition of samples of a covering, after testing for frost resistance (G_f) was necessary. The tests showed that entering of microsilica (to 15 kg/m^3) together with a fiber (to $0,6 \text{ kg/m}^3$) is reduced G_f to $0,3 \text{ g/cm}^2$ (more than 50%). Introduction in composition of concrete of ashes ablation (to 15 kg/m^3) reduces abrasion coating cement concrete samples 8-10%.

Conclusions

Research has led to the following conclusions:

1. Increase compressive strength (22%), can achieved by the rational selection of the quantity of cement, additives DE11 and fillers of microsilica.
2. Increasing the tensile strength of the concrete in bending (20%) can be achieved through rational selection of the quantity of Portland cement in conjunction with polypropylene fiber (up to $0,6 \text{ kg/m}^3$) and

мікрокремнеземом (до 15 kg/m^3).

3. Покращення ударостійкості матеріалу дорожнього покриття може бути досягнуто за рахунок раціонального підбору кількості портландцементу, поліпропіленової фібри та мікрокремнезему. Так, при введенні $0,6 \text{ kg/m}^3$ поліпропіленової фібри, ударостійкість бетону зростала до 33%. При введенні до складу бетону наповнювача мікрокремнезему разом з фіброю і підвищення кількості портландцементу (до 500 kg/m^3) підвищується ударна міцність бетонів на 50%.

4. Аналіз результатів досліджень, щодо стираності матеріалу, показав що підвищення стійкості до стирання матеріалу дорожнього покриття може бути досягнуто за рахунок раціонального підбору кількості портландцементу, дисперсного армування фіброю та введення у склад мікрокремнезему. Так при введенні у склад матеріалу фібри (до $0,6 \text{ kg/m}^3$) знижують стираність на 60-63%. Введення наповнювача мікрокремнезему сприяє незначному зменшенню стираності, що можна пояснити зниженням кількості мікродефектів у бетоні.

5. Підвищення водонепроникності зразків матеріалу дорожнього покриття може бути досягнуто за рахунок раціонального підбору кількості цементобетону та добавки DE11 (W10).

Література

1. Лівша Р. Я. Поздовжня стійкість цементобетонного покриття / Р. Я. Лівша, М.Я. Гнатів // Випуск 1, – Київ: 2003. – С 99-102.
2. Шейнин А.М. Причина долговечности. Высокопрочные морозостойкие бетоны для дорожного строительства / А.М. Шейнин, С.В. Эккель // Строительная техника и технологии. К. – 2004. – № 1. – С. 62 - 65.
3. Немчинов Ю.И. Тендеции и направления внедрения бетонов нового поколения в Украине. / Ю.И. Немчинов, П.В. Попруга, Л.А. Шейнич, Г.Б. Гириштель // *Вип. 72*. – К.: 2009. – С 3-7.
4. Радовский Б.С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США: новые тенденции / Радовский Б.С. – Санкт – Петербург. №10, 2010. – С 62 – 70.
5. Солодкий С.Й. Зміна тріщиностійкості дорожнього бетону в експлуатаційній стадії / С.Й. Солодкий, С.М. Толмачев // Вісник ОДАБА. – 2014. №55. – Одеса. – С. 230-235.
6. Дворкін Л.Й. Гідротехнічні та дорожні бетони / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, В.С. Дорофєєв, А.В. Мішутін; Н. п. – Одеса.: Е., 2012. – 214с.

microsilica (up to 15 kg/m^3).

3. Improving the impact resistance of the material of pavement can be achieved through rational selection of the quantity of Portland cement, fiber and microsilica. So, at introduction of $0,6 \text{ kg/m}^3$ of a fiber, crash-worthiness of concrete increased up to 33%. With the introduction of a composition microsilica concrete together with fiber and increase the amount of Portland cement (up to 500 kg/m^3) increases impact strength concretes at 50%.

4. Analysis of the results of studies on the abrasion of material showed that increased resistance to abrasion material of pavement can be achieved through rational selection of the quantity of Portland cement, fiber and microsilica. So when introduced into the composition of the material fibers (up to 0.6 kg/m^3) will reduce abrasion on 60-63%. Introduction of a filling agent of microsilica promotes insignificant reduction of abrasion material that can be attributed to a decrease in the number of micro-defects in the concrete.

5. Improving water resistance of samples of material of pavement can be achieved through rational selection of the quantity of cement concrete additives and DE11 (W10).

References

1. Lefthander R. Longitudinal stability of a cement-concrete covering/G. Levsh, M. Ignat//Scientific and technical collection. Release 1 - Kiev: 2003. - With 99-102.
2. Sheynin A. Reason for durability. High-strength frost-resistant concrete for road construction / A. Sheining, S. Ekkel //Construction equipment and technologies. To. - 2004. - No. 1. - Page 62 - 65.
3. Nemchinov Y.. Tendetsiy and the directions of implementation of concrete of new generation in Ukraine. / Y. Nemchinov, P. Podpruga, L. Sheynich, B. Girshtel//Issue 72. - M.: 2009. - With 3-7.
4. Radovsky B. Construction of roads with cement-concrete coverings in the USA: new tendencies / Radovsky B. - St. Petersburg.: "The portly equipment" No. 10, 2010. - With 62 - 70.
5. Sweet S. Change of crack resistance of road concrete in an operational stage / Page. I. Sladky, Tolmachev S.// OGASA. - 2014. No. 55. - Odessa: Page 230-235.
6. Dvorkin L. Hydrotechnical and road concrete

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. 2-е изд. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. Чинний від 01.07.2009. – К: Дер-ня України, 2009. – 37 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-49-96. Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні. – Чинний від 01.09.1996. – К: Дер-ня України, 1996. – 10 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-227:2009. Бетони. Методи визначення характеристики тріщиностійкості при статичному навантаженні. – Чинний від 22.12.2009 – К: Дер-ня України, 2009. – 28 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-212:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стиранності. – Чинний від 01.09.2010. – К: Дер-ня України, 2010. – 8 с.
12. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков // - М.: Высшая школа, 1989. - 327 с.
13. Шейнин А. М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. – М.: Транспорт, 1991,— 151 с.
14. Мишутин А.В. Истираемость и морозостойкость для автодорог из цементобетона / А.В. Мишутин, И.П. Солоненко // Вісник ОДАБА. Вип.№58. – Одеса, 2015. – С. 236-245.
- / L. Dvorkin, A. Dvorkin, V. Dorofeyev, A. Mishutina; Education guidance. - Odessa.: Evens, 2012. - 214 pages.
7. Adler Y. Planning of an experiment by search of optimum conditions / Y. Adler, E. Markova, Y. Granovsky. The second prod. - M.: Science, 1976. - 280 pages.
8. DSTU B V.2.7-170: 2008. Methods of determination of average density, humidity, water absorption, porosity and water tightness. Acting of 01.07.2009. - K: Ukraine, 2009. - 37 pages.
9. GOST B.2.7-49-96. Construction materials. Concrete. The accelerated methods of determination of frost resistance in case of repeated freezing and thawing. - Introductions 01.09.1996. - K: Ukraine, 1996. - 10 pages.
10. GOST V.2.7-227: 2009. Concrete. Methods of determination of the characteristic of crack resistance
11. DSTU B B.2.7-212:2009. Building materials. Concrete. Methods for determining abrasion. - Effective as of 01.09.2010. - K: State Committee of Ukraine, 2010. - 8 sec.
12. Voznesensky V. A. Numerical methods for solving construction and technological problems on a computer/ V. A. Voznesensky, T. V. Liashengko, B. L. Ogarkov//-M.: The higher school, 1989. - 327 pages.
13. Sheining A. Tsementobeton for road and airfield coverings. - M.: Transport, 1991,-151 pages.
14. Mishutin A. Istirayemost and frost resistance for highways from tsementobeton / A. Mishutin, I. Solonenko // Messenger of OGASA. Вип.№58. - Odessa, 2015. - Page 236-245.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **05.10.2016 р.**

УДК 625.7

Угненко Е.Б., д-р техн. наук

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация. В статье рассмотрен анализ и оценка технических характеристик геоинформационных систем при решении геодезических задач. При выборе наиболее подходящей ГИС для решения конкретной задачи необходимо выполнить оценку эффективности системы. В качестве критерия для оценки эффективности ГИС предлагается использовать критерий физико- технических свойств системы. Одной из важнейших характеристик ГИС являются свойства, описывающие качественные показатели системы, к числу которых относятся возможность системы к выполнению определенных системных и прикладных операций, а также ее эксплуатационные возможности.

Объект исследования – геоинформационные системы.

Цель работы – анализ и оценка технических характеристик геоинформационных систем.

Методы исследования – аналитический.

Ключевые слова: геоинформационные системы, оценка эффективности, качественные показатели системы, эксплуатационные возможности.

UDK 625.7

Ugненко Ye. B., Doctor of science

THE ANALYSIS AND ESTIMATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF GEOINFORMATION SYSTEMS AT THE DECISION OF GEODETIC PROBLEMS

Abstract. In article the analysis and an estimation of technical characteristics of geoinformation systems is considered at the decision of geodetic problems.. When choosing the most appropriate GIS to solve a particular problem it is advisable to carry out an assessment of the system efficiency. As a criterion for assessing the effectiveness of GIS it is proposed to use the criterion of the physical and technical properties of the system. One of the most important characteristics of GIS are the properties that describe the quality of system indicators, which include the possibility of the system to perform certain system and application operations, as well as its operational capabilities.

The object of study – geoinformation systems.

Purpose – analysis and estimation of technical characteristics of geoinformation systems..

Research methods – analytical.

Key words: geoinformation systems, efficiency estimation, system quality indicators, operational possibilities.

УДК 625.7

Угненко Е.Б., д-р техн. наук

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ РІШЕННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАДАЧ

Анотація. В статті розглянуто аналіз та оцінка технічних характеристик геоінформаційних систем (ГІС) при рішенні геодезичних задач. При виборі геоінформаційної системи для вирішення конкретної задачі необхідно виконати оцінку ефективності системи. В якості

критерія для оцінки ефективності ГІС пропонується використовувати критерій фізико-технічних характеристик системи. Головною характеристикою ГІС є якісні показники, до яких відноситься можливість системи до виконання загальних системних та прикладних операцій, а також її експлуатаційні можливості.

Об'єкт дослідження – геоінформаційні системи.

Мета роботи – аналіз та оцінка технічних характеристик геоінформаційних систем.

Методи дослідження – аналітичний.

Ключові слова: геоінформаційні системи, оцінка ефективності, якісні показники системи, експлуатаційні можливості.

Постановка проблемы

В настоящее время на рынке информационных технологий существует достаточно большое количество довольно дорогостоящих с широкими функциональными возможностями, таких как ARC/1NF0, INTERGRAPH до сравнительно дешевых, но с более узким набором функциональных операций, например WINGIS, GEOGRAPH.

При выборе наиболее подходящей ГИС для решения конкретной задачи целесообразно выполнить оценку эффективности системы. В качестве критерия для оценки эффективности ГИС предлагается использовать критерий физико-технических свойств системы

$$Q = Q_{\text{ткo}}^{P_{\text{ткo}}} \times Q_{\text{пви}}^{P_{\text{пви}}} \times Q_{\text{пс}}^{P_{\text{пс}}} \times Q_{\text{сфо}}^{P_{\text{сфо}}} \times Q_{\text{э}}^{P_{\text{э}}} \times Q_{\text{ст}}^{P_{\text{ст}}}, (1)$$

где $Q_{\text{ткo}}$, $Q_{\text{пви}}$, $Q_{\text{пс}}$ – частичные критерии, определяющие такие физико-технические свойства системы, как точность определения координат точек объекта, полнота восприятия и представления исходной информации, производительность системы;

$Q_{\text{сфо}}$, $Q_{\text{э}}$ – критерии, служащие для оценки соответственно функциональных и эксплуатационных возможностей системы;

$Q_{\text{ст}}$ – критерий, оценивающий стоимость системы;

$P_{\text{ткo}}$, $P_{\text{пви}}$, $P_{\text{пс}}$, $P_{\text{сфо}}$, $P_{\text{э}}$, $P_{\text{ст}}$ – показатели, важности оцениваемого свойства системы. Они выбираются в пределах (0;1) и определяются как отношение весомости каждого отдельного совокупного свойства к максимальной весомости из всех рассматриваемых свойств системы.

Problem formulation

Currently on the market of information technology there is a fairly large amount of geoinformation systems (GIS) from the rather costly ones with lots of features such as

ARC/ 1NF0, INTERGRAPH to relatively cheap, but with a narrower set of functional operations, i. e. WINGIS, GEOGRAPH.

When choosing the most appropriate GIS to solve a particular problem it is advisable to carry out an assessment of the system efficiency. As a criterion for assessing the effectiveness of GIS it is proposed to use the criterion of the physical and technical properties of the system

$$Q = Q_{\text{APO}}^{P_{\text{apo}}} \times Q_{\text{FIP}}^{P_{\text{fip}}} \times Q_{\text{SP}}^{P_{\text{sp}}} \times Q_{\text{SFO}}^{P_{\text{sfo}}} \times Q_{\text{E}}^{P_{\text{e}}} \times Q_{\text{SP}}^{P_{\text{sp}}} (1)$$

where, Q_{APO} , Q_{FIP} , $Q_{\text{SP}}^{P_{\text{sp}}}$ – partial criteria for such physical and technical properties of the system as the accuracy of determining the coordinates of points of the object, the fullness of perception and representation of the initial information, system performance;

Q_{SFO} , Q_{E} - criteria for evaluating respectively the functional and operational capabilities of the system;

Q_{SP} - the criterion for evaluating the cost of the system;

P_{apo} , P_{fip} , P_{sp} , P_{sfo} , P_{e} , P_{sp} - values of the importance of assessed properties of the system. They are selected in the range of (0;1) and defined as the ratio of significance of each individual set of properties to the maximum significance of all the properties of the system under consideration.

For calculations according to the criteria

Для расчетов по критериям $Q_{\text{ТКО}}$, $Q_{\text{ПВИ}}$, $Q_{\text{ПС}}$,

$Q_{\text{АРО}}$, Q_{FIP} , Q_{SP} , Q_{SP}

$$\eta_i = \frac{q_{\text{п}} - q_{\text{ф}}}{q_{\text{п}} + q_{\text{ф}}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{п}}$, $q_{\text{ф}}$ – соответственно пороговое и фактическое значения, характеризующие оцениваемые свойства системы. При этом $q_{\text{п}}$, $q_{\text{ф}}$ выбираются таким образом, чтобы $q_{\text{п}} \geq q_{\text{ф}}$.

Таким образом, η_i может принять любое значение, принадлежащее отрезку (0; 1).

Определение характеристик геоинформационных систем

Одной из важнейших характеристик ГИС являются свойства, описывающие качественные показатели системы, к числу которых относятся возможность системы к выполнению определенных системных и прикладных операций, а также ее эксплуатационные возможности. Остановимся на оценке этих свойств более подробно.

Так как набор функциональных операций, который предоставляется оцениваемой системой, достаточно большой, то целесообразно всю совокупность функциональных операций (СФО) разбить на отдельные классы. Тогда операции, входящие в каждый отдельный класс, образуют подкласс данного класса операций. Для количественной оценки свойства СФО будем использовать балльный критерий, определяемый следующим образом:

$$Q_{\text{сфо}} = \prod_{i=1}^G \eta_i^{1-p_i}, \quad (3)$$

где G – число перечисленных классов функциональных операций;

p_i – показатель важности i -го класса, удовлетворяющий условию $0 < p_i \leq 1$ и определяемый как отношение весомости i -го класса на максимальную весомость среди всех классов;

η_i — оценка i -го класса функциональных операций, определяется следующим образом:

$$\eta_i = \sum_{j=1}^{s^i} b_j^i \times q_j^i, \quad (4)$$

$$\eta_i = \frac{q_r - q_f}{q_r + q_f}, \quad (2)$$

where q_r , q_f - respectively the threshold and the actual values that characterize the measured properties of the system. In this case, q_r , q_f are selected in such a manner that $q_r \geq q_f$.

Thus, η_i it may take any value within the interval (0; 1).

Defining the characteristics of geoinformation systems

One of the most important characteristics of GIS are the properties that describe the quality of system indicators, which include the possibility of the system to perform certain system and application operations, as well as its operational capabilities. Let us dwell on the evaluation of these properties in more detail.

Since the set of functional operations, which is provided by the estimated system is large enough, it is advisable to divide the whole set of functional operations (SFO) into separate classes. Then, the operations included into each individual class form a subclass of this class of operations.

To quantify the properties of the SFO there will be used the scoring criterion, defined as follows:

$$Q_{\text{сфо}} = \prod_{i=1}^G \eta_i^{1-p_i}, \quad (3)$$

where G - the number of listed classes of functional operations;

p_i - an indicator of i class importance, satisfying the condition $0 < p_i \leq 1$ and defined as the ratio of significance of i class to the maximum significance among all classes;

η_i - evaluation of the i class of functional operations that is defined as follows:

$$\eta_i = \sum_{j=1}^{s^i} b_j^i \times q_j^i, \quad (4)$$

where s^i - the number of subclasses of i

где s^i – число подклассов i -го класса,
 b_j^i – бальность j -го подкласса i -го класса
 определяемая по балльной числовой шкале в
 интервале $(\beta; 1)$;

q_j^i – весомость j -го подкласса i -го класса,
 принимающая различное значение для
 конкретной предметной области, причем
 $\sum_{j=1}^{s^i} q_j^i = 1$ и $0 < q_j^i \leq 1$.

Значения β_i определяются по следующей
 схеме если i -й класс для исследуемой
 предметной области является необходимым,
 то β_i , принимает значение 0. Если
 вышеуказанный класс не является
 необходимым для исследуемой предметной
 области, то для определения β_i будем
 исходить из следующих предпосылок: если
 условия i -го класса не выполняются, то это
 приводит к ухудшению функционирования
 системы в целом. Тогда β_i определяется как
 коэффициент важности i -го класса:

$$\beta_i = \left(1 - \frac{\alpha_i}{100}\right).$$

Данная предпосылка справедлива, когда i -й
 класс для исследуемой предметной области
 является необходимым.

Не выполнение условий i -го класса
 приводит к непригодности системы для
 использования в исследуемой предметной
 области, т.е. к ухудшению функционирования
 системы на 100% и $\beta_i = 0$.

Приведен перечень основных классов и
 подклассов разбиения функциональных
 операций, используемых для вычисления
 оценки $Q_{сфо}$:

Класс 1. Ввод, восприятие и обработка
 информации:

Подкласс 1.1: ввод сканерных изображений;

Подкласс 1.2: поддержка приемника
 спутниковых информации или другого
 электронного геодезического прибора;

Подкласс 1.3: возможность импорта других
 векторных форматов;

Подкласс 1.4: поддержка дигитайзера, других
 устройств для векторизации;

class

b_j^i - scoring of the j subclass i class,
 defined by the point numerical scale in the
 range of
 $(\beta, 1)$;

q_j^i - the significance of j subclass i class,
 receiving different values for a particular
 domain, in what connection $\sum_{j=1}^{s^i} q_j^i = 1$ and

$$0 < q_j^i \leq 1.$$

The values of β_i are defined according to
 the following scheme: if the i class for the
 studied subject area is required, then β_i
 takes the value 0. If the above class is not
 necessary for the studied subject area, then
 to determine β_i we will proceed from the
 following assumptions: if the conditions of
 the i class are not fulfilled, this leads to
 deterioration in the functioning of the whole
 system. Then, β_i is defined as the ratio of
 the importance of the i class

$$\beta_i = \left(1 - \frac{\alpha_i}{100}\right).$$

This assumption is valid when the i class is
 necessary for the tested subject domain.

Nonfulfillment of the i class conditions
 leads to the unsuitability of the system to be
 used in the tested subject domain, i.e. to the
 deterioration of system performance by
 100% and $\beta_i = 0$.

A list of the main classes and subclasses of
 partitioning functional operations used to
 calculate the assessment $Q_{сфо}$ is given
 below:

Class 1 Input, perception and processing of
 information:

Subclass 1.1: input of scanner images;

Subclass 1.2: support of the receiver of
 satellite information or other electronic
 surveying instrument;

Subclass 1.3: the ability to import other
 vector formats; Subclass 1.4: support for the
 digitizer, and other devices for vectoring;

Subclass 1.5: software semi-automatic or
 automatic systems of tracking lines and other
 facilities;

Подкласс 1.5: программные полуавтоматические или автоматические системы прослеживания линии и других объектов;

Подкласс 1.6: другие виды собственных программных средств цифрования;

Подкласс 1.7: различные виды растровой обработки (фильтрация, утончение, выделение контуров и т.д.);

Подкласс 1.8: редактирование векторных данных.

Класс 2 Хранение и база данных:

Подкласс 2.1: поддержка векторных моделей хранения графических объектов (векторные модели включают бесструктурную, топологическую, гиперграфическую, решетчатую модели);

Подкласс 2.2: поддержка мозаичных моделей хранения графических объектов Подкласс 2.3: хранение объектов по слоям;

Подкласс 2.4: возможность хранения текстовых данных в собственной базе данных и взаимосвязи с современными СУБД.

Класс 3 Стандартные процедуры обработки данных:

Подкласс 3.1: геометрические операции (вычисление площадей, вычисление длин, анализ окрестности, определение принадлежности точки или линии полигона, уничтожение границы и слияние полигонов);

Подкласс 3.2: операции со слоями (логические и арифметические операции);

Подкласс 3.3: оверлейные операции (логические функции [NOT, AND, XOR, OR, OR2, MERGE], оверлейные операции над полигонами, удаление паразитных полигонов после оверлейных операций);

Подкласс 3.4: расчет и построение буферных зон (на множестве точек, относительно кривых, на множестве полигонов, возможность взвешивания);

Подкласс 3.5: операции, связанные с поиском и запросом (поиск объектов по текстовым данным, поиск текстовых данных по объектам);

Подкласс 3.6: операции с текстовыми данными (стандартные операции (создание, удаление, модификация, упорядочивание, фильтрация и т.д.), поддержка SQL).

Класс 4 Дополнительные процедуры к стандартным:

Подкласс 4.1: наличие макроязыка для

Subclass 1.6: other types of native digitizing software;

Subclass 1.7: various types of raster processing (filtering, thinning, edge detection, etc.);

Subclass 1.8: editing of vector data.

Class 2 Storage and database

Subclass 2.1: support of vector models of graphics storage (vector models include unstructured, topological, hypergraphic, and lattice models);

Subclass 2.3: storage of objects in layers;

Subclass 2.2: support of mosaic patterns of graphical objects storage (mosaic patterns include the regular mosaic patterns image – raster image of irregular mosaic - TIN and the hierarchical mosaic);

Subclass 2.4: The ability to store text data in the native database and relationships with modern DBMS.

Class 3 Standard data processing procedures:

Subclass 3.1: geometrical operations (calculation of areas, calculation of lengths, analysis of the neighborhood, identification of the point or the polygon line, destroying of the boundary and merging of polygons);

Subclass 3.2: layers operations (logical and arithmetic operations);

Subclass 3.3: overlay operations (logic functions [NOT, AND, XOR, OR, OR2, MERGE], overlay polygon operations, removing spurious polygons after overlay operations);

Subclass 3.4: calculation and construction of buffer zones (on a set of points with respect to the curves on a set of polygons, the possibility of weighting);

Subclass 3.5: operations related to search and query (search of objects according to the text data, search of text data according to the objects);

Subclass 3.6: operations with text data (standard operations (creation, delete, modification, organization, filtration, etc.), SQL support).

Class 4 Additional procedures to the standard ones:

Subclass 4.1: presence of the macro language to automate the work;

Subclass 4.2: support for external high-level languages;

Subclass 4.3: protection from unauthorized

автоматизации работы;

Подкласс 4.2: поддержка внешних языков высокого уровня;

Подкласс 4.3: защита от несанкционированного допуска (осуществляется паролем, электронным ключом и др.);

Подкласс 4.4: отказоустойчивость (поддержка слежения целостности данных).

Класс 5 Пользовательский интерфейс:

Подкласс 5.1: меню или настраиваемое меню;

Подкласс 5.2: пиктограммы;

Подкласс 5.3: многооконный режим;

Подкласс 5.4: двухмониторный режим;

Подкласс 5.5: многопользовательская возможность групповой работы;

Подкласс 5.6: обработка пространственных запросов по отметкам курсора мыши;

Подкласс 5.7: обработка пространственных запросов путем задания координат;

Подкласс 5.8: поддержка технологии клиент/сервер и обеспечение средства доступа к INTERNET к коммуникационным сетям;

Подкласс 5.9: отображение графиков с помощью программного или аппаратного ускорителей (DIRECTX, 3D ускорителя).

Класс 6 Прикладные процедуры:

Подкласс 6.1: фотограмметрическая обработка снимков ;

Подкласс 6.2: трансформирование проекций и изменение систем координат и другие картографические операции

Подкласс 6.3: сетевой анализ (поиск кратчайшего пути, суммирование значений атрибутов по элементам сети, размещение центров и распределение ресурсов в сети, поиск пространственной смежности, поиск ближайшего соседа, поиск по адресам);

Подкласс 6.4: цифровое моделирование рельефа (вычисление крутизны склонов, определение экспозиций склонов, интерполяция высот, определение границ зон видимости/ невидимости, генерация горизонталей, моделирование сети тальвегов, генерация профилей поперечных сечений, вычисление объемов относительно заданной плоскости);

Подкласс 6.5: сшивка фрагментов карт или снимков;

Подкласс 6.6: моделирование принятия решений (линейное моделирование суждения, применение классификации или анализа с

access (it is carried out by a password, an electronic key, etc.);

Subclass 4.4: fault tolerance (support of data integrity tracking).

Class 5 User Interface:

Subclass 5.1: menu or a personalized menu;

Subclass 5.2: icons;

Subclass 5.3: multiwindowing;

Subclass 5.4: two-monitor mode;

Subclass 5.5: multi-user possibility of group work;

Subclass 5.6: processing of spatial queries on the marks of the mouse cursor;

Subclass 5.7: processing of spatial queries by specifying the coordinates;

Subclass 5.8: support for client/server technology and means of access to the INTERNET to communication networks;

Subclass 5.9: display of charts, using software or hardware accelerators (DIRECTX, 3D accelerator, etc.).

Class 6 Application procedures:

Subclass 6.1 photogrammetric processing of images and obtaining orthophotomaps;

Subclass 6.2: transformation of projections and change of coordinate systems and other cartographic operations

Subclass 6.3: network analysis (searching for the shortest path, summation of attribute values according to the elements of the network, placement of centers and the allocation of resources in a network, search of the spatial contiguity, search of the nearest neighbor, search at the following URL);

Subclass 6.4: digital terrain modeling (computing of slope, determining the exposure of slopes, heights interpolation, definition of the boundaries of visibility/invisibility zones, contour generation, simulation of a thalweg network, generation of cross-section profiles, calculation of volumes with respect to a given plane);

Subclass 6.5: cross-linking of fragments of maps or images;

Subclass 6.6: modeling of decision making (judgment linear modeling, application of classification or analysis, using a decision tree to select the optimal settings).

Class 7 Display and transmission of information:

Subclass 7.1: scaling and zooming;

использованием дерева решений для выбора оптимальных параметров).

Класс 7 Отображение и передача информации:

Подкласс 7.1: масштабирование;

Подкласс 7.2: трехмерная графика;

Подкласс 7.3: трехмерная графика в реальном времени;

Подкласс 7.4: экспорт форматов (векторных и растровых);

Подкласс 7.5: поддержка плоттеров, поддержка принтеров.

Выводы

Эксплуатационные возможности системы включают в себя такие параметры, как простота освоения и ввода в эксплуатацию системы, а также удобство непосредственной работы с системой. Для оценки эксплуатационных возможностей можно использовать балльный критерий, аналогичный введенному при оценке СФО.

Исходя из введенных критериев для оценки отдельных свойств инструментально-программных средств (ИПС), можно определить и эффективность ГИС в целом на основании ранее приведенного критерия по формуле (1) для конкретной предметной области.

Литература

1. Журкин И. Г. Геоинформационные системы: учеб. пособие / И.Г. Журкин, С. В Шайтура. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС. 2009. – 272 с.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Балашова Ю. Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci., Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Subclass 7.2: a three-dimensional perspective graphics;

Subclass 7.3: a three-dimensional perspective graphics in real-time;

Subclass 7.4: export of formats (vector and raster ones);

Subclass 7.5: support for plotters and printers.

Conclusions

The operational features of the system include such parameters as ease of development and putting into operation of the system, as well as the convenience of direct work with the system. To assess the operational capabilities, one can use the point rating criterion similar to the one introduced when assessing SFD.

Based on the introduction of criteria for the assessment of individual properties of programming tools (PT), one can determine the efficiency of GIS mapping software as a whole on the basis of the previously mentioned criteria according to the formula (1) for a particular subject domain.

References

1. Zhurkin I. G. Geoinformation systems: studies. the grant / I. G. Zhurkin, C. V. Shajtura. – M.: KUDITS-PRESS. 2009. – 272 c.

Стаття надійшла до редакції: **14.10.2016 р.**

УДК 656.13

Фоменко Г.Р., канд..техн.наук, Поташева Н.С.

ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНІ ПРИГОДИ ТА ЇХ ПРИЧИНИ

Анотація. У статті розглянуто питання які стосуються проблем пов'язаних із рівнем аварійності, як на автомобільних дорогах, так і вулично-дорожній мережі міст. Однією із важливих соціально-економічних проблем для усіх країн світу є наслідки дорожньо-транспортних пригод. В умовах інтенсивного зростання рівня автомобілізації збільшується інтенсивність руху транспортних засобів, при практично незмінній пропускній здатності вулично-дорожніх мереж, що сприяє зростанню ДТП. В статті проведено статистичний аналіз дорожньо-транспортних пригод, розглянуті причини та їх наслідки. На основі проведеного аналізу розглянуті заходи по покращенню умов руху та підвищенню безпеки руху.

Об'єкт дослідження – дорожньо-транспортні пригоди.

Мета роботи – проведення аналізу дорожньо-транспортних пригод.

Методи дослідження – аналітико-статистичний.

Ключові слова: дорожньо-транспортні пригоди, автомобільний транспорт, вулично-дорожня мережа, водій, пішохід, безпека руху.

УДК 656.13

Fomenko G., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Potasheva N.

TRAFFIC ACCIDENTS AND THEIR CAUSES

Abstract. The issues concerning the problems associated with the level of accident risk both on the roads and urban road network are considered in the given article. One of the most important social and economic problems for all countries of the world is the consequences of traffic accidents. Under the conditions of intensive growth of car ownership the traffic intensity increases with almost constant throughput of the road network, which contributes to traffic accidents. Statistical analysis of traffic accidents is carried out, and the causes and their consequences are discussed. Based on the analysis performed there were considered the measures to improve the traffic flow conditions as well as increase the road-traffic safety.

Object of study - traffic accidents.

Purpose - analysis of traffic accidents.

Methods - analytical and statistical.

Key words: traffic accidents, road transport, road network, driver, pedestrian, traffic safety.

УДК 656.13

Фоменко Г.Р., канд..техн.наук, Поташева Н.С.

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИШЕСТВИЯ И ИХ ПРИЧИНЫ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы касающиеся проблем связанных с уровнем аварийности, как на автомобильных дорогах, так и на улично-дорожной сети. Одной из важных социально-экономических проблем для всех стран мира являются последствия дорожно-транспортных происшествий. В условиях интенсивного роста уровня автомобилизации увеличивается интенсивность движения транспортных средств при практически неизменной пропускной способности улично-дорожной сети, что способствует увеличению количества ДТП. В статье проведен статистический анализ дорожно-транспортных происшествий, рассмотрены причины и их последствия. На основе проведенного анализа рассмотрены мероприятия по улучшению условий движения и повышения безопасности движения.

Объект исследования – дорожно-транспортные происшествия.

Цель работы – проведение анализа дорожно-транспортных происшествий.

Методы исследования – аналитико-статистический.

Ключевые слова: дорожно-транспортные происшествия, автомобильный транспорт, улично-дорожная сеть, водитель, пешеход, безопасность движения.

Вступ

Проблема забезпечення безпеки дорожнього руху невід'ємно пов'язана із аналізом дорожньо-транспортних пригод. В останній час дорожньо-транспортні пригоди на автомобільному транспорті займають перше місце по кількості потерпілих та загиблих в порівнянні з іншими видами транспорту. Тому вирішення задач підвищення безпеки руху на автомобільних дорогах, виявлення факторів, які впливають на ризик виникнення ДТП необхідно розглядати як пріоритетні. Важливою задачею аналізу дорожньо-транспортних пригод є вивчення причин та умов їх виникнення для розробки відповідних заходів по їх усуненню. Кожне із ДТП має випадковий характер [1]. Вони відбуваються з багатьох причин, серед яких діють як технологічні, так і людські фактори. Аналіз їх дозволить виявити загальні закономірності їх виникнення, розрахувати обсяги збитків і з урахуванням цього розробити профілактичні заходи.

Виклад основного матеріалу

Зростання аварійності на автомобільних дорогах та вулично-дорожній мережі обумовлено рядом причин:

- зростанням інтенсивності руху автомобільного транспорту в умовах незмінної пропускної здатності вулично-дорожньої мережі;
- складним сполученням геометричних елементів траси у плані і поздовжньому профілі;
- недостатній відстані видимості проїзної частини і зустрічних транспортних засобів на кривих у плані і поздовжньому профілі;
- стан покриття проїзної частини, робота технічних засобів організації дорожнього руху та інженерного обладнання автомобільних доріг і міських вулиць;
- низький рівень утримання автомобільних доріг та міських вулиць.

Introduction

The problem of providing road traffic safety is closely connected with the analysis of road-traffic accidents. The recent road traffic accidents rank first in the number of those injured and the victims as compared to other modes of transport. Therefore, solving the problems of increasing road traffic safety, identification of factors that affect the accident risk must be considered as a priority. An important objective of the road accident analysis is to study the causes and conditions of their origin to develop appropriate corrective measures. Each of the accidents is random in nature [1]. They occur for many reasons, among which are technological and human factors. Their analysis will help to identify common patterns of their occurrence, asses the volume of losses and to develop preventive measures on this basis.

Presentation of the main material

The increase of accident risk on highways and the road network is due to several reasons:

- increase of road-traffic intensity in conditions of constant throughput of the road network;
- a complex combination of geometric elements in the road plan and the longitudinal profile;
- lack of visibility within the roadway and oncoming vehicles on the curves in the plan and the longitudinal profile;
- the state of the bearing course, the work of the technical means of traffic management and engineering equipment of highways and city streets;
- a low level of maintenance of highways and city streets.

Дорожньо-транспортні пригоди, частіш за все виникають в місцях з високою щільністю транспортного потоку та складними дорожніми умовами. Кожне, навіть незначне, ДТП ускладнює ситуацію, що приводить до виникнення заторів та пробок, порушенні графіків руху маршрутних транспортних засобів. Значна частина ДТП відбувається в результаті невірних дій водіїв або інших працівників транспорту [2]. Їхніми причинами можуть бути і дії (або бездіяльність) інших осіб – пішоходів, велосипедистів, пасажирів, а також несправність транспортних засобів, незадовільний стан доріг, погодні умови та ін.

В Україні основна частина усіх ДТП відбувається на території міст і населених пунктів, про що свідчать статистичні дані. Умовно ДТП можна розділити по місцях скоєння на дві групи: міста та населені пункти і позаміські автомобільні дороги. Понад 60 % загальної кількості ДТП приходить на міста на інші населені пункти.

На дорогах України майже кожні 2 години вмирає людина, в середньому за добу гинуть 14 і отримують травми понад 100 осіб. Кожні 16 хвилин в країні відбувається дорожньо-транспортна пригода. Лише за минулий 2015 рік їх сталося майже 153,2 тисячі, загинули понад 4,4 тисячі людей – пішоходів, водіїв та пасажирів. Також зростає кількість травмованих людей в дорожніх аваріях – щороку понад 32,3 тисяч українців отримують травми різного ступеня тяжкості [3].

Порівняно з країнами Європи, в Україні незадовільний стан безпеки руху. Високий рівень смертності через аварії та дорожньо-транспортний травматизм, є наслідком низької транспортної дисципліни учасників дорожнього руху. Україна входить до групи країн з найвищим ризиком для пішоходів. Аналіз статистичних даних свідчить, що в 2014-2015 роках в Україні, а також Харківській області та місті Харків, було зафіксовано незначне зменшення кількості ДТП, але це не означає, що дороги стали безпечними. Зміну кількості ДТП можна простежити за показниками, які наведені у таблиці 1.

Accidents most often occur in areas with a high density of traffic flow and complex road conditions. Even a minor accident can complicate the situation, leading to congestion and traffic jams, as well as traffic disruption of fixed-route buses. The biggest part of road accidents is a result of wrong actions of drivers and other transport workers [2]. They can also be caused by actions (or inactiveness) of other people such as: pedestrians, cyclists, passengers, as well as vehicle faults, poor road conditions, weather conditions, etc.

In Ukraine, the main bulk of all road accidents take place in cities and towns, as evidenced by statistics. Conventionally, accidents can be divided according to the scene of occurrence into two groups: cities and towns and countryside roads. Over 60% of road accidents occur in cities and other localities.

On the roads of Ukraine, almost every 2 hours per day there dies a person, on average 14 people are killed and over 100 people are injured. Every 16 minutes there occurs an accident. During the last year there occurred almost 153.2 road accidents. More than 4.4 thousand people - pedestrians, drivers and passengers were killed. Also, the number of people injured in road accidents is growing - each year more than 32,300 Ukrainians get injuries of varying severity. [3]

Compared with Europe, in Ukraine there is a poor state of road safety. The high mortality rate due to road accidents and the road traffic injuries are the result of low transport discipline of road users. Ukraine is among a group of countries with the highest risk for pedestrians. Analysis of the statistics shows that in 2014-2015 in Ukraine, as well as Kharkiv region and Kharkiv, there was recorded a slight decrease in the number of accidents, but that does not mean that the roads have become safer. The change in the number of accidents can be monitored according to the indicators listed in Table 1.

Таблиця 1 – Дорожньо-транспортні пригоди за 2014-2015 роки [4]

Регіон	Усього ДТП		ДТП з постраждалими					
			усього		загинуло		травмовано	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Україна	191010	153181	30681	26084	4833	4443	37521	32270
Харківська область	12140	11155	2292	2176	272	285	2895	2905
Місто Харків	3885	3546	1056	995	98	89	1125	1102

Згідно одержаних даних по Харківській області та місту Харків ситуація з дорожньо-транспортними пригодами є незадовільною. Проте порівнюючи дані загальної кількості ДТП необхідно відмітити деяке їх зниження. Насамперед за період 2015 року має місце зниження кількості придбаних транспортних засобів, а також зниження об'ємів вантажо- та пасажирообігу. Дорожньо-транспортні пригоди з постраждалими за видами ДТП за 2014-2015 роки по Україні представлені у таблиці 2.

На основі одержаних даних необхідно відмітити, що найбільша кількість ДТП із постраждалими спостерігається: при зіткненні транспортних засобів, наїзді на пішоходів, наїзді на перешкоду та внаслідок перекидання.

Аналіз представлених даних дозволяє визначити дорожньо-транспортні пригоди за основними причинами:

- порушення правил маневрування – 37,3 %;
- недотримання дистанції – 19,5 %;
- перевищення безпечної швидкості – 15,3 %;
- порушення правил проїзду перехресть – 6,6 %;
- управління автотранспортом у нетверезому стані – 3,4 %;
- виїзд на смугу зустрічного руху – 2,4 %;
- порушення правил надання безперешкодного проїзду – 2,3 %;
- перехід пішоходів у невстановленому місці – 2,1 %;
- порушення правил обгону – 1 %.

Table 1 - Accidents during the period of 2014-2015 [4]

Re-gi-on	Total number of road accidents		Road accidents with victims					
			total		killed		injured	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Uk-ra-ine	191010	153181	30681	26084	4833	4443	37521	32270
Kh-ar-kiv re-gi-on	12140	11155	2292	2176	272	285	2895	2905
Kh-ar-kiv	3885	3546	1056	995	98	89	1125	1102

According to the data obtained, the state of affairs connected with road traffic accidents in Kharkiv region and Kharkiv is not satisfactory. But comparing the data concerning the total number of road accidents there is noted a slight decrease. First of all, during 2015 there was recorded a reduction in the number of purchased vehicles, as well as a decrease in the volumes of freight and passenger traffic. Road accidents with victims according to the accident type in Ukraine during 2014-2015 are presented in Table 2.

Based on the data obtained it should be noted that most of the accidents with victims involved can be observed in the following cases: the collision of vehicles, pedestrian accidents, obstacle accident, and tipping-over.

Analysis of the data presented makes it possible to determine the traffic accidents by main causes:

- violation of maneuvering - 37.3%;
- distance failure - 19.5%;
- exceeding the safe speed - 15.3%;
- violation of crossroads passage - 6.6 %;
- drink drive - 3.4%;
- entering an oncoming lane - 2.4%;
- violation of rules providing free passage - 2.3%;
- road crossing by pedestrians in prohibited places - 2.1%;
- violation of overtaking - 1%.

Таблиця 2 – Статистичні дані постраждалих за видом ДТП [4]

Вид ДТП	ДТП з постраждалими					
	усього		загинуло		травмовано	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Зіткнення	10643	9028	1273	1191	16607	14246
Перекидання	2614	2188	475	443	3398	2920
Наїзд на ТЗ, що стоїть	756	747	104	96	978	995
Наїзд на перешкоду	3518	3212	772	785	4546	4158
Наїзд на пішохода	10896	8884	1873	1621	9928	8050
Наїзд на велосипедиста	1648	1605	294	261	1453	1451
Інші ДТП	606	420	45	46	611	450
Загалом	30681	26084	4833	4443	37521	32270

Кожне четверте ДТП відбувається через перевищення швидкості, а кожне п'яте – через порушення пішоходами правил руху. Саме ці дві причини є важкими за своїми наслідками, бо понад 60 % загиблих у ДТП позбулися життя саме внаслідок наїздів на пішоходів і в результаті перевищення швидкості.

На кількість ДТП впливає зміна пори року та стан дорожнього покриття, найбільша їх кількість зареєстрована у квітні та листопаді. Статистика ДТП показує, що найбільша кількість пригод з постраждалими фіксується у п'ятницю та неділю (близько 40 %), що пов'язана з виїздом на вихідні дні та повернення мешканців міста.

У 2015 році порівняно з 2014 роком, відбулось зменшення кількості загиблих осіб, що знаходились у легковому автомобілі, мотоциклістів та осіб, що знаходились триколісному мототранспортному засобі, пішоходів, потерпілих внаслідок ДТП. Внаслідок нещасних випадків, пов'язаних із транспортом, у 2015 році – 14,7 % від усіх загиблих це діти у віці до 15 років.

Для покращення умов руху та підвищення безпеки руху заходами, спрямованими на запобігання аварій та зменшення їх наслідків, є:

- удосконалення організації руху;
- контроль за дотриманням дорожнього руху;
- конструкція дорожнього одягу та стан

Table 2 - Statistical data of injured people according to the accident type [4]

Type of accident	Accidents with victims					
	total		killed		injured	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Collision	10643	9028	1273	1191	16607	14246
Rollover	2614	2188	475	443	3398	2920
Collision with a parked vehicle	756	747	104	96	978	995
Obstacle incident	3518	3212	772	785	4546	4158
Pedestrian accident	10896	8884	1873	1621	9928	8050
Hitting a bicyclist	1648	1605	294	261	1453	1451
Other accidents	606	420	45	46	611	450
Overall	30681	26084	4833	4443	37521	32270

Every fourth accident is due to speeding, and one in five is caused by violation of traffic rules by pedestrians. These two reasons are severe in its effects for over 60% of those killed in traffic accidents lost their lives just because pedestrian accidents and as a result of speeding.

The number of accidents is affected by the season change and the state of the road surface; most of the accidents occur in April and November. Accident statistics shows that the largest number of accidents with victims is normally recorded on Friday and Sunday (40%), which is related to going out of town and returning back.

In 2015, compared to 2014 there was a decrease in the number of killed car occupants, motorcyclists and three-wheeled vehicle drivers, pedestrians, and victims of road accidents. As a result of accidents related to transport, in 2015 - 14.7% of all victims were children under the age of 15.

To improve the traffic flow conditions and increase traffic safety at the expense of measures directed to avoid accidents and reduce their impact, one must attend to the following issues:

- improving traffic management;
- monitoring traffic compliance;
- design of the road base and the state of the wearing course;
- improvement of transport means, personal

покриття;

- удосконалення технічних засобів транспорту, засобів індивідуального захисту та засобів для захисту пішоходів;
- виявлення місць концентрації ДТП, детальне їх вивчення та розробка заходів спрямованих на підвищення безпеки дорожнього руху.

Висновки

1. За результатами проведеного аналізу дорожньо-транспортних пригод встановлено, що найбільша кількість ДТП з постраждалими спостерігається при зіткненні транспортних засобів, наїзді на пішоходів, наїзді на перешкоду та внаслідок перекидання.
2. Запропоновані заходи для підвищення безпеки руху та покращення умов руху.

Література

1. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения / Я.В.Хомяк. –К.: Вища школа, 1986. – 271с.
2. Врубель Ю.А. Опасности в дорожном движении / Ю.А/Врубель, Д.В.Капский. – М.: Новое знание, 2013. –244с.
3. dtpua.com Статистика ДТП.
4. www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2015.pdf.

protection means, and means of insuring pedestrian safety;

- identifying sports of road accident concentration and their detailed examination and development of activities aimed at improving road safety.

Conclusions

1. According to the results of road accidents analysis, it was revealed that the highest number of accidents with victims is observed when there occur vehicle collisions, pedestrian accidents, obstacle incidents, and as a result of tipping-over.
2. There were proposed measures to enhance traffic safety and improve traffic conditions.

References

1. Ya. Khomyak. Road Traffic Management / Ya. Khomyak. –K.: Higher School, 1986. – p. 271.
2. Yu. Vrubel. Hazards in Road Traffic / Yu. Vrubel. D. Kapskyi. – M.: Novoye Izdanie, 2013. – p. 244.
3. dtpua.com Road Accident Statistics.
4. www.sai.gov.ua/uploads/filemanager/file/dtp2015.pdf.

Рецензенти:

Дзюба О.П., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Смірнова Н.В., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Referees:

Dzyuba A. P., Cand. Eng. Sci., National Transport University.

Smirnova N.V., Dr. Techn. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **18.10.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/.8:332.6

Харченко А.М., канд. техн. наук

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАЙНОВИХ ПРАВ НА ЗЕМЕЛЬНІ ДІЛЯНКИ, ВІДВЕДЕНІ ПІД БУДІВНИЦТВО ДОРІГ ЗА СТАНДАРТАМИ FIDIC

Анотація. У статті наведені основні проблеми впровадження типових форм контрактів FIDIC в дорожньому господарстві України у розрізі забезпечення майнових прав на земельні ділянки, відведені під будівництво доріг, та запропоновані можливі шляхи й заходи щодо їх вирішення.

Об'єкт дослідження – майнові права на земельні ділянки, відведені під будівництво доріг за стандартами FIDIC.

Мета роботи – аналіз теоретичних аспектів забезпечення майнових прав на земельні ділянки, відведені під будівництво при реалізації типових форм контрактів FIDIC в дорожньому господарстві України.

Методи дослідження – аналітичний, експертних оцінок.

Ключові слова: контракти FIDIC, земельна ділянка, автомобільна дорога, майнові права.

UDC 625.7/.8:332.6

Kharchenko A., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

PROBLEMS OF PROVIDING OF PROPERTY RIGHTS ON LAND WHICH RESERVED FOR THE ROAD CONSTRUCTION UNDER THE FIDIC STANDARD

Abstract. In the article the basic problems of implementation of standard forms of FIDIC contracts in the road sector Ukraine in terms of ensuring property rights on land which reserved for the construction of roads, and proposed possible ways and measures to address them.

The object of study – property rights on land which reserved for the road construction under the fidic standard.

Purpose - analysis of the theoretical aspects of property rights on land which reserved for the construction of the implementation of FIDIC standard forms of contracts in the Ukrainian road sector.

Research methods – analytical, expert evaluations.

Key words: FIDIC contracts, land, roads, property rights.

УДК 625.7/.8:332.6

Харченко А.Н., канд. техн. наук

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМУЩЕСТВЕННЫХ ПРАВ НА ЗЕМЕЛЬНЫЕ УЧАСТКИ, ОТВЕДЕННЫЕ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ ПО СТАНДАРТАМ FIDIC

Аннотация. В статье приведены основные проблемы внедрения типовых форм контрактов FIDIC в дорожном хозяйстве Украины в разрезе обеспечения имущественных прав на земельные участки, отведенные под строительство дорог, и предложены возможные пути и способы их решения.

Объект исследования - имущественные права на земельные участки, отведенные под строительство дорог по стандартам FIDIC.

Цель работы - анализ теоретических аспектов обеспечения имущественных прав на земельные участки, отведенные под строительство при реализации типовых форм контрактов FIDIC в дорожной отрасли Украины.

Методы исследования - аналитический, экспертных оценок.

Ключевые слова: контракты FIDIC, земельный участок, автомобильная дорога, имущественные права.

Постановка проблеми

Інтеграція України у міжнародну спільноту вимагає прийняття та адаптації до вітчизняних умов міжнародних стандартів в галузі дорожнього будівництва.

У світі існує величезна кількість різних видів типових будівельних контрактів, наприклад, контракти FIDIC (Міжнародної федерації інженерів-консультантів), ICE (Інституту цивільних інженерів), NEC, IMechE (Товариства інженерів-механіків) та ін., тому професійна спільнота завжди прагнула сформувати єдині стандарти, які дозволили б спростити процес проведення тендерів та були б уніфіковані та зручні у використанні у розрізі різних будівельних проектів. Особливо гостро ця проблема виникла після другої світової війни в процесі відновлення країн-учасників. Саме в цей період стала більш помітною інтернаціоналізація будівництва та активне залучення капіталу міжнародних фінансових інститутів і організацій до будівельних проектів [1, 2]. В той час і взяла на себе федерація FIDIC роль об'єднуючої ланки держав для виконання інтернаціональних будівельних проектів та розробила типові форми контрактів, які на сьогоднішній час є без перебільшення еталонами у будівництві.

Типові форми (проформи) FIDIC мають закінчений вигляд, вони універсальні - кожна форма відповідає переважній більшості вимог та легко піддається змінам, необхідним сторонам договору. Крім того, не останньою причиною визнання типових форм фахівцями у будівництві стала успішна багаторічна практика їх застосування в різних юрисдикціях по всьому світу. Поширення їх застосування можна відстежити на офіційних сайтах міжнародних організацій і асоціацій (зокрема, сайти FIDIC, Світового банку, Міжнародного валютного фонду та ін.) [1].

Використання проформ FIDIC в Україні має ряд переваг, починаючи від уніфікованого підходу та ефективного розподілу відповідальності та ризиків **сторін й закін** чуючи безпечними умовами для залучення фінансових інвестицій з боку міжнародних

Formulation of the problem

Ukraine's integration into the international community requires the adoption and adaptation to local conditions of international standards in the field of road construction.

There are many different types of standard construction contracts in the world, such as contracts FIDIC (International Federation of Consulting Engineers), ICE (the Institute of Civil Engineers), NEC, IMechE (the Institution of Mechanical Engineers) and others, so professional community has always sought to create uniform standards that would simplify the process of tendering and would be unified and easy to use in terms of various construction projects. Particularly acute this problem emerged after the Second World War in the recovery process of the participating countries. It was during this period was more pronounced internationalization of building and active involvement of capital from international financial institutions and organizations in building projects [1, 2]. At the time, took over the role of the federation FIDIC connecting link State on international construction projects and developed standard forms of contracts which are etalon of standards in construction in present time.

Typical forms (pro forma) FIDIC have a finished look, they are universal - every form meets the majority of requirements and easily change required the parties to the contract. In addition, not the least reason for the recognition of typical forms by experts in building become successful long-standing practice of their application in various jurisdictions around the world. Spreading their use can be tracked on the official websites of international organizations and associations (including sites FIDIC, World Bank, IMF, etc.) [1].

Using pro forma FIDIC in Ukraine has several advantages, starting with a unified approach and efficient allocation of risk and liability sides and ending with a safe environment for attracting financial investments from international investors and

інвесторів та зменшенням рівня корупції шляхом спрощення процедури управління фінансовими потоками.

Але, на жаль, існує ряд проблем, які виникають на шляху прийняття та адаптації проформ FIDIC до дорожньої галузі України. Суттєвою проблемою є невідповідність правової конструкції України, так як при розробці стандартів FIDIC була використана правова основа Великобританії. Саме невідповідність законодавства та нормативно-технічної бази слугує основною перешкодою до впровадження проформ FIDIC в Україні й першою проблемою, яку необхідно вирішити на шляху такого впровадження, є адаптація земельного законодавства, а саме, передбачити можливість забезпечення майнових прав на земельні ділянки, відведені під будівництво доріг згідно стандартів FIDIC.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз досліджень даної наукової проблематики показав недостатню увагу вітчизняних науковців до проблем забезпечення майнових прав при використанні контрактів FIDIC в дорожньому господарстві України. Проте, слід зазначити підвищений інтерес до проблем адаптації контрактів FIDIC в Україні в роботах Енріко Вінка (виконавчого директора Міжнародної федерації інженерів-консультантів FIDIC), С. Теуш, В. Грабчака, Н. Березовського, С. Андрєєва, А. Лілова та ін.

Постановка завдання

Метою статті є аналіз теоретичних аспектів забезпечення майнових прав на земельні ділянки, відведені під будівництво при реалізації типових форм контрактів FIDIC в дорожньому господарстві України.

Виклад основного матеріалу

Досвід виконання міжнародних інфраструктурних та будівельних проектів в країнах світу в 60-ті роки вказав на необхідність розробки єдиного уніфікованого підходу та загальних правил проведення тендерів, розробки єдиних норм та типових форм контрактної документації, що можна

reduce corruption by simplifying procedures for managing financial flows.

Unfortunately, there are some problems that arise in the way of adopting and adapting to the pro forma FIDIC in Ukrainian road sector. The essential problem is the inconsistency of Ukrainian legal structures, as well as that for the development of standards FIDIC was used legal basis of the UK. That discrepancy of legislation and regulatory-technical framework serves as the main obstacle to the implementation of pro forma FIDIC in Ukraine. And the first problem which must be solved in the way of this implementation is the adaptation of the land legislation, in particular, provides an opportunity to ensure property rights on land which reserved for roads according to FIDIC standards.

Analysis of recent research and publications

The analysis of scientific studies showed insufficient attention to issues of national scientists to the problems of property rights when using FIDIC contracts in Ukrainian road sector. However, it should be noted the increased interest in the problems of adaptation FIDIC contracts in Ukraine in the research of Enrico Vink (Executive Director of the International Federation of Consulting Engineers FIDIC), S. Teush, V. Grabchak, N. Berezovsky, S. Andreev, A. Lilov and others.

Setting objectives

The article aims to analyze the theoretical aspects of property rights on land which reserved for the construction of the implementation of FIDIC standard forms of contracts in the Ukrainian road sector.

Presenting main material

Experience in implementation of international infrastructure and construction projects in the world in 60-years pointed to the need to develop a single unified approach and common rules for tenders, development of uniform standards and standard forms of contract documentation that could be applied

було б в майбутньому застосовувати в усіх країнах світу. У той же час такі форми контрактів повинні були б враховувати специфіку місцевого законодавства та кожного окремого проекту. За вирішення цієї проблеми в середині 60-тих років взялась Міжнародна федерація інженерів-консультантів FIDIC та розробила й випустила «Червону книгу», яка складається з «Загальних умов» та «Особливих умов» контракту.

«Загальні умови» контракту FIDIC – це юридично вивірені положення контракту, які підходять для реалізації будь-якого будівельного проекту й можуть бути включені в контракт без змін або з мінімальними змінами [1].

Друга частина контрактної документації «Особливі умови» призначена для коректного урахування умов національного законодавства й особливостей проекту.

Розробка «Червоної книги» слугувала поштовхом для розробки й інших типових умов контрактів, що охопили майже весь спектр контрактних відносин в будівництві.

В проформах FIDIC закладена велика кількість різних механізмів (наприклад - регулювання ціни договору, термінів виконання і т.д.). Проформи - це збалансована угода, яка діє на умовах «fair terms» (чесні умови), де в рівній мірі захищені інтереси і замовника і підрядника.

Так, позиція ЄБРР за контрактом FIDIC визначає їх добре збалансованими, вони легко адаптуються до умов певної країни і застосовуються для широкого діапазону проектів. Однак, необхідна локалізація, так як деякі умови суперечать національному законодавству, місцеві підрядні організації не завжди знайомі з FIDIC, іноді в проектах використовуються некоректні форми таких контрактів, що в майбутньому може призвести до проблеми майнових прав на будівельний об'єкт.

Майнові права на об'єкт будівництва при реалізації контракту виникають в момент затвердження проекту на будівництво і

in future in all countries. At the same time, these forms of contracts would have to take into account the specific local laws and each project. For solving this problem in the middle of 60th that did the International Federation of Consulting Engineers FIDIC and has developed and released the "Red Book", which consists of the "General Conditions" and "Special Conditions" of contract.

"General Conditions" of FIDIC contract - legally verified contract provisions that are suitable for the implementation of any construction project and may be included in the contract unchanged or with minimal changes [1].

The second part of the contractual documentation "special conditions" is intended to correct the conditions of the national legislation and features of the project.

Development of the "Red Book" served as a push for the development of other typical conditions of contracts, covering almost the entire range of contractual relations in construction.

In pro forma FIDIC planted a large number of different mechanisms (for example - adjusting the contract price, deadlines, etc.). Pro forma is a balanced agreement, which operates under the terms «fair terms» (fair condition), which are equally protected and the interests of the customer and the contractor.

Thus, the position of European Bank for Reconstruction and Development about FIDIC contract determines their well-balanced, they are easily adaptable to specific country conditions and are used for a wide range of projects. However, localization is necessary, as some conditions are contrary to national law, local contractors are not always familiar with FIDIC, sometimes in projects using incorrect forms. Such contracts in the future could lead to the problem of property rights on construction objects.

Property rights on the construction objects in the implementation of the contract arising at

зберігаються до здачі об'єкта замовнику, тоді об'єкт з майнових прав переходить на баланс у вигляді активу. Складність в здійсненні такого підходу при використанні проформ FIDIC полягає в недосконалості бюрократичної процедури відведення землі під будівництво в Україні. Відповідно, замовник не може забезпечити своєчасний доступ на будівельний майданчик підрядника і інженера-консультанта.

На сьогоднішній час до основних проблем при виділенні земельних ділянок, погодженні проектної документації, реєстрації земельних ділянок і прав на них у будівництві, відносяться наступні:

1. Неможливість автоматичного переходу права користування земельною ділянкою (оренди) при переході права власності на нерухоме майно. Новий власник нерухомості фактично повинен пройти всю процедуру відведення земельної ділянки в користування і укладання договору оренди, що за оптимістичним сценарієм може тривати близько півроку. При цьому новий власник не може ефективно користуватися своєю власністю (наприклад, здійснити реконструкцію) [3].

2. Інвестори не мають можливості перевірити в публічно доступних джерелах земельні ділянки державної і комунальної власності й визначити, чи вільні вони від забудови або чи можуть вони бути використані для реалізації будівельних проектів [3].

3. Не закінчена законодавча процедура розподілу сфер впливу на власність держави та комунального господарства. Існують випадки, при яких комунальна та державна власність співіснують нероздільно (наприклад, державні землі в зоні міст; землі що мають культурно-історичну цінність тощо). Одна і та сама ділянка може бути під державною охороною і перебувати на балансі міста. В таких випадках процес ідентифікації власника призводить до значних затримок при оформленні документації на земельну ділянку.

4. Не до кінця врегульовано процес відчуження земельних ділянок у приватну власність. З одного боку, держава передбачила юридичні

the time of approval of the project for the construction and kept up to date object to the customer, then property rights of the object transferred to the balance sheet as an asset. The difficulty in implementing this approach using pro forma FIDIC is the imperfection of bureaucratic procedures for land acquisition for construction in Ukraine. Accordingly, the customer cannot provide timely access to the construction site contractor and consulting engineer.

At present time the main problems in the allocation of land, approval of project documentation, registration of land and rights to them in construction include:

1. Failure automatic transfer of land use (lease) the transition of ownership of real estate. The new owner of the property actually has to go through the whole procedure of land allocation for use and lease contract that throw the optimistic scenario may takes about six months. In this case, the new owner cannot effectively use their property (for example, to reconstruct) [3].

2. Investors are not able to check in publicly available sources plots of state and communal ownership and to determine whether they are free from development, or whether they can be used for construction projects [3].

3. Do not over legislative procedure of division of property of the state and communal structures. There are cases in which municipal and state ownership coexist (for example, public lands in the area of cities, land with cultural and historical value, etc.). One and the same area can be under state protection and be on the balance of the city. In such cases, owner identification process leads to significant delays in the documentation of the land.

4. Do not to completely regulated the process of alienation of land to private ownership. On the one hand, the state has provided legal

випадки, з настанням яких припиняється право власності на землю та розробила механізм примусового позбавлення юридичних або фізичних осіб права власності на земельні ділянки (примусове відчуження земельних ділянок з мотивів суспільної необхідності [4]), але з іншого – залишаються питання страхування ризиків неотримання згоди фізичної особи; відсутності документів на земельні ділянки; відсутності інформації про місце знаходження власників земельних ділянок та ін.

Окрім перерахованих проблем, що безпосереднім чином впливають на забезпечення майнових прав при реалізації контрактів FIDIC, слід зазначити ряд непрямих, але не менш важливих:

1. Проблема визначення контракту FIDIC як одного з різновидів договірних (контрактних) відносин між замовником і виконавцем. Вирішення цієї проблеми поставило б умовну точку в більшості юридичних колізій щодо застосування контракту FIDIC в Україні.

Необхідно законодавчо чітко визначити права, повноваження, обов'язки і відповідальність замовника і виконавця, адже їх функції за традиційною схемою виконання робіт відмінні від FIDIC, про що свідчить аналіз Цивільного кодексу [5].

Прямі взаємовідносини замовника і виконавця згідно стандартів FIDIC не допускаються.

Також існує проблема довгостроковості договірних відносин, яку можна вирішити внесенням змін бюджетного законодавства.

2. Проблема визначення «консультанта» в чинному законодавстві (в якості третьої сторони контракту), його повноважень, кваліфікаційних вимог, відповідальності і т.д.

FIDIC визначає інженера-консультанта як об'єднання незалежних, неупереджених, висококваліфікованих і досвідчених спеціалістів з проектування будівельних об'єктів або управління проектними роботами, включаючи вибір проектувальника; організації та проведення тендерів на підрядні роботи; технічного та авторського нагляду; виконання функцій незалежного арбітра при вирішенні спорів між сторонами. У числі вимог FIDIC - об'єктивність і незалежність, прозорість всієї інформації, неможливість будь-яких «закулісних» дій, що ведуть до подорожчання

cases with the onset of which terminate the ownership of land and has developed a mechanism of incarceration natural or legal persons of ownership of the land (expropriation of land for reasons of social necessity [4]), but on the other - remain risk insurance issue not receive the consent of the individual; absence of documents on land; absence information about the location of land owners and others.

In addition to these issues that directly affect the provision of property rights in the implementation of contracts FIDIC, it should be noted a number of indirect but no less important:

1. Problem of definition FIDIC contract as one of the varieties of contractual relationship between the customer and the contractor. Solving this problem would put the notional point in most legal conflicts regarding the use of FIDIC contracts in Ukraine.

It is necessary to legally define the rights, powers, duties and responsible range of the customer and the contractor, because their functions under the traditional scheme of work other than FIDIC, as evidenced by the analysis of the Civil Code [5].

The direct relationship between the customer and the contractor under FIDIC standards are allowed. There is also the problem of sustainability of contractual relationships that can be solved amending budget legislation.

2. The problem of the definition of "Consulting Engineer" in existing legislation (as a third party contract), its powers, qualification requirements, responsibilities, etc.

FIDIC defines consulting engineer as an association of independent, unbiased, qualified and experienced specialists in the design or management of construction projects design, including: the choice of the designer; organizing and conducting tenders for contract work; maintenance and supervision; the functions of the independent arbiter in disputes between the parties. Among the requirements of FIDIC - impartiality and independence, and transparency of all information impossibility of any "backroom" operations, leading to

проектів і невиправданих витрат замовника. Такий фахівець повинен розуміти не тільки технічну частину питання, але й мати навички з управління будівельними проектами.

3. Перегляд підходів до визначення вартості робіт і їх відображення в звітності. Так, наприклад, в Україні обов'язково додається розшифровка за складовими витрат на кожному етапі розрахунків, тоді як в контрактах FIDIC може бути досить вказати витрати одного разу в складі оферти [6].

4. Визначення механізмів контролю якості, правил технічного нагляду, приймання і фінансування робіт (необхідні зміни в нормативно-технічних документах та методиках).

5. Необхідність у офіційному перекладі проформ FIDIC на українську мову. Неякісний переклад стандартів породжує проблеми недостатнього розуміння термінології, принципів і механізмів дії проформ FIDIC [6]. Офіційним перекладом вважається переклад, затверджений на конференції україномовних членів FIDIC

Висновок

Невідповідність українського законодавства та специфіка дорожньої галузі, безумовно, вимагає внесення змін для адаптації та можливості використання в Україні контрактів FIDIC. Однак прихід в Україну великих іноземних інвесторів диктує свої правила, і більшість з них вважає за краще працювати з урахуванням міжнародних норм і механізмів.

Контракти FIDIC дозволяють, з одного боку, максимально забезпечити інтереси замовника, а, з іншого боку, - зорієнтувати і захистити інтереси підрядника.

Не випадково типові умови контрактів FIDIC називають «Біблією» для західного підрядника [2]. Ці документи застосовують Міжнародний і Європейський банки розвитку і реконструкції, державні і приватні замовники в багатьох країнах світу.

Існує багато юридичних перешкод для використання проформ FIDIC в Україні, частина з яких, на нашу думку, можна усунути використовуючи механізм зміни чинного законодавства і нормативно-технічної бази, іншу частину - можна врахувати в частині «Особливих умов». Також необхідно вжити

higher project costs and unnecessary outgoings of the customer. Such a person must understand not only the technical part of the question, but also have the skills to manage construction projects.

3. Profile approaches to determining the value of work and their reflection in the statements. For example, in Ukraine should be attached transcript costs for components at each stage of the calculations, while the FIDIC contracts may be sufficient to indicate the costs once as part of the offer. [6]

4. Determination of quality control mechanisms, rules, technical supervision, acceptance and funding for (the necessary changes in the regulatory and technical documents and methodologies).

5. The need for official translation of FIDIC standards into Ukrainian. Absence of translating standards creates problems of lack of understanding of the terminology, principles and mechanisms of pro forma FIDIC [6]. The official translation is considered approved at the conference of Ukrainian membership in FIDIC.

Conclusion

Inconsistency Ukrainian legislation and specific of road sector, madness requires amendments to adapt and to opportunity of use FIDIC contracts in Ukraine. However, the arrival in Ukraine of large foreign investors dictates its own rules, and most of them prefer to work with international norms and mechanisms.

FIDIC contracts allow, on the one hand, to secure the interests of the customer, and on the other hand - to orient and protect the interests of the contractor.

It is no accident that typical conditions of FIDIC contracts called "the Bible" for a Western contractor [2]. These documents apply international and European Bank for Reconstruction and Development, public and private customers in many countries.

There are many legal obstacles to the use of pro forma FIDIC in Ukraine, some of which, in our opinion, can be eliminated through the mechanism of changing current legislation and normative-technical base, the other part – could be taken into account in terms of

заходів щодо внесення змін в земельне та майнове законодавство.

Необхідно забезпечити можливість переукладати договори оренди земельних ділянок з новими власниками об'єктів нерухомості за спрощеною і прозорою схемою, а також провести інвентаризацію державних та єдиних реєстрів (кадастрів) і забезпечити прямий обмін інформацією між ними в рамках автоматизованих систем (Державний земельний кадастр, Державний реєстр майнових прав на нерухоме майно та їх обтяжень, реєстри платників податків та ін.).

Література

1. За матеріалами офіційного сайту FIDIC. [Електронний ресурс] - Режим доступу: www.fidic.org (Англ.).
2. Типовые формы международных строительных контрактов ФИДИК / Союз дорожных проектных организаций «РОДОС», Москва, 2014. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://rodosnpp.ru/media/FIDIC_.pdf
3. Зменшення корупційних ризиків та створення умов для залучення інвестицій в будівництві: системний звіт / Рада бізнес-омбудсмена України. - Київ, 2016. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://boi.org.ua/media/uploads/q2_2016/system_01_u a.pdf.
4. Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб: Закон України. Верховна Рада України: Закон від 17.11.2009. - № 1559-VI. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1559-17>
5. Цивільний Кодекс України: за станом на 1 вересня 2016 р (Відповідає офіційному тексту). - Харків: Одиссей, 2016. - 71 с.
6. Реализация строительных проектов в Украине: Международные стандарты FIDIC и украинская практика / Материалы семинара. - Киев, 2013. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://arzinger.ua/ua/press/events/46649/>.

Рецензенти:

Кірічек Ю.О., д-р. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.
Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kirichek Yu.O., Dr. Tech. Sci., Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture.
Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

"special conditions". It is also necessary to take measures for changes in land and property law.

It should provide an opportunity to renew the lease of land with the new owners for simplified and transparent scheme as well as an inventory of public and uniform registers (inventories) and provide direct exchange of information between them within automated systems (State Land cadastre, State register of property rights to immovable property and their encumbrances, State register of taxes, etc.).

Literature

1. Based on the official site FIDIC. [Electronic resource] - Access: www.fidic.org (Engl.).
2. Typical forms of international construction contracts FIDIC. Union of road project organizations "RHODES", Moscow, 2014. [Electronic resource] - Access: http://rodosnpp.ru/media/FIDIC_.pdf (Rus.).
3. Reducing corruption risks and create conditions to attract investment in the construction: a systematic report / Council business ombudsman Ukraine. - Kyiv, 2016. [electronic resource] - Access: https://boi.org.ua/media/uploads/q2_2016/system_01_ua.pdf. (Ukr).
4. About the alienation of land and other immovable property located at them, which are privately owned, for public needs: the Law of Ukraine. The Verkhovna Rada of Ukraine: Law of 17.11.2009. - № 1559-VI. [Electronic resource] - Access: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1559-17> (Ukr.).
5. Civil Code of Ukraine: to the first of September, 2016 (corresponding to the official text). - Kharkov: Odyssey, 2016. - 71 p. (Ukr.).
6. The implementation of construction projects in Ukraine: international FIDIC standards and Ukrainian practice. Proceedings of the seminar. - Kiev, 2013. [Electronic resource] - Access: <http://arzinger.ua/ua/press/events/46649/>. (Rus.).



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 332.6:625.7/.8

Шпиг А.Ю., канд. техн. наук

НОРМАТИВНА ГРОШОВА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ КОНЦЕСІЇ

Анотація. Запровадження в Україні концесій в інфраструктурному секторі, зокрема на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг, як форми державно-приватного партнерства, зменшить витрати бюджетних коштів в цьому напрямку. Однією з вимог до техніко-економічного обґрунтування при укладанні таких концесійних угод є проведення нормативної грошової оцінки земель, що підпадають під смугу відведення.

У статті розглянуто процедуру проведення нормативної грошової оцінки земель транспортної галузі.

Ключові слова: нормативна грошова оцінка, автомобільна дорога, дорожнє господарство, земельні ділянки, концесія.

UDC 332.6:625.7/.8

Shpyh A.Yu., Ph.D.

NORMATIVE MONETARY VALUATION OF LAND TRANSPORT INDUSTRY IN CONCESSION

Abstract. The introduction in Ukraine of concessions in the infrastructure sector, including the construction and operation of highways as a form of public-private partnership to reduce budget expenditures in this area. One of the requirements for the feasibility study at the conclusion of concession agreements is to conduct regulatory monetary value of land covered by the easement.

The article examines the process of regulatory monetary value land transport sector.

Key words: normative monetary evaluation, highway, road economy, parcel of land, concession.

УДК 332.6:625.7/.8

Шпиг А.Ю., канд. техн. наук

НОРМАТИВНАЯ ДЕНЕЖНАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ КОНЦЕССИИ

Аннотация. Введение в Украине концессий в инфраструктурном секторе, в частности на строительство и эксплуатацию автомобильных дорог, как формы государственно-частного партнерства, уменьшит расходы бюджетных средств в этом направлении. Одним из требований технико-экономического обоснования при заключении таких концессионных соглашений является проведение нормативной денежной оценки земель, подпадающих под полосу отвода.

В статье рассмотрена процедура проведения нормативной денежной оценки земель транспортной отрасли.

Ключевые слова: нормативная денежная оценка, автомобильная дорога, дорожное хозяйство, земельные участки, концессия

Постановка проблеми

Покращення експлуатаційного стану існуючих автомобільних доріг та будівництво нових можливо здійснювати не тільки за рахунок державних коштів, а й за рахунок залучення інвестицій приватного сектору.

Для реалізації такої можливості в дорожній галузі у 1999 році було прийнято Закон України «Про концесії на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг» [1].

У Земельному Кодексі України [2] визначено, що концесіонеру надаються в оренду земельні ділянки у встановленому порядку для здійснення концесійної діяльності. Тобто, концесійним договором концесіонеру надається право на будівництво автомобільної дороги.

Обов'язковою умовою при передачі земельних ділянок під платні автомобільні дороги є проведення нормативної грошової оцінки, що є складовою техніко-економічного обґрунтування. Тому, питання грошової оцінки земель транспортної галузі є своєчасним та потребує детального вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основи нормативної грошової оцінки розкриті в роботах таких учених як Ю.М. Манцевича, Ю.М. Палехи, М.Г. Лихогруда, Ю.Ф. Дехтяренка [3], А.Г. Мартина [4] та інших. Дослідженням автодорожніх концесій в Україні займалися І.В. Богдан [5], О.В. Жулин [6] та інші.

Постановка завдання

Мета статті полягає в розкритті процедури проведення нормативної грошової оцінки земель транспортної галузі.

Виклад основного матеріалу

Земля в дорожньо-транспортній галузі виступає просторовим операційним базисом, тобто місцем для розміщення будинків, споруд, шляхів сполучень. Економічною формою реалізації земельної власності є

Formulation of the problem

Improving operational condition of existing roads and construction of new possible not only to carry out public funds, but also by attracting private sector investment.

To implement such an opportunity in the road sector in 1999 adopted the Law of Ukraine "On Concession for construction and operation of highways" [1].

The Land Code of Ukraine [2] stipulates that the concessionaire available for rent land in the prescribed manner to implement the concession. That concession concessionaire is given the right to build the highway.

A prerequisite for the transfer of land for toll roads is conducting regulatory monetary value as part of a feasibility study. Therefore, the issue of monetary value of land transport industry is timely and requires detailed study.

Analysis of recent research and publications

Fundamentals regulatory monetary value disclosed in the work of such scientists as Y.M. Mantsevykh, Y.M. Palekha, M.G. Lyhohrud, Y.F. Dehtyarenko [3], A.G. Martin [4] and others. The study of road concessions in Ukraine engaged I.V. Bogdan [5], O.V. Zhulin [6] and others.

Setting objectives

The purpose of the article is to disclose the conduct regulatory monetary value land transport sector.

The main material

Land in the road transport industry serving spatial operating basis, i.e. space for buildings, structures, roads combinations.

The economic form of the landed property

земельна рента.

У відповідності до Податкового Кодексу України [7], базою для загальнодержавного податку, який справляється у формі земельного податку та орендної плати за земельні ділянки державної і комунальної власності є нормативна грошова оцінка земельних ділянок, яка є капіталізованим рентним доходом із земельної ділянки.

Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, яка вже відведена під будівництво дороги та передається концесіонеру на умовах оренди (крім земель населених пунктів), (Π_H) визначається за формулою [8]:

$$\Pi_H = \Pi_{\partial} \cdot P_{\partial} \cdot C_K \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{MЦ} \cdot K_i, \quad (1)$$

де Π_{∂} – площа земельної ділянки, що приймається за даними Державного земельного кадастру або документації із землеустрою, кв. м;

P_{∂} – рентний дохід для відповідної категорії земель (у гривнях на рік);

C_K – строк капіталізації (у роках);

K_M – коефіцієнт, який враховує місце розташування земель;

K_B – коефіцієнт, який враховує вид використання земельної ділянки і встановлюється залежно від складу угідь земельної ділянки відповідно до даних Державного земельного кадастру;

$K_{MЦ}$ – коефіцієнт, який враховує належність земельної ділянки до земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення;

K_i – коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель.

Грошова оцінка земель транспорту характеризується капіталізованим рентним доходом від цільового використання та здійсненого поліпшення їх облаштування.

Рентний дохід, що створюється за рахунок облаштування земельної ділянки визначається за формулою [9]:

is land rent.

According to the Tax Code of Ukraine [7], the basis for national tax levied in the form of land tax and rent for land plots of state and municipal property are normative monetary valuation of land, which is capitalized revenues from renting of land.

Regulatory monetary valuation of land, which is already reserved for the construction of the road and passed concessionaire under a lease (other than land settlements), (Π_H) given by [8]:

$$\Pi_H = \Pi_{\partial} \cdot P_{\partial} \cdot C_K \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_{MЦ} \cdot K_i, \quad (1)$$

where Π_{∂} – the area of land that acceptance means according to State land cadastre or land management documentation, sq. m;

P_{∂} – rental income for the relevant category of land (UAH per year);

C_K – term capitalization (in years);

K_M – factor for the location of the land;

K_B – factor for the type of use of land and set depending on the grounds of land according to the State land cadastre;

$K_{MЦ}$ – factor for the ownership of land to nature-land security, health, recreational, historical and cultural;

K_i – coefficient indexing normative monetary value of land.

The monetary valuation of land transport is characterized capitalized on revenues from renting the intended use and carried out to improve their improvement.

Rental income that is created by the arrangement of land given by [9]:

$$P_{нпн} = \frac{(ТП - 3 - 3 \cdot K_{нр}) \cdot B_{зн}}{B_{оф}}, \quad (2)$$

де $P_{нпн}$ – рентний дохід, який створюється за рахунок облаштування земельної ділянки, грн./м кв;

$ТП$ – нормативний обсяг товарної продукції підприємства, яке є власником або користувачем оцінюваної земельної ділянки, грн./м кв;

3 – виробничі затрати, грн./м кв;

$K_{нр}$ – коефіцієнт норми рентабельності, який визначає обсяги витрат на розширене відтворення виробництва;

$B_{зн}$ – балансова вартість будівель і споруд у межах земельної ділянки та інженерно-транспортної інфраструктури, яка розташована за межами земельної ділянки і перебуває на балансі даного підприємства, грн.;

$B_{оф}$ – балансова вартість основних фондів підприємства, грн.

Нормативи рентного доходу для земель транспорту наведені в додатку 1 Порядку [10] і становить 0,6637 грн./кв. м на рік.

Строк капіталізації рентного доходу C_k для земель дорожньо-транспортної галузі становить 33 роки [10].

Відповідно до [10], коефіцієнт, який враховує вид використання земельної ділянки (K_e), визначається за формулою:

$$K_e = K_{e1} \cdot K_{e2} \cdot K_{e3} \cdot K_{e4} \quad (3)$$

де K_{e1} – коефіцієнт, який враховує склад угідь земельної ділянки. Для земель транспорту значення коефіцієнта приймається рівним одиниці (додаток 7 Порядку [10]);

K_{e2} – коефіцієнт, який враховує регіональні відмінності у формуванні рентного доходу та визначається для земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення. Значення даного коефіцієнта залежить від області України, в якій розташовано об'єкт, та наведено в

$$P_{нпн} = \frac{(ТП - 3 - 3 \cdot K_{нр}) \cdot B_{зн}}{B_{оф}}, \quad (2)$$

where $P_{нпн}$ – rental income, which is created by the arrangement of land, UAH / sq. m;

$ТП$ – the required volume of commodity production company, which is the owner or user of land valued UAH / sq. m;

3 – production costs, UAH / sq. m;

$K_{нр}$ – the rate of return rate, which determines the volume of expanded reproduction costs of production;

$B_{зн}$ – book value of buildings within the land and engineering and transport infrastructure, which is located outside of land and is on the balance of the enterprise, UAH;

$B_{оф}$ – book value of fixed assets of the enterprise, UAH.

Standards of rental income for land transport are listed in Annex 1 of the Order [10] and is 0.6637 UAH / sq. m. per year.

The term capitalization of rental income C_k for land road transport industry is 33 years [10].

According to [10] factor for the type of use of land (K_e), is given by:

$$K_e = K_{e1} \cdot K_{e2} \cdot K_{e3} \cdot K_{e4} \quad (3)$$

where K_{e1} – factor for the composition of land of land. For land transport coefficient is assumed to be one (Annex 7 of the Procedure [10]);

K_{e2} – factor for the formation of regional differences in rental income and is determined to land for industry, transport, communications, energy, defense and other purposes. The value of the coefficient depends on the region of Ukraine, where the object is located, and

додатку 8 Порядку [10];

$K_{\text{в3}}$ – коефіцієнт, що враховує продуктивність лісових насаджень та визначається для земель, вкритих лісовою (деревною та чагарниковою) рослинністю;

$K_{\text{в4}}$ – коефіцієнт, що враховує продуктивність водних об'єктів та визначається для земель із цими об'єктами: природні водотоки (річки та струмки), штучні водотоки (канали), озера, ставки, водосховища та інші водні об'єкти.

Для земель транспорту коефіцієнт $K_{\text{мц}}$ прирівнюється до одиниці [10].

Індексація нормативної грошової оцінки земель визначається Податковим Кодексом України.

Висновки

З огляду на поступовий перехід дорожньо-транспортної галузі України до застосування концесійних угод при будівництві та експлуатації автомобільних доріг, узагальнено процедуру нормативної грошової оцінки земель транспортної галузі.

Література

1. Закон України «Про концесії на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг» 14 грудня 1999 року N 1286-XIV. // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – 21 січня. – № 3.
2. Земельний кодекс України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III. // Голос України. – 2001. – 20 лист. – № 217.
3. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні [Текст] / Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г. Лихогруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палеха. – К.: Профі. – 2002. – 256 с.
4. Мартин А.Г. Новий методичний підхід до нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення [Текст] / А.Г. Мартин // Землеустрій і кадастр. – 2013. – № 2. – С. 37-59.
5. Богдан І.В. Концесії в Україні: форми та шляхи запровадження [Текст] / І.В. Богдан // Економіка України. – 2011. – № 3. – С. 35-45.
6. Жулин О.В. Моделі фінансів автодорожніх

given in Annex 8 of the Procedure [10];

$K_{\text{в3}}$ – factor that takes into account the performance of woodland and is determined to land covered with forest (trees and shrub) vegetation;

$K_{\text{в4}}$ – factor that takes into account the performance of water bodies and is determined to land with these objects, natural waterways (rivers and streams), artificial streams (channels), lakes, ponds, reservoirs and other water bodies.

For land transport ratio $K_{\text{мц}}$ is equal to one [10].

Indexation of regulatory monetary value of land is determined by the Tax Code of Ukraine.

Conclusions

Given the gradual transition road transport sector Ukraine for use of concession agreements in the construction and maintenance of roads, generalized procedure regulatory monetary value land of transport sector.

Literature

1. Law of Ukraine "On Concession for construction and viscosity-ted roads" December 14, 1999 N 1286-XIV. // Supreme Council of Ukraine. - 2000 - 21 January. - № 3.
2. Land Code of Ukraine on October 25, 2001 № 2768-III. // Voice of Ukraine. - 2001 - 20 November. - № 217.
3. Methodological foundations of monetary value of land in Ukraine [Text] / Y.F. Dehtyarenko, M.G. Lyhohrud, Y.M. Mantsevych, Y.M. Palekha. - K .: Pro. - 2002. - 256 p.
4. Martin A.G. The new methodical approach to regulatory monetary evaluation non-agricultural land [Text] / A.G. Martin // Land management and cadastre. - 2013. - № 2. - P. 37-59.
5. Bogdan I. Concessions in Ukraine, forms and ways of implementation [Text] / I.V. Bohdan // Economy of Ukraine. -

- концесій [Текст] / О.В. Жулин // Економіка. Фінанси. Право. – 2011. – № 2. – С. 17-20.
7. Податковий кодекс України від 2 грудня 2010 року № 2755-VI. // *Голос України*. – 2010. – 04 груд. – № 229.
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 р. № 1278 «Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів)».
9. Теоретичні основи державного земельного кадастру: Навч. посібник / М.Г. Ступень, Р.Й. Гулько, О.Я. Микула та ін.; За заг. Ред.. М.Г. Ступеня. – 2-ге видання, стереотипне. – Львів: «Новий Світ-2000», 2006. – 336 с.
- Наказ Мінагрополітики України від 22.08.2013 р. № 508, зареєстрований в Мінюсті 12 вересня 2013 р. за № 1573/24105 «Про затвердження Порядку нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів)».
2011. - № 3. - Р. 35-45.
6. A. Zhulin Models finance road concessions [Text] / E.V. Zhulin // *Economics. Finances. Right.* - 2011. - № 2. - P. 17-20.
7. Tax Code of Ukraine on December 2, 2010 № 2755-VI. // *Voice of Ukraine.* - 2010 - December 4 - number 229.
8. The Cabinet of Ministers of Ukraine of 23 November 2011 r. Number 1278 "On approval of the Methodology regulatory monetary value of non-agricultural land (other than land settlements)."
9. The theoretical basis of the state land cadastre: Textbook / M.G. Stupen, R.Y. Gulko, O.J. Mikula, etc.; According Society. Red M.G. Stupen. - 2nd edition, stereotype. - Lviv, "New World-2000", 2006. - 336 p.
10. Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine of 22.08.2013 p. 508 number registered with the Ministry of Justice on September 12, 2013 for № 1573/24105 «On approval of the regulatory monetary value of non-agricultural land (other than land settlements)."

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Яценко І. В., канд. економ. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Yatsenko I.V., Cand. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **03.10.2016 р.**



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union

Публікація є результатом реалізації проекту:
TEMPUS CERES: Центри передового досвіду для молодих вчених
This publication is the result of the project implementation:
TEMPUS CERES: Centers of Excellence for young REsearchers.
Reg.no.544137-TEMPUS-1-2013-1-SK-TEMPUS-JPHES



УДК 625.7/.8

Шуляк І.С.

ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ДИНАМІЧНОГО МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація. В статті йдеться про новий спосіб визначення фактичного модуля пружності за тривалістю удару, який дає змогу удосконалити метод динамічних штампових випробувань за рахунок виключення необхідності застосування реперних балок, що в свою чергу підвищує продуктивність, точність та безпеку випробувань.

Об'єкт дослідження – дорожні конструкції.

Мета роботи – удосконалення динамічного методу оцінювання деформативних характеристик дорожніх конструкцій шляхом спрощення вимірювальних операцій і зменшення похибки вимірювань.

Методи дослідження – методи теорії пружності, теоретичної механіки, математичного моделювання.

Ключові слова: динамічні штампові випробування, дорожня конструкція, прилад динамічної дії, пружний прогин, реперна балка, тривалість удару, фактичний модуль пружності.

UDC 625.7/.8

Shuliak I.S.

ON IMPROVEMENT OF THE DYNAMIC TESTING METHOD OF ROAD CONSTRUCTIONS

Abstract. This paper discusses a new method of determining the actual modulus of elasticity for the duration of the impact, which allows improve the method of dynamic stamps tests by eliminating the need for application of reference beams, which in turn increases productivity, accuracy and safety of tests.

The object of study – road constructions.

Purpose – improving the dynamic method of evaluation the deformability characteristics of road constructions by simplifying the measurement operations and reduce measurement error.

Research methods – methods of the theory of elasticity, theoretical mechanics, mathematical modeling.

Key words: dynamic stamps tests, road construction, dynamic action device, elastic deflection, reference beam, impact duration, actual elastic modulus.

УДК 625.7/.8

Шуляк И.С.

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье идет речь о новом способе определения фактического модуля упругости по длительности удара, который позволяет усовершенствовать метод динамических штамповых испытаний за счет исключения необходимости применения реперных балок, что в свою очередь повышает производительность, точность и безопасность испытаний.

Объект исследования – дорожные конструкции.

Цель работы – совершенствование динамического метода оценки деформативных характеристик дорожных конструкций путем упрощения измерительных операций и уменьшения погрешности измерений.

Методы исследования – методы теории упругости, теоретической механики, математического моделирования.

Ключевые слова: динамические штамповые испытания, дорожная конструкция, прибор динамического действия, упругий прогиб, реперная балка, длительность удара, фактический модуль упругости.

Вступ

На сьогоднішній день як в Україні так і за кордоном широко застосовуються прилади, що реалізують динамічний метод оцінювання деформативності дорожніх конструкцій. Вони мають більш високу продуктивність в порівнянні з методами та засобами, що реалізують статичний метод випробування.

Принцип роботи цих приладів полягає у вимірюванні максимального осідання штампа, на який діє короткочасне динамічне навантаження. За величиною максимального осідання штампа оцінюють деформативні характеристики дорожньої конструкції.

Основна частина

Головним недоліком більшості відомих засобів для динамічних штампових випробувань [1 – 4] є наявність реперної балки, необхідної для вимірювання пружного прогину і визначення динамічного модуля пружності за формулою [5, 6]:

Introduction

For today, both in Ukraine and abroad widely used devices that implement dynamic evaluation method of deformability of road constructions. They have better performance compared to the methods and means that implement the static test method.

The principle of these devices is to measure the maximum subsidence of stamp, which operates short-term dynamic loading. The magnitude of the maximum subsidence of stamp evaluate deformability properties of road construction.

Main part

The main disadvantage of most known means for dynamic stamps tests [1 - 4] is the availability of reference beam, necessary for measuring the elastic deflection and determination of the dynamic elastic modulus by the formula [5, 6]:

$$E_{\phi} = \frac{K_q p D (1 - \mu^2)}{l}, \quad (1)$$

де K_q – коефіцієнт, що залежить від характеру передачі навантаження на покриття: так при випробуванні за допомогою жорсткого штампа $K_q = 0,25\pi$, а за допомогою спареного колеса – $K_q = 1,0$;

p – тиск на покриття;

D – діаметр штампа;

μ – коефіцієнт Пуассона;

l – прогин покриття, м.

Необхідність в установці реперної балки призводить до додаткових витрат сил та часу оператора. Під час вимірювань йому необхідно виходити з автомобіля, а це підвищує небезпеку випробувань. Показання прогину покриття від створеного навантаження необхідно записувати вручну, що створює додаткові незручності, особливо при несприятливих погодних умовах.

Крім цього, механізм підйому – опускання рухомого штампу та реперної балки має доволі складну конструкцію і часто виходить з ладу, пошкоджуючи при цьому вимірювальні датчики.

Очевидним є те, що позбутись даного недоліку та спростити процес вимірювань при динамічних штампових випробуваннях можливо лише шляхом відмови від використання реперних балок.

Це в свою чергу потребує вибору нового параметру, який слід визначати замість пружного прогину при випробуваннях дорожніх конструкцій.

За кордоном існує спосіб визначення деформативних характеристик дорожніх конструкцій з використанням пристрою «ZFG-2000» [7], за допомогою якого проводять динамічне навантаження поверхні дорожнього одягу, реєструють сигнал від обладнання, отримують середнє значення осідання дорожньої конструкції та розраховують динамічний модуль деформації за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{K_q p D (1 - \mu^2)}{l}, \quad (1)$$

where K_q – coefficient, depending on the character of the transmission load on pavement: so when tested using rigid stamp $K_q = 0,25\pi$, and using twin wheels – $K_q = 1,0$;

p – pressure on pavement;

D – diameter of stamp;

μ – Poisson's ratio;

l – deflection of pavement, m.

The need to install the reference beam leads to additional costs time and effort of operator. During the measurement, it must to leave the car, and this increases the risk of testing. Indications of pavement deflection created by the load must record manually, which creates additional inconveniences, especially during adverse weather conditions.

In addition, the mechanism of recovery – lowering rolling stamp and the reference beam is rather complex structure and often breaks down, damaging the measuring sensors.

It is obvious, that to get rid of this disadvantage and simplify the measurements at the dynamic stamps tests, can only by abandoning the use of reference beams.

This in turn requires the selection of a new parameter that should be measured instead of elastic deflection during testing of road constructions.

Abroad, there is a way to determine the deformation characteristics of road constructions using the device «ZFG-2000» [7], by which conducting dynamic load the surface of pavement, recording the signal from equipment, get the average of subsidence of road construction and calculate dynamic deformation module by the formula:

$$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\sigma_{\max}}{S_{\max}}, \quad (2)$$

де r – радіус штампа;

$\overline{S_{\max}}$ – середнє з осідань $S_{4\max}$, $S_{5\max}$, $S_{6\max}$ штампа при трьох ударах;

$\sigma_{\max}$ – нормальне напруження під штампом ($\sigma_{\max} = 0,1 \text{ МН/м}^2$).

Незважаючи на те, що при проведенні випробувань відсутня необхідність у використанні реперних балок, даний спосіб також не є досконалим та має свої недоліки, головним з яких є складність визначення осідання дорожньої конструкції.

Реєстрація сигналу відбувається датчиком прискорення. Обробка сигналу прискорення для отримання осідання дорожньої конструкції вимагає подвійного інтегрування, а цей процес є досить складним

В роботі [8] Булахом Є.О. була побудована математична модель взаємодії ударника установки «УДВО-НТУ» з покриттям.

Формулу (1) можна подати у вигляді:

$$E = \frac{4\xi P}{\pi D l}, \quad (3)$$

де ξ – коефіцієнт;

P – навантаження на штамп;

звідки знайдемо залежність між пружною реакцією P і прогином покриття l :

$$P = \frac{\pi E D l}{4\xi}. \quad (4)$$

Ця залежність була використана для складання рівняння руху ударника «УДВО» після дотикання до поверхні покриття [8].

Позначимо

$$A = \frac{\pi E D}{4\xi}. \quad (5)$$

$$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\sigma_{\max}}{S_{\max}}, \quad (2)$$

where r – radius of stamp;

$\overline{S_{\max}}$ – average of subsidence $S_{4\max}$, $S_{5\max}$, $S_{6\max}$ of stamp with three strikes;

$\sigma_{\max}$ – normal stress under stamp ($\sigma_{\max} = 0,1 \text{ MN/m}^2$).

Despite the fact that during the tests there is no need to use reference beams, this method also is not perfect and has flaws, chief among which is the difficulty determination of subsidence of road construction.

Registration of signal happening an acceleration sensor. Processing of acceleration signal for getting the subsidence of road construction requires double integration, but this process is quite complex and leads to significant error.

In [8] Bulakh E.O. was built mathematical model of interaction of the device drummer "UDVO-NTU" with pavement.

Formula (1) can be represented as:

$$E = \frac{4\xi P}{\pi D l}, \quad (3)$$

where ξ – coefficient;

P – load on stamp;

where find the relationship between the elastic reaction P and deflection of pavement l :

$$P = \frac{\pi E D l}{4\xi}. \quad (4)$$

This relationship was used for the preparation the equation of motion drummer "UDVO" after touches to the surface of pavement [8].

Denote

$$A = \frac{\pi E D}{4\xi}. \quad (5)$$

Тоді вираз (4) матиме вигляд лінійної залежності:

$$P = Al. \quad (6)$$

При падінні ударника, відразу після контакту його підшви з покриттям, на нього діє сила опору руху, яка не вичерпується тільки пружною реакцією P . Насправді, має місце складова сили опору, що залежить від швидкості руху ударника вниз [8].

Було вирішено врахувати в'язкість, як складову частину сили N в'язкого опору руху ударника, що діє з боку дорожньої конструкції (рис. 1) [8].

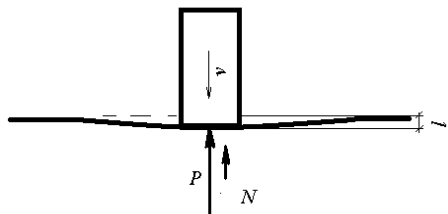


Рисунок 1 – Розрахункова схема до складання рівняння руху ударника при контакті з покриттям

Ця сила пропорційна швидкості деформації покриття:

$$N = c \frac{dl}{dt}, \quad (7)$$

де c – узагальнений коефіцієнт в'язкості дорожньої конструкції, який має розмірність Н/(м/с) [8].

За другим законом Ньютона:

$$m \frac{d^2 l}{dt^2} = -Al - c \frac{dl}{dt}. \quad (8)$$

Таким чином, здійснивши необхідні перетворення автором роботи [8] було отримано лінійне однорідне диференціальне рівняння затухаючих коливань другого порядку

$$\frac{d^2 l}{dt^2} + 2n \frac{dl}{dt} + k^2 l = 0 \quad (9)$$

Then expression (4) will have form of a linear relationship:

$$P = Al. \quad (6)$$

With falling drummer, immediately after his sole contact with pavement, it operates resistance force, which is not limited only elastic reaction P . In fact, there is a component of the resistance, that depends on the velocity of drummer down [8].

It was decided to consider viscosity as part of the force N of viscous resistance to movement of drummer, acting by of road construction (fig. 1) [8].

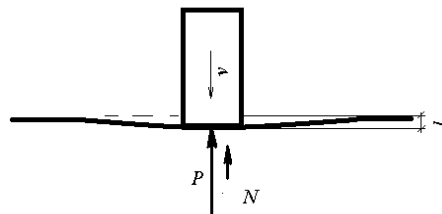


Figure 1 – Diagram to compile equation of motion drummer in contact with pavement

This force is proportional to the deformation rate of pavement:

$$N = c \frac{dl}{dt}, \quad (7)$$

where c – generalized coefficient of viscosity of road construction, which has the dimension Н/(m/s) [8].

According to Newton's second law:

$$m \frac{d^2 l}{dt^2} = -Al - c \frac{dl}{dt}. \quad (8)$$

Thus, by making the necessary changes by the author of [8] was obtained homogeneous linear differential equation of second order of damped oscillations

$$\frac{d^2 l}{dt^2} + 2n \frac{dl}{dt} + k^2 l = 0 \quad (9)$$

де

$$k = \sqrt{\frac{A}{m}}, \quad (10)$$

$$n = \frac{c}{2m}, \quad (11)$$

з такими початковими умовами:

$$t = 0; \quad l = 0; \quad \frac{dl}{dt} = V = V_0, \quad (12)$$

де V_0 – початкова швидкість ударника перед дотиканням до покриття. Додатково приймаємо: $c = 0$.

Розв'язком рівняння (9) є функція

$$l = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt. \quad (13)$$

З урахуванням того, що швидкість є похідна осідання по часу, та початкових умов (12) для швидкості ударника матимемо вираз:

$$V = V_0 \cos kt. \quad (14)$$

Максимальний прогин покриття буде мати місце при повній зупинці ударника $V = 0$. Прирівнюючи вираз (14) до нуля, знайдемо момент часу, коли це трапляється:

$$T = \frac{\pi}{2k}. \quad (15)$$

Якщо виміряти час τ удару, який буде в два рази більший, ніж час, визначений за формулою (15):

$$\tau = \frac{\pi}{k}, \quad (16)$$

то можна підрахувати величину параметра k :

$$k = \frac{\pi}{\tau}. \quad (17)$$

З урахуванням виразів (5), (10), (11) матимемо кінцевий вираз (18) для визначення

where

$$k = \sqrt{\frac{A}{m}}, \quad (10)$$

$$n = \frac{c}{2m}, \quad (11)$$

with the following initial conditions:

$$t = 0; \quad l = 0; \quad \frac{dl}{dt} = V = V_0, \quad (12)$$

where V_0 – initial velocity of drummer before touches to the pavement. Additional accept: $c = 0$.

The solution of equation (9) is a function

$$l = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt. \quad (13)$$

Given the fact that the rate is the derivative of subsidence by time and the initial conditions (12) to speed of drummer will have expression:

$$V = V_0 \cos kt. \quad (14)$$

The maximum deflection of pavement will take place with the full stop of drummer $V = 0$. Equating the expression (14) to zero, find point in time when this happens:

$$T = \frac{\pi}{2k}. \quad (15)$$

If measure the time τ of impact, which will be twice more than the time specified by the formula (15):

$$\tau = \frac{\pi}{k}, \quad (16)$$

it is possible to calculate the value of the parameter k :

$$k = \frac{\pi}{\tau}. \quad (17)$$

Given the expressions (5), (10), (11) will

фактичного модуля пружності E :

$$E = \frac{4\pi m(1-\mu^2)}{\tau^2 D}, \quad (18)$$

де m – маса ударника, кг;
 μ – коефіцієнт Пуассона;
 τ – тривалість удару, с;
 D – діаметр штампу, м.

Формула (18) дає можливість відмовитись від використання традиційної формули (1), яка включає пружний прогин, для вимірювання якого необхідно використовувати реперні балки.

Таким чином, отримано новий спосіб визначення деформативних характеристик дорожніх конструкцій [9].

Запропонований спосіб дозволяє відмовитись від складних операцій реєстрації сигналу від обладнання, подвійного інтегрування, отримання середнього значення осідання та розрахунку динамічного модуля пружності на основі цього осідання, що значно спрощує процес динамічних штампових випробувань.

Величину тривалості удару, необхідну для обчислення фактичного модуля пружності можна легко визначити як різницю між абсцисами А і В з графіку залежності прискорення ударника від часу, приклад якого наведено на рис. 2.

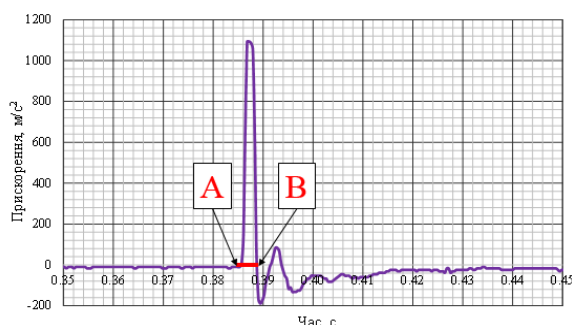


Рисунок 2 – Графік залежності прискорення ударника від часу

Більш точно тривалість удару можна визначати з графіка залежності навантаження від часу.

have the final expression (18) to determine the actual modulus of elasticity:

$$E = \frac{4\pi m(1-\mu^2)}{\tau^2 D}, \quad (18)$$

where m – mass of drummer, kg;
 μ – Poisson's ratio;
 τ – duration of impact, s;
 D – diameter of stamp, m.

Equation (18) makes it possible to abandon the use of traditional formulas (1), which includes elastic deflection, to measure that requires use of reference beams.

Thus, received a new method of determining the deformation characteristics of road constructions [9].

The proposed method allows to refuse of complex operations on registration signal from equipment, double integration, get the average subsidence and calculate the dynamic elastic modulus on the basis of this subsidence, which greatly simplifies the process of the dynamic stamps tests.

The value of the duration of impact, required to calculate the actual elastic modulus, can be easily identified as the difference between abscissas A and B with the graph of acceleration drummer from time, an example of which is shown on fig. 2.

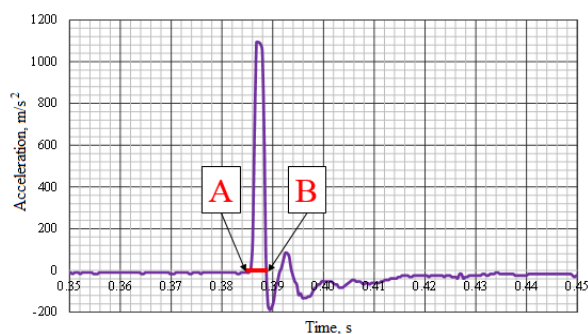


Figure 2 – Graph of acceleration drummer from time

More accurately, the duration of impact can be determined with the graph of load from time.

Висновки

1. Розроблено новий спосіб визначення фактичного модуля пружності за тривалістю удару.
2. Даний спосіб дає змогу удосконалити метод динамічних штапових випробувань за рахунок виключення необхідності застосування реперних балок, що в свою чергу підвищує продуктивність, точність та безпеку випробувань.

Література

1. Шуляк І.С. Дослідження поведінки нежорстких дорожніх одягів при взаємодії зі штапом установки динамічного навантаження / І.С. Шуляк // Матеріали Всеукр. Інтернет-конф. молодих учених і студентів «Проблеми і перспективи сталого розвитку та просторового планування територій» (18.03.2015). – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – С. 232 – 235.
2. Установка динамического нагружения Дина-3М. Паспорт КБ 0024.00.00.000 ПС. С. : ГУП СНПЦ «Росдортех», 1996. – 11 с.

Conclusions

1. Received a new method of determining the actual modulus of elasticity for the duration of the impact.
2. This method makes it possible to improve the method of dynamic stamps tests by eliminating the need for application of reference beams, which in turn increases productivity, accuracy and safety of tests.

Literature

1. Shulyak I.S. Research of behavior of flexible pavements in the interaction with the stamp of dynamic load device / I.S. Shulyak // Materials of Nationwide Internet-conference of young scientists and students «Problems and prospects of sustainable development and spatial planning areas» (18.03.2015). – Poltava : PoltNTU, 2015. – P. 232 – 235.
2. The dynamic load device «Dina-3M». Passport KB 0024.00.00.000 PS. – Saratov : HCM SSPC «Rosdorteh», 1996. – 11 p.

Рецензенти:

Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Kyzyma S.C., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **26.10.2016 р.**