

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ
У БУДІВНИЦТВІ**

Збірник наукових праць

Випуск 6

Луцьк – 2017

У збірнику висвітлюються результати експериментально-теоретичних досліджень будівельних матеріалів і конструкцій, технологій їхнього виготовлення та експлуатації, теорії опору елементів будівельних конструкцій зовнішнім впливам, методів їхнього розрахунку.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних установ і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

Редакційна колегія:

Головний редактор - **Шваб'юк В.І.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ);
Заступник редактора - **Максимович В.М.**, д.ф.-м.н., професор (Луцький НТУ);
Відповідальний секретар - **Андрійчук О.В.**, к.т.н. (Луцький НТУ);

Бабич Є.М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Белятинський А.О.**, д.т.н., професор (Національний авіаційний університет); **Бондарський О.Г.**, к.т.н., доцент (Луцький НТУ); **Делявський М.В.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ); **Жданюк В.К.**, д.т.н., професор (Харківський національний автомобільно-дорожній університет); **Іванченко Г.М.**, д.т.н., професор (Київський національний університет будівництва і архітектури); **Славомир Карась** доктор інженерії (Люблінська політехніка, Польща); **Максимович О.В.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ); **Пастернак Я.М.**, д.ф.-м.н., доцент (Луцький НТУ); **Пустьюльга С.І.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ); **Савенко В.Я.**, д.т.н., професор (Національний транспортний університет); **Солодкий С.Й.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Трач В.М.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Ужегова О.А.**, к.т.н., доцент (Луцький НТУ).

Зареєстрований Державною реєстраційною службою України
(свідоцтво серія КВ, № 20340-10140P від 31.05.2013 р.).

Включений Міністерством освіти і науки України до переліку наукових фахових видань України (Наказ МОН України, № 747 від 13.07.2015 р.).

Матеріали збірника рекомендовані до друку на засіданні Вченої ради Луцького національного технічного університету (протокол № 6 від 07 лютого 2017 р.).

Адреса редакції: 43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56, Луцький НТУ, кафедра "Промислове та цивільне будівництво", e-mail: lntu_pcb@ukr.net, телефон (0332) 26-24-60.

УДК 624.01

STEEL FIBER CONCRETE – EFFECTIVE MATERIAL IN ROAD BUILDING

Andriichuk O.V., Ph.D., associate professor, Uzhehov S.O. assistant professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

The article describes the characteristics of fiber concrete, their research and manufacture steel fiber concrete. Posted prospects for its use in road construction. Submitted experience placement rigid type pavements in the developed world. The scope of work for the repair and rehabilitation of existing and construction of new roads is enormous. Therefore, the use of strong, durable and cost effective material in road construction is very actual problem today.

Advantages and disadvantages of asphalt-concrete and cement-concrete pavement roads are presented. Described perspective of rigid pavement designs using steel fiber concrete. Posted experience of steel fiber concrete in road construction in our country and abroad.

Keywords: fiber concrete, fiber, steel fiber, road-transport facilities, road building

In road construction the final product is a road intended for making secure freight and passenger traffic during its service life. These consumer properties of roads is provided by one of its most important constituents of pavement structures the required strength.

Ensuring the strength of the pavement reglamentary regulations for the design of rigid and non-rigid types. These documents combine the collection of source data, designing and calculation of designs of road clothes, and also efficient selection of the most rational designs for each individual object.

Road pavement can be rigid and non-rigid type. Choosing of the type of pavement, the cost of which is up to 60% of the total cost of the road is an important and responsible decision. The higher technical road category, the higher the requirements for strength and capital of the pavement. From the impact effects that arise during the movement of the vehicles and climate factors on the surface of the pavement of non-rigid road pavement (asphalt pavement) created the destruction (potholes,

cracks, husking, etc.) and deformation of different types (rut, influx, comb).

According to the regulations, cement concrete pavement on the roads uses at road types I-a, I-b and II classes with high intensity movement of the vehicles – more than 3000 vehicles per day.

Concrete pavement is arranged on the road in the form of monolithic solid plates which is divided into parcels of different lengths with expansion joints or as precast coating prepared from the plant plates of different dimensions. Despite of some advantages of this kind of pavement, such as the increase length of season, construction, precast concrete pavement on major roads is not used. This is due to major deficiencies that significantly impair their vehicle operating quality.

In concrete pavements tensile stresses partially or fully receives the reinforcement. In such pavements applied reinforcement in the form of a metal mesh or steel rods with consumption $2...5 \text{ kg/m}^2$. Also another types of reinforcement used in concrete pavements.

Cement concrete pavement is placed with the same type thickness across the entire width of the roadway in one or two layers. Two-layer pavement applied for using when the bottom layer has less durable stone materials. The thickness of the upper layer in a double layered coating must not be less than 6 cm.

Concrete is also used for base under asphalt pavement on roads with intensive and heavy traffic.

It can be considered that the road is an engineering complex, the functioning of which needs must be done appropriate conditions and which includes not only the roadbed and road pavement, but also a significant number of road-transport structures (RTS) with the given functional purpose. In Ukraine, the public roads network includes 169,5 thousand km of roads. The throughput of an individual roads of Ukraine even exceeds these standards – in particular the road Kyiv-Boryspil has a throughput of 40 thousand vehicles per day. Huge traffic pass through the cross-section of roads of this class and create significant dynamic vibration oscillations, which act on RTS. These include: drainage trays and pipes, bridges and viaducts, tunnels, retaining walls, galleries, balconies, tubing, rectangular pipe for a cattle drive, and so on. (Fig. 1). They are very important elements of the road. Their price on flat roads is up to 10 % of the cost of the entire road, and on the roads in the mountainous areas, the cost of road construction can reach 30 % or more of the total construction cost.



Fig. 1. Road traffic facilities:

- 1, 2 – retaining walls along the highway;
- 3 – ring pipe;
- 4 – double peephole pipe in an earth embankment;
- 5 – rectangular pipe for a cattle drive;
- 6 – tubing

Today in Ukraine the most difficult situation with the road condition is in the Western regions, as well as in Mykolaiv, Odesa and Kharkiv regions. Over 50 thousand km of roads in need of repair in a country. In addition, 1,740 km of roads coating is completely absent, so the repair of these roads can be done only comprehensively [1]. To improve the life support system of a multifunctional economy of our country is needed as soon as possible build a large number of new trunk roads and repair of

existing. If the condition of regional and state roads is the internal affair case, international routes which in Ukraine more than 8 thousand km is the issue of reputation at the international level.

The development of road infrastructure in terms of annual increasing traffic, involves the construction of modern highways with high traffic-use-their characteristics and is a very urgent task for Ukraine's integration into the European community.

In comparison with asphalt road pavement of rigid type has higher strength, evenness, and at the same time, sufficient adhesion of car tires with the surface coating. Technology of cement-concrete pavement works execution is almost completely mechanized. It represents slabs of concrete, arranged in a strong and sustainable basis.

Currently on the territory of Ukraine are building the road with asphalt. For comparison, according to statistics in developed countries the length of cement-concrete road is: USA – 60 %, Austria – 46%, Germany – 38 %. And in Ukraine – up 3 %. The service life before repairs of concrete pavement in the United States, Germany, the Netherlands and Austria often exceeds 30 to 40 years, which is more in 2... 3 times than the overhaul service life of asphalt pavement.

It should be noted that most of the traffic structures relates to structural elements, that perceive shock, dynamic and thermal effects, in which the direction of the main tensile stress and formation of plastic hinges is unknown or may vary during operation. Therefore, using of concrete and the conditions of his work in structures poses the problem of how to improve the crack resistance, impact strength, frost resistance and other characteristics, which in turn depend on the strength of the material in tension.

Analysis of internal and international researches shows that one of the promising directions in the field of road construction is using as a base layer of roads of dispersed-reinforced concrete and especially steel fiber reinforced concrete [2]. Dispersion-reinforced concrete, which are a kind of a wide class of composite materials are increasingly used in various fields of construction today.

The main admixtures for making fiber reinforced concrete are: 1) steel, 2) glass, 3) synthetic, and 4) basalt fibers. The steel fiber is the most used in civil engineering and is commonly found in construction elements of bridges and road pavements to enhance the deck toughness and ductility. It is typically added at higher dosage amount ranging between 1% and 2% by volume to improve toughness, fatigue and in

controlling crack width of concrete [3]. Application of the steel fiber reinforced concrete constructions instead of standard reinforced concrete allows (after a detailed justification) reduce the consumption of construction and as a consequence - their weight, to reduce labor costs of its manufacture, and significantly increase the durability of the structure.

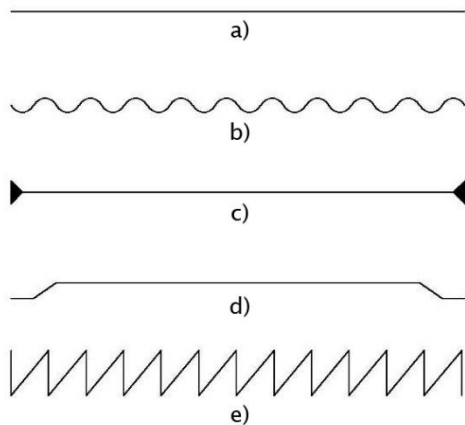


Fig 2. Shapes of steel fibers:

- a) Straight fiber; b) Crimped fiber; c) Stranded fiber; d) Hooked fiber; e) Crinkled fiber



Fig 3. Steel fibers in concrete mixture

Specifications of steel fiber reinforced concrete in comparison with classic concrete is:

- high tensile and breaking strength (Fibers aligned in the direction of the tensile stress may bring about very large increases in direct tensile strength);
- ductility (the ability of concrete to undergo maximum elastic deformation before collapse);
- increased modulus of elasticity;
- resistance to chemical agents and weathering;
- frost and fire resistance;
- no shrinkage;
- crack resistance (it measures the energy absorption capacity of material under static or dynamic or impact load);
- water resistant;
- resistance to abrasion;
- high impact resistance and ductility.

Steel fiber reinforced concrete as an effective material should be used for the manufacture of road constructions in general or their separate structural elements in particular.

Given the above – a study of traffic structures and their structural elements which is made of steel fiber concrete at various load is an urgent task.

1. <http://ukr.segodnya.ua/economics/avto/stalo-izvestno-gde-v-ukraine-samye-plohie-dorogi-564400.html>
2. Doroshenko Y., Doroshenko O., Chizhenko N., Gudimenko K. Dispersion-reinforced concrete – the reliable and effective material for vehicle construction // Transport construction of Ukraine. – 2007. - №1 (5) – P. 16-19.
3. Folliard, K., Sutfin, D., Turner, R., and Whitney, D.P. (2006) “Fiber in Continuously Reinforced Concrete Pavements,” Final Report Submitted to the Texas Department of Transportation, Report No.0-4392-2.

УДК 539.3

**ПРО ОДИН ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ОБОЛОНОК
ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ В ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТАХ З
УРАХУВАННЯМ НЕОДНОРІДНОСТІ ЇЇ МАТЕРІАЛУ ПО
СЕРЕДИННІЙ ПОВЕРХНІ**

**AN APPROACH TO CALCULATION OF SHELLS ARBITRARY
SHAPE IN A RECTANGULAR COORDINATE WITH REGARD
HETEROGENEITY OF ITS MATERIAL ON THE MIDDLE
SURFACE**

Андрушков В.І., к.т.н., доцент (НУВГП, м. Рівне)

**Andrushkov V.I., Ph.D., senior lecturer (National University of Water
and Environmental Engineering, Rivne)**

Проведено аналіз можливості застосування системи диференціальних рівнянь моментної теорії непологих оболонок в переміщеннях, побудованої на основі гіпотези «прямих вертикалей», на випадок, коли матеріал оболонки неоднорідний по її серединній поверхні.

The analysis of the possibility of using previously obtained system of differential equations of the theory of moment no shallow shells in movements based on the hypothesis of "direct verticals" to the case where a non-uniform coating material on its middle surface. We obtain a new system of differential equations, which is different from the previous one only by the fact that the need to understand the values of the variables under factors within them. Some changes will affect only the right-hand sides of the equations, is their free members will not contain values of elasticity modulus of the shell material. This will expand the technique proposed earlier by the author, based on the class of problems when it is necessary to take into account the heterogeneity of the cladding material on its middle surface

Ключові слова: оболонка, диференціальні рівняння, прямокутні координати, змінні коефіцієнти, неоднорідний матеріал

Keywords: shell, differential equations, rectangular coordinates, variables, coefficients, heterogeneous material

В більшості існуючих теорій розрахунку оболонок на міцність вихідні диференціальні рівняння, тобто рівняння рівноваги, фізичні та геометричні рівняння, складено в криволінійних координатах. Для довільних форм оболонок запис вихідних рівнянь в такій системі координат викличе певні труднощі.

В роботі [1] А.Пухер отримав диференціальні рівняння рівноваги безмоментних оболонок довільної форми в декартових координатах. Але ним було розглянуто лише статичний бік задачі без урахування дії згинних та крутних моментів.

О.Р.Ржаніцин [2] доповнив рівняння рівноваги А.Пухера геометричними рівняннями та фізичними залежностями закону Гука з введенням згинних та крутних моментів, що дозволило отримати нові рівняння моментної теорії непологих оболонок в прямокутних координатах у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial N_x^*}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}^*}{\partial y} + X^* = 0; \quad \frac{\partial N_y^*}{\partial y} + \frac{\partial S_{yx}^*}{\partial x} + Y^* = 0; \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial z}{\partial x} N_x^* \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial z}{\partial y} N_y^* \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial z}{\partial y} S_{xy}^* \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial z}{\partial x} S_{yx}^* \right) + \\ + \frac{\partial^2 M_x^*}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}^*}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y^*}{\partial y^2} + Z^* = 0. \end{array} \right. \quad (1)$$

При виведенні цих рівнянь була прийнята не гіпотеза прямих нормалей, а еквівалентна їй за точністю гіпотеза прямих вертикалей. Згідно з нею вертикальні відрізки, що перетинають товщу оболонки, після деформації останньої залишаються прямими і мають той самий кут нахилу до серединної поверхні, що і до деформації. Це означає відсутність зсувів по товщині оболонки та лінійний розподіл напруг по висоті не вздовж нормалей до серединної поверхні оболонки, а вздовж вертикальних ліній по відношенню до неї. У відповідності з прийнятою гіпотезою згинні та крутні моменти задаються вже не на нормальних, а на вертикальних зрізах оболонки (рис.1). Всі величини поздовжніх та поперечних сил і моментів, які відмічено зірочкою, віднесені до одиниці довжини проекції вертикальних зрізів оболонки на горизонтальну площину.

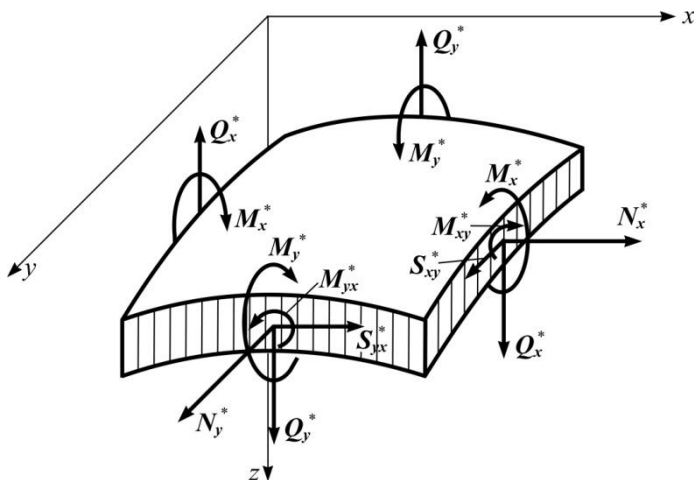


Рис. 1. Внутрішні сили в перерізах оболонки паралельних до осі z

Система трьох диференціальних рівнянь рівноваги моментної теорії непологих оболонок довільної форми в прямокутних координатах відносно трьох функцій переміщень на підставі гіпотези «прямих вертикалей» представлена в роботі [3].

Виведення цієї системи полягало в підстановці в рівняння рівноваги оболонки (1) похідних від внутрішніх сил (2) і (3) з попередньою заміною в них осевих деформацій ε_x^* , ε_y^* , γ_{xy}^* і деформацій згину і кручення χ_x^* , χ_y^* , χ_{xy}^* через переміщення u , v , w .

$$\begin{cases} N_x^* = E \cdot h (\beta_{11} \cdot \varepsilon_x^* + \beta_{12} \cdot \varepsilon_y^* + \beta_{13} \cdot \gamma_{xy}^*); \\ N_y^* = E \cdot h (\beta_{12} \cdot \varepsilon_x^* + \beta_{22} \cdot \varepsilon_y^* + \beta_{23} \cdot \gamma_{xy}^*); \\ S_{xy}^* = E \cdot h (\beta_{13} \cdot \varepsilon_x^* + \beta_{23} \cdot \varepsilon_y^* + \beta_{33} \cdot \gamma_{xy}^*); \end{cases} \quad (2)$$

де $h = \frac{\bar{\delta}}{\cos \varphi_x \cdot \cos \varphi_y}$ – товщина оболонки в напрямку

вертикальної осі z ; $\cos \varphi_x$, $\cos \varphi_y$ – косинуси кутів нахилу дотичних до поверхні оболонки вздовж координатних осей x і y ;

$$\begin{cases} M_x^* = D^* (\beta_{11} \cdot \chi_{\delta}^* + \beta_{12} \cdot \chi_y^* + \beta_{13} \cdot \chi_{\delta y}^*); \\ M_y^* = D^* (\beta_{12} \cdot \chi_{\delta}^* + \beta_{22} \cdot \chi_y^* + \beta_{23} \cdot \chi_{\delta y}^*); \\ M_{xy}^* = D^* (\beta_{13} \cdot \chi_{\delta}^* + \beta_{23} \cdot \chi_y^* + \beta_{33} \cdot \chi_{\delta y}^*), \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{де } D^* = \frac{E \cdot \bar{\delta}^3}{12 \cos^2 \varphi_x \cdot \cos^2 \varphi_y}.$$

Вирази (2) і (3) отримані автором роботи [2] і представляють собою фізичні рівняння моментної теорії непологих оболонок в прямокутних координатах зі змінними коефіцієнтами β_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$).

В усьому сказаному вище вважалось, що матеріал оболонки як по товщині, так і по всій площі її серединної поверхні є однаковим. Але отримані в роботі [3] рівняння рівноваги оболонки в прямокутних координатах не важко трансформувати в такі, що дозволять виконувати розрахунок оболонок довільної форми з урахуванням неоднорідності матеріалу по її серединній поверхні.

Фізичні рівняння (2) і (3) містять коефіцієнти β_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$), величина яких залежить від координат точок і геометрії серединної поверхні оболонки.

Якщо матеріал оболонки неоднорідний, тобто модуль пружності матеріалу являється функцією координат проекції її серединної поверхні на площину xoy , то його необхідно ввести в значення змінних коефіцієнтів в (2) і (3). Тоді влюбій точці поверхні оболонки з координатами x і y

$$\beta'_{ij}(x, y) = \beta_{ij}(x, y) \cdot E(x, y), \quad (4)$$

де $E(x, y)$ – функція зміни по поверхні оболонки модуля пружності матеріалу.

Нові фізичні рівняння (5) і (6) будуть відрізнятись від попередніх тільки тим, що мають на увазі під величинами їх коефіцієнтів:

$$\begin{cases} N_x^* = h(\beta'_{11} \cdot \varepsilon_x^* + \beta'_{12} \cdot \varepsilon_y^* + \beta'_{13} \cdot \gamma_{xy}^*); \\ N_y^* = h(\beta'_{12} \cdot \varepsilon_x^* + \beta'_{22} \cdot \varepsilon_y^* + \beta'_{23} \cdot \gamma_{xy}^*); \\ S_{xy}^* = h(\beta'_{13} \cdot \varepsilon_x^* + \beta'_{23} \cdot \varepsilon_y^* + \beta'_{33} \cdot \gamma_{xy}^*), \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} M_x^* = D_n^* (\beta'_{11} \cdot \chi_x^* + \beta'_{12} \cdot \chi_y^* + \beta'_{13} \cdot \chi_{xy}^*); \\ M_y^* = D_n^* (\beta'_{12} \cdot \chi_x^* + \beta'_{22} \cdot \chi_y^* + \beta'_{23} \cdot \chi_{xy}^*); \\ M_{xy}^* = D_n^* (\beta'_{13} \cdot \chi_x^* + \beta'_{23} \cdot \chi_y^* + \beta'_{33} \cdot \chi_{xy}^*), \end{cases} \quad (6)$$

де $D_n^* = \frac{\bar{\delta}^3}{12 \cos^2 \varphi_x \cdot \cos^2 \varphi_y}$.

Це означає, що весь хід математичних викладок, пов'язаних з отриманням системи диференціальних рівнянь рівноваги оболонки в переміщеннях, збережеться, а в самій системі рівнянь (7) відбудеться зміна лише правої частини кожного рівняння, тобто вільні члени не будуть містити величини модуля пружності матеріалу оболонки :

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 \cdot u_{,1} + A_2 \cdot u_{,2} + A_3 \cdot u_{,11} + A_4 \cdot u_{,22} + A_5 \cdot u_{,12} + A_6 \cdot v_{,1} + A_7 \cdot v_{,2} + \\ + A_8 \cdot v_{,11} + A_9 \cdot v_{,22} + A_{10} \cdot v_{,12} + A_{11} \cdot \omega_{,1} + A_{12} \cdot \omega_{,2} + A_{13} \cdot \omega_{,11} + \\ + A_{14} \cdot \omega_{,22} + A_{15} \cdot \omega_{,12} = -X^* / \bar{\delta}; \\ B_1 \cdot u_{,1} + B_2 \cdot u_{,2} + B_3 \cdot u_{,11} + B_4 \cdot u_{,22} + B_5 \cdot u_{,12} + B_6 \cdot v_{,1} + B_7 \cdot v_{,2} + \\ + B_8 \cdot v_{,11} + B_9 \cdot v_{,22} + B_{10} \cdot v_{,12} + B_{11} \cdot \omega_{,1} + B_{12} \cdot \omega_{,2} + B_{13} \cdot \omega_{,11} + \\ + B_{14} \cdot \omega_{,22} + B_{15} \cdot \omega_{,12} = -Y^* / \bar{\delta}; \\ C_1 \cdot u_{,1} + C_2 \cdot u_{,2} + C_3 \cdot u_{,11} + C_4 \cdot u_{,22} + C_5 \cdot u_{,12} + C_6 \cdot v_{,1} + C_7 \cdot v_{,2} + \\ + C_8 \cdot v_{,11} + C_9 \cdot v_{,22} + C_{10} \cdot v_{,12} + C_{11} \cdot \omega_{,1} + C_{12} \cdot \omega_{,2} + C_{13} \cdot \omega_{,11} + \\ + C_{14} \cdot \omega_{,22} + C_{15} \cdot \omega_{,12} + C_{16} \cdot \omega_{,111} + C_{17} \cdot \omega_{,222} + C_{18} \cdot \omega_{,122} + \\ + C_{19} \cdot \omega_{,112} + C_{20} \cdot \omega_{,1111} + C_{21} \cdot \omega_{,2222} + C_{22} \cdot \omega_{,1122} + C_{23} \cdot \omega_{,1112} + \\ + C_{24} \cdot \omega_{,1222} = -Z^* / \bar{\delta}, \end{array} \right. \quad (7)$$

де $A_i (i = 1 \div 15)$, $B_j (j = 1 \div 15)$, $C_k (k = 1 \div 24)$ – коефіцієнти, які представляють різні комбінації коефіцієнтів $\beta'_{nm} (n, m = 1, 2, 3)$.

Значення деяких з них наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів A_i , B_j , C_k

Коефіцієнт	Значення коефіцієнта
A_1	$\frac{\partial \beta'_{11}}{\partial x} + \frac{\partial \beta'_{13}}{\partial y}$
A_2	$\frac{\partial \beta'_{13}}{\partial x} + \frac{\partial \beta'_{33}}{\partial y}$
A_{13}	$\beta'_{11} \cdot \text{tg} \varphi_x + \beta'_{33} \cdot \text{tg} \varphi_y$
A_{15}	$A_5 \cdot \text{tg} \varphi_x + A_{10} \cdot \text{tg} \varphi_y$
B_1	$\frac{\partial \beta'_{13}}{\partial x} + \frac{\partial \beta'_{12}}{\partial y}$
B_9	β'_{22}
B_{14}	$\beta'_{22} \cdot \text{tg} \varphi_y + \beta'_{23} \cdot \text{tg} \varphi_x$
B_{15}	$A_{10} \cdot \text{tg} \varphi_x + 2\beta'_{23} \cdot \text{tg} \varphi_y$
C_{15}	$A_5 \cdot \left(\text{tg}^2 \varphi_x - \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} \right) + 2\beta_{23} \cdot \left(\text{tg}^2 \varphi_y - \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) +$ $+ 2A_{10} \cdot \text{tg} \varphi_x \cdot \text{tg} \varphi_y - 4A_2 \frac{\partial P}{\partial x} - 4B_2 \frac{\partial P}{\partial y} -$ $- 4\beta_{33} \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial y} - 2P \left(\frac{\partial^2 \beta'_{13}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \beta'_{23}}{\partial y^2} + 2 \frac{\partial^2 \beta'_{33}}{\partial x \partial y} \right)$
C_{18}	$-2(A_{10} + \beta'_{33}) \frac{\partial P}{\partial x} - 6A_9 \frac{\partial P}{\partial y} - 2P(A_7 + 2B_2)$
C_{22}	$-2P(A_{10} + B_{33})$
C_{24}	$-4\beta'_{23} \cdot P$

Змінна величина P , яка входить до складу деяких коефіцієнтів третього рівняння, визначатиметься за формулою:

$$P = \frac{\bar{\delta}^2}{12 \cos^2 \varphi_x \cdot \cos^2 \varphi_y} . \quad (8)$$

Отримана система диференціальних рівнянь рівноваги оболонки в переміщеннях (7) дозволяє розширити запропоновану в роботі [3] методику на клас задач, коли потрібно врахувати неоднорідність матеріалу оболонки по її серединній поверхні.

1.Pucher A., Über den Spannungszustand in gekrümmten Flächen. Beton und Eisen, Bd 33 (1934), s.298.

2.Ржаницын А.Р. Расчет упругих оболочек произвольного очертания в прямоугольных координатах.- Строительная механика и расчет сооружений, 1977, №1, с.21-28.

3.Андрушков В.И., Рассказов А.О. К расчету в перемещениях оболочек произвольной формы. – Прикладная механика, 1981, 17, №11, с.118-121.

УДК 625.72

**ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА
НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ**

**INFLUENCE OF LOAD LOCATION ON STRUCTURES
STRESS-STRAIN STATE OF THE ROAD PAVEMENT**

Батракова А.Г., д.т.н., проф., Урдзик С.Н. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Batrakova A.G., Doctor of Engineering Sciences, Prof., S.N. Urdzik (Kharkiv National Automobile and Highway University)

Представлены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции дорожной одежды с подповерхностными и сквозными трещинами в слоях покрытия. Обосновано наиболее опасное положение расчетной нагрузки над Т-образной трещиной.

The results of numerical modeling of stress-strain state of the pavement structure with subsurface and pass-through cracks in the pavement layers are presented. It is proved the most destructive location of the standard load over the T-shaped crack. Research of the stress strain state of pavement structures with subsurface cracks was carried out on five models. As the base models adopted: the model without crack; a model with a single crack and the regional location of the load; model with T-shaped crack and an angular position of the load; model with T-shaped crack and the central location of the load; model with T-shaped crack and the regional location of the load.

Ключевые слова: дорожная одежда, трещина, напряженно-деформированное состояние.

Keywords: road pavement, crack, stress-strain state.

Трещины различной конфигурации, глубины и происхождения являются наиболее характерным видом разрушений дорожных покрытий и представляют основную опасность как начальная стадия

более серьезных разрушений. Впервые попытку оценки изменения модулей конструктивных слоев в зависимости от состояния дорожной одежды с разрушениями предпринял проф. А.К. Бируля [1]. При внедрении ВСН 46-72 [2] на основе экспериментальных данных ХАДИ были предложены понижающие коэффициенты модуля слоя, значения которых зависят от наличия и степени развития деформаций и разрушений [3]. Эти результаты, практически без изменения приняты сейчас в системе управления состоянием покрытия. Проблемы, связанные с трещинами в асфальтобетонном покрытии, исследовали Б.С. Радовский [4], В.А. Золотарев [5], В.В. Мозговой [6], И.И. Леонович [7], В.А. Веренько [8], И.П. Гамеляк [9], Л.Б. Гезенцевей [10], Н.В. Горельшев [11], В.Д. Казарновский [12], А.Е. Мерзлякин [13]. Этими проблемами занимались также Д. Пайс и Д. Сауса [15], Э. Оскарсон [16], Р. Литтон [16], Ч. В. Гловер [17], Род Файф [18], М. Кони [19], Аль-Куади [20], Д. Риго [21].

Поскольку строгие аналитические решения для оценки состояния дорожной одежды, содержащей трещины, получены для ограниченного количества модельных задач [22, 23], широкое распространение получил метод конечных элементов (МКЭ). Конструкция рассматривается как некоторая совокупность конструктивных элементов, которые соединены в конечном числе узловых точек. Соотношения теории упругости между силами и перемещениями для каждого элемента позволяют описать свойства и поведение всей конструкции при заданных граничных и начальных воздействиях. Математически это означает отыскание решения краевой задачи как набора функций, определённых на конечных элементах. Компоненты матрицы жесткости определяются координатами узлов элементов и их упругими характеристиками: модулем упругости (E) и коэффициентом Пуассона (ν). Будем рассматривать постановку задачи в рамках такого подхода.

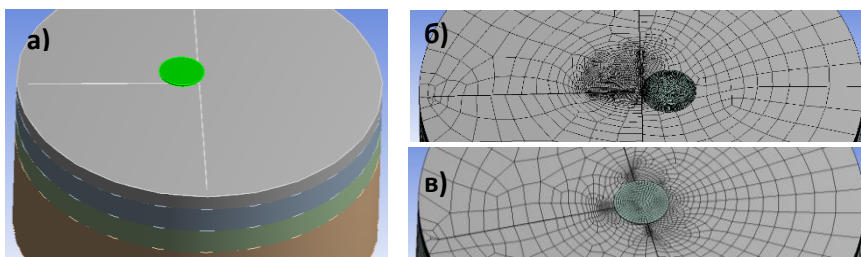
Основной задачей исследования является оценка влияния положения нагрузки относительно трещины на НДС конструкции дорожной одежды. Ранее рассматривались два «предельных» случая: нагрузка (колесо) расположена симметрично относительно трещины; нагрузка расположена по одну сторону от трещины. В качестве модели самой трещины использовался прямолинейный «разрез» правильной прямоугольной формы. Однако, как показали исследования авторов, часто трещины имеют Т-образную форму либо расположены параллельно на незначительном расстоянии (рис.

1). Очевидно, что в этом случае НДС конструкции дорожной одежды будет существенным образом зависеть как от положения нагрузки, так и от вида трещины (сквозная или подповерхностная).



Рис. 1. Примеры Т-образных (а) и повторяющихся (б) трещин в покрытии дорог Харьковской области

Структурные части конечно-элементной модели со сквозной трещиной (рис.2): слои конструкции дорожной одежды – четырехслойная модель, состоящая из слоя покрытия, двух слоев основания, подстилающий грунт; элементы – гексагональные упорядоченные прямоугольные объёмы в каждом слое дорожной конструкции с заданными физическими свойствами материала. По границам рабочего тела заданы граничные условия неподвижности элементов на границе. Общий представительский объем во всех вычислительных экспериментах имел форму цилиндра диаметром 3 м и высотой 1,3 м. Основные параметры модели: толщина, модуль упругости и коэффициент Пуассона слоев дорожной одежды. Ширина раскрытия трещин принята 3 мм.



а) угловое расположение; б) краевое расположение;
в) симметричное расположение

Рис. 2 Модель конструкции дорожной одежды при различном положении нагрузки

В процессе вычислений варьировалось расположение нагрузки относительно трещины и модуль упругости материала слоя покрытия. В качестве основных параметров, характеризующих НДС дорожной одежды при наличии трещин приняты растягивающие напряжения на границах слоев покрытия, сдвигающие напряжения, прогиб под нагрузкой (рис. 3 – 4) [13]. Проведенные расчеты показали, наличие трещины приводит к увеличению максимального прогиба под нагрузкой при ее угловом расположении в 1,92 раза (рис. 3). Максимальные растягивающие напряжения на нижней границе покрытия действуют при краевом приложении нагрузки.

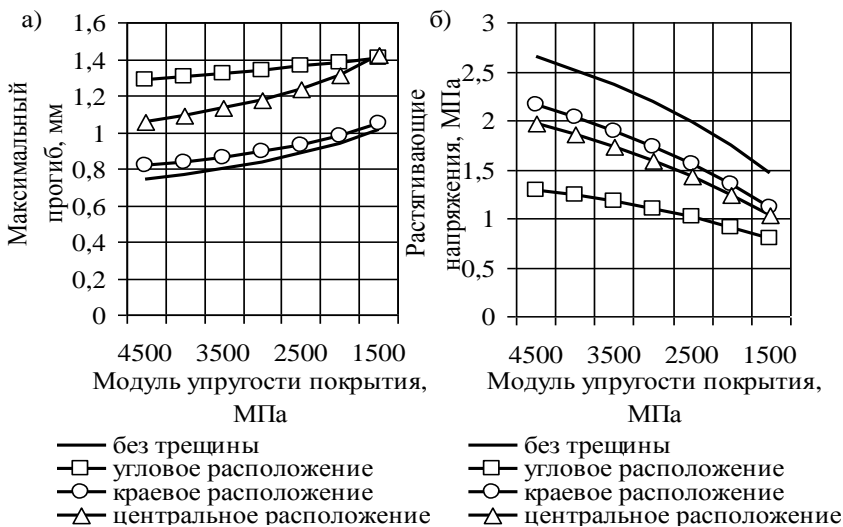


Рис. 3. Изменение максимального прогиба на поверхности покрытия (а) и растягивающих напряжений на нижней границе верхнего слоя конструкции (б) при различном расположении нагрузки

Следует отметить, что наибольшую опасность при наличии сквозной трещины представляют напряжения сдвига на верхней границе основания (рис. 4), возрастающие при угловом расположении нагрузки более чем в два раза относительно центрального расположения нагрузки и практически на порядок относительно конструкций без трещин. Указанный факт следует учитывать при расчете дорожных одежд в проектах ремонта.

Пространственные распределения параметров сосредоточены вблизи границ сингулярностей (ребер трещин) либо в зонах под ними, что согласуется с общими физическими представлениями.

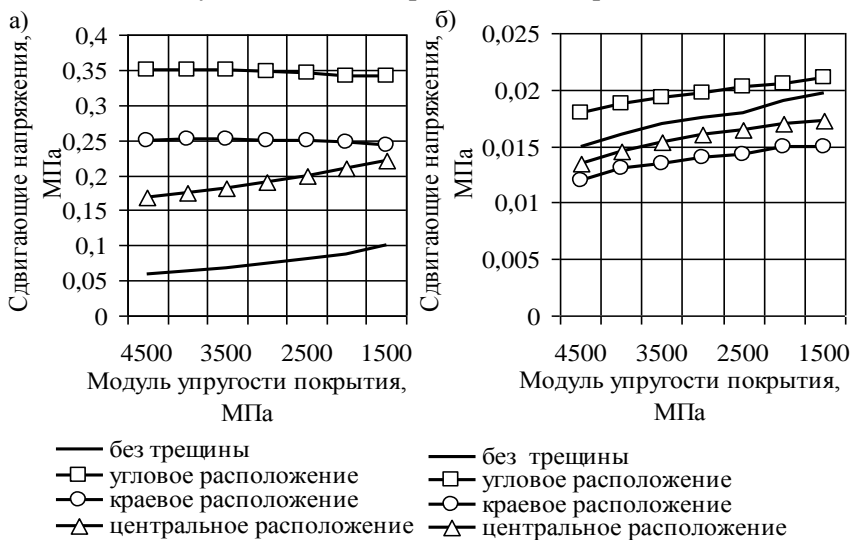
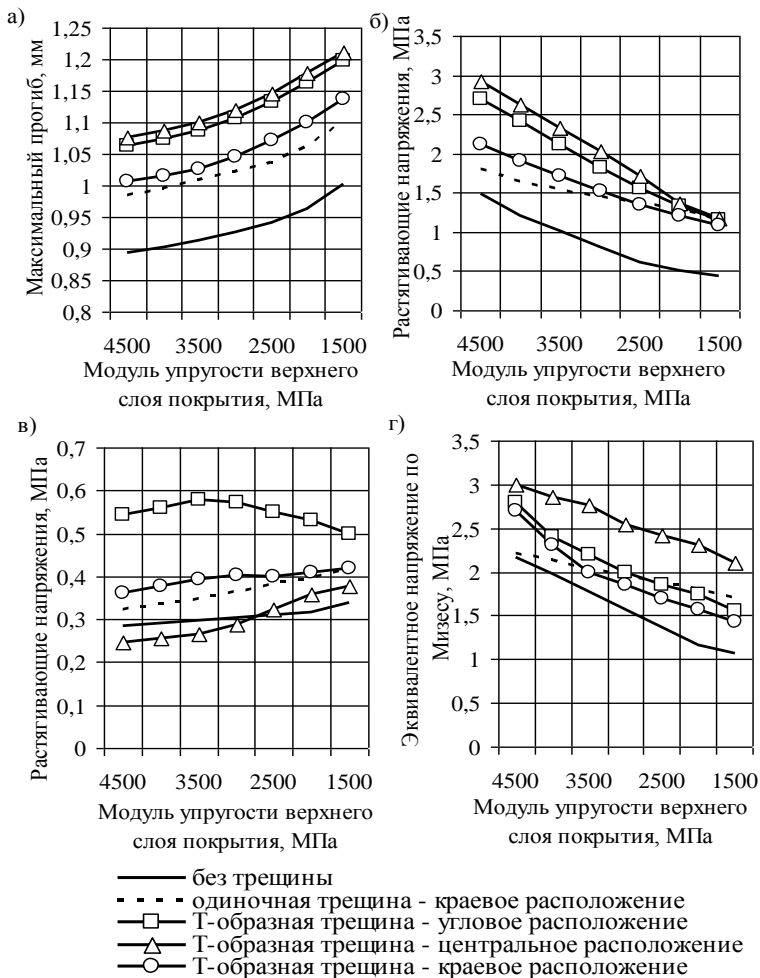


Рис. 4. Изменения напряжений сдвига на верхней границе второго слоя (а) и напряжений сдвига на верхней границе нижнего слоя конструкции (б) при различном расположении нагрузки

Исследование НДС конструкции дорожной одежды с подповерхностными трещинами осуществлялось на пятислойных моделях. В качестве базовых моделей приняты: модель без трещины; модель с одиночной трещиной и краевым расположением нагрузки; модель с Т-образной трещиной и угловым расположением нагрузки; модель с Т-образной трещиной и центральным расположением нагрузки; модель с Т-образной трещиной и краевым расположением нагрузки. Основные параметры моделей: а) толщина слоев (сверху вниз): 1 слой (покрытие) - 5 см., 2 слой (покрытие) - 7 см., 3 слой (основание) - 20 см., 4 слой (основание) - 20 см., 5 слой (подстилающий грунт) - 78 см; б) модуль упругости материала слоев; в) коэффициент Пуассона слоев покрытия - 0,35, слоев основания - 0,30, грунта - 0,32; г) ширина раскрытия трещин принята 0,3 см. Рассчитывались: максимальный прогиб на поверхности, растягивающие напряжения на нижней границе верхнего слоя и на верхней границе нижнего слоя

покрытия, содержащего трещину, а также эквивалентные напряжения (по Мизесу) на нижней границе верхнего слоя покрытия (рис. 5).

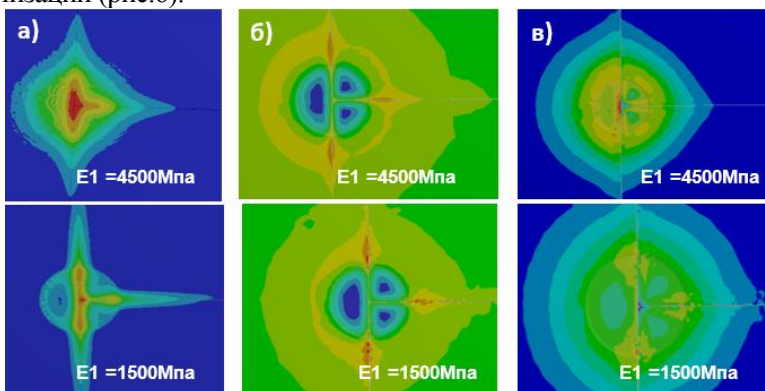


а) максимальный прогиб на поверхности; б) растягивающие напряжения на нижней границе верхнего слоя покрытия; в) растягивающие напряжения на верхней границе нижнего слоя покрытия, г) эквивалентные напряжения (по Мизесу) на нижней границе верхнего слоя покрытия

Рис.5. Параметры НДС конструкции с подповерхностными трещинами

Анализ результатов расчетов свидетельствует, что вид подповерхностной трещины (одиночная либо Т-образная) не существенно влияет на НДС конструкции дорожной одежды. Растягивающие напряжения на нижней границе верхнего слоя покрытия максимальны при центральном расположении нагрузки, тогда как в слое покрытия, содержащего подповерхностную трещину, наиболее опасными являются напряжения, возникающие при угловом расположении нагрузки. Таким образом, положение нагрузки относительно трещины оказывает наиболее существенное влияние для достаточно жестких покрытий, что следует учитывать при расчете усиления дорожной одежды. С уменьшением модуля упругости покрытия положение нагрузки не существенно влияет на изменение НДС конструкции.

Отметим также, что в сложных напряженно-деформированных состояниях, связанных с наличием сингулярностей (ребер трещин) необходимо учитывать главные напряжения ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$), либо их эквивалент ($\sigma_{vonMises}$). При анализе НДС конструкции дорожной одежды важную роль играют не только максимальные значения напряжений (деформаций) в отдельных точках, но и площадь их локализации (рис.6).

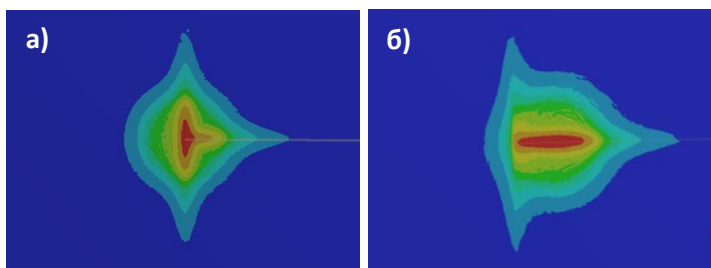


а) растягивающие напряжения на нижней границе верхнего слоя покрытия (вид снизу); б) растягивающие напряжения на верхней границе нижнего слоя покрытия (вид сверху); в) напряжения сдвига на верхней границе нижнего слоя покрытия (вид сверху)

Рис.6. Распределение напряжений при наличии подповерхностной трещины в нижнем слое покрытия

По мере уменьшения модуля упругости материала верхнего слоя покрытия площадь локализации растягивающих напряжений на нижней границе верхнего слоя значительно изменяется (Рис.6). Для слабых материалов (с небольшим модулем) степень локализации выше, а максимальные значения напряжения существенно ниже. В то же время, заметные по величине растягивающие (нормальные) напряжения возникают и во втором слое вблизи ребер и граней трещины. Их локализация слабо зависит от модуля материала верхнего слоя, в то время как распределение сдвигающих напряжений существенно изменяется по мере уменьшения модуля верхнего слоя (рис. 6). При этом картина распределения этих напряжений практически совпадает с распределением эквивалентных напряжений по Мизесу.

Анализ локализации напряжений в конструкции дорожной одежды с подповерхностной трещиной при различном расположении нагрузки (рис. 7) позволил установить, что несимметричное нагружение является наиболее опасным.



- а) при расположении центра нагрузки над точкой пересечения трещин;
б) при смещении нагрузки.

Рис. 7. Распределение растягивающих напряжений на нижней границе верхнего слоя ($E_1 = 4500$ МПа, $E_2 = 1500$ МПа, $E_{\text{трещ}} = 0,1$ МПа, ширина трещин 3мм)

Если растягивающие напряжения на нижней границе верхнего слоя покрытия изменяются незначительно (с $\sigma_1 = 2,78$ МПа для симметричной нагрузки до $\sigma_1 = 2,69$ МПа при смещении нагрузки), то растягивающие и сдвигающие напряжения на верхней границе

второго слоя возрастают более чем в три раза ($\sigma_2 = 0,464$ МПа и $\tau_2 = 0,234$ МПа для симметричной нагрузки до $\sigma_2 = 1,109$ МПа и $\tau_2 = 0,542$ МПа при смещении нагрузки). Следовательно, при разработке проектов ремонта в расчетах конструкции дорожной одежды с трещинами в качестве базовой следует принимать модель с несимметричным расположением нагрузки.

Как показали результаты моделирования НДС конструкции дорожной одежды с трещинами, значительная степень локализации (малая площадь области со значительными напряжениями) приводит к тому, что при незначительных изменениях в геометрии конструкции существенно изменяются и соответствующие напряжения. Применительно к дорожным одеждам это означает, что при скалывании краев трещины или заполнении трещины другим материалом в напряженном состоянии конструкции могут происходить значительные изменения. Очевидно, что эти изменения необходимо учитывать как при оценке текущего состояния конструкции дорожной одежды, так и при разработке проектов ремонтных мероприятий.

1. Бируля А.К. Конструирование и расчет дорожных одежд автомобильных дорог. / А.К. Бируля – М.: Трансиздат, 1964. – 167 с.
2. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46–72. – М.: Транспорт, 1973. – 112 с.
3. Бируля А.К. Работоспособность дорожных одежд / А. К. Бируля, С. И. Михович. - М.: Транспорт, 1968. – 172 с.
4. Радовский Б.С., Мозговой В.В. Температурные напряжения в асфальтобетоне, лежащем на основании с трещинами либо швами / Б.С. Радовский, В.В. Мозговой // Повышение долговечности дорожных конструкций: Тр.Союздорнии М., 1985. – С. 29-45.
5. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов/ В.А. Золотарев. Харьков: Высшая школа, 1977. – 116 с.
6. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.11 / Мозговой Владимир Васильевич. – К., 1996, – 406 с.
7. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: учебное пособие / И.И. Леонович [и др.]. – Минск: БГТУ, 2002. – 357 с.
8. Веренько В.А. Новые материалы в дорожном строительстве: Учебное пособие. / В.А. Веренько – Минск.: УП «Технопринт», 2004. – 170 с.
9. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.11 / Гамеляк Ігор Павлович – Київ, 2005. – 438 с.
10. Гезенцвей Л Б. Релаксация напряжений в асфальтобетоне Текст. / Л. Б. Гезенцвей, Э. А. Казарновская // Труды Союздорнии. – М.,1985. – С. 132-138.
11. Горельшев Н.В. Асфальтобетон

и другие битумо-минеральные материалы. / Н.В. Горельшев. – М.: Можайск. – Терра, 1995. – 176 с. 12. Казарновский В. Д. Метод количественной оценки температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий, устраиваемых на основаниях со швами и трещинами / В. А. Кретов, В. Д. Казарновский, А. Р. Краснопёров. // Труды ГП «РосдорНИИ». – М.: Росдорнии, 2000. – №10. – С. 153-163. 13. Мерзликин, А.Е. Об особенностях напряженно-деформированного состояния дорожных одежд с трещиновато-блочным основанием. / А.Е. Мерзликин // Конструирование, расчет и испытание дорожных одежд: сб.научн.тр. Союздорнии. – М., 1990. – С. 43-51. 14. Pais J.C. Evaluation of the Load Associated Cracking in Flexible Pavement. / Pais J.C. , Pereira P.A., J.M.B. Sausa, S. Capitaio // Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Correia & Branco (eds). – 2002. – P. 585-594. 15. Oscarsson Erik. Mechanistic-Empirical Modeling of Permanent Deformation in Asphalt Concrete Layers: Doctoral Thesis. – Traffic and Roads Department of Technology and Society Faculty of Engineering, LTH, Lund University, Sweden, 2011, – 53 p. 16. Lytton, R.L. Use of geotextiles for reinforcement and strain relief in asphalt concrete/ R.L. Lytton // Geotextiles and Geomembranes. – 1989. – Vol. 8. – № 3. – P. 217-237. 17. Glover Charles J. Evaluation of binder aging and its influence in aging of hot mix asphalt concrete: technical report FHWA/TX-14/0-6613 / Charles J. Glover, Guanlan Liu, Avery A. Rose, Yunwei Tong, Fan Gu, Meng Ling, Edith Arambula, Cindy Estakhri, and Robert Lytton – Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation, 2013. – 216 p. 18. Fyfe R. Paving fabric seal design and performance on Australian roads / R. Fyfe. // 2nd international and sealing conference-sustaining sprayed sealing practice, Melbourne, Australia, 2010, P. 1-31. 19. Coni M. F. Evaluation of 4-point bending test for fatigue cracking assessment / M. Coni, S.Portas, R. Isola, J.R.M. Oliveira. // Sixth RILEM International Conference on racking in Pavements, Chicago, Illinois, 9-11 June 2008 Chicago, USA, P. 1-10. 20. Al-Qadi I. L. Steel reinforcing netting mechanism to abate reflective cracking in asphalt concrete overlays. / I. L. Al-Qadi, M. A. Elseifi, and T. E. Freeman // Paper № 02-2615 presented at the Transportation Research Board 81st Annual Meeting. – Washington. : D.C., 2002. 21. Rigo J. M. General introduction, main conclusions of 1989 conference on reflective cracking in pavements, and future prospects. / J. M. Rigo // Reflective Cracking in Pavements : 2nd International RILEM Conference, E & FN Spon, Liege, Belgium, 1993, P. 3-20. 22. Зиновеев И. В. Способ определения напряженно-деформированного состояния многослойных оснований с дефектами / И. В. Зиновеев, А. К. Приварников. // Теоретическая и прикладная механика. – 2008. – Вып. 44. – С. 16–28. 23. Приварников А.К. Пространственная деформация многослойного основания [в кн.: Устойчивость и прочность элементов конструкций.] / А.К. Приварников – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1973. – С. 27-45.

УДК 539.3

**СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СХЕМ ПРИЛОЖЕНИЯ
НАГРУЗКИ ПРИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЯХ
АСФАЛЬТОБЕТОНОВ**

**COMPARISON OF SOME LOAD APPLICATION SCHEMES
DURING ASPHALT CONCRETE LABORATORY TESTING**

Богомолов В.А., д.т.н., проф. Жданюк В.К., д.т.н., проф., Цинка А.А., аспирант, Богомолов С.В., Ph.D. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Bogomolov V.O., Doctor of Engineering, professor, Zhdanyuk V.K., Doctor of Engineering, professor, Tsynka A.O., Ph.D. student, Bogomolov S.V., Ph.D. (Kharkiv National Automobile and Highway University)

Предложена методика численной оценки степени соответствия расчетной области точек НДС асфальтобетонных образцов, при испытании в лабораторных условиях по той или иной схеме нагружения, расчетной области точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины грузового автомобиля.

Methodology of numerical estimation of degree of conformity of computational region of points of strain-stress distribution of asphalt concrete samples, when testing under laboratory conditions at some load application scheme, computational region of points of strain-stress distribution of asphalt concrete pavement within contact patch of a truck has been proposed. Results of asphalt concrete testing at “shearing of beam sample in two cross-sections” can be used to plot limiting surface (by allowable stresses) when calculating flexible pavements.

Ключевые слова: асфальтобетон, дорожная одежда, схема нагружения, напряженно-деформированное состояние.

Keywords: asphalt concrete, pavement, load application scheme, strain-stress distribution.

При построении предельных поверхностей (критериев прочности) используются так называемые контрольные точки, через

которые должны проходить эти поверхности [1-3].

Очевидно, что чем больше будет таких точек, и чем точнее они будут отражать реальное напряженно-деформированное состояние (НДС) конкретной инженерной конструкции, тем объективнее, впоследствии, разработанный критерий прочности (предельная поверхность), будет отражать допустимое НДС материалов этой конструкции.

Под «точностью отражения реального НДС дорожной одежды», в данном случае, понимается насколько область точек НДС асфальтобетонных слоёв покрытий нежесткой дорожной одежды, в координатах главных напряжений [3-5] σ_1 - σ_2 - σ_3 , соответствует области точек НДС асфальтобетонных образцов при лабораторных испытаниях. Т.е. степень взаимопересечения (взаимопроникновения) этих областей является критерием пригодности той или иной схемы приложения нагрузки на асфальтобетонный образец в решаемой задаче (см. рис. 4, 6).

В подавляющем большинстве случаев при конструировании наиболее распространённых типов предельных поверхностей используются три контрольные точки [1-4]:

- чистое растяжение

$$\sigma_1=[\sigma_+]; \sigma_2=0; \sigma_3=0; \quad (1)$$

- чистое сжатие

$$\sigma_1=0; \sigma_2=0; \sigma_3=-[\sigma_-]; \quad (2)$$

- чистый сдвиг (кручение образца)

$$\sigma_1=[\tau]; \sigma_2=0; \sigma_3=-[\tau]; \quad (3)$$

где σ_1 , σ_2 , σ_3 – главные напряжения [4, 5];
[σ_+]; [σ_-]; [τ] – допускаемые напряжения на чистое растяжение, сжатие и сдвиг, соответственно.

Такой подход имеет свои недостатки.

Из (1-3) видно, что в координатах главных напряжений σ_1 - σ_2 - σ_3 все три точки имеют координату $\sigma_2=0$. Как отмечается в работе [4] это может приводить к заметным погрешностям при оценке предельного НДС материала.

В работе [10] применительно к дорожным одеждам, сформулированы основные требования к конструированию предельных поверхностей:

1) предельная поверхность должна проходить через заранее известные контрольные точки, см. например [3];

2) граничная поверхность должна максимально отвечать современным представлениям о механике деформированного твёрдого тела, а именно кинетической концепции деформирования и разрушения, а также термофлуктуационной концепции разрушения [11];

3) граничная поверхность должна быть максимально приближена к реальному НДС дорожной одежды и особенностям её прочностных свойств [12].

Остановимся более подробно на третьем требовании, поскольку именно оно определяет применимость схемы нагружения образца при испытаниях на долговечность.

Целью настоящей работы является обоснование схемы нагружения асфальтобетонных образцов при лабораторных испытаниях, наиболее приемлемой как для построения предельных поверхностей, так и для испытания их на долговечность.

Чистое сжатие

Для испытаний на чистое сжатие наиболее приемлема схема приложения нагрузки на образец согласно [13] (показана на рис. 1).

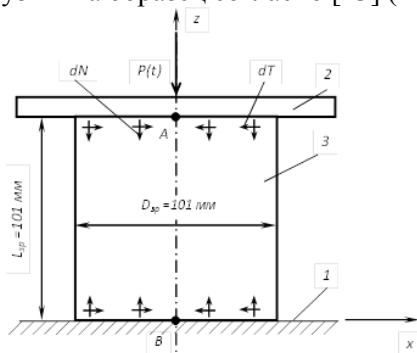


Рис. 1. Схема нагружения образца асфальтобетона при сжатии:
1, 2 – неподвижная и подвижная жесткие (металлические) опоры;
3 – образец асфальтобетона;

dN , dT – элементарные силы нормального давления и трения

Параллельно отметим, что для получения НДС, наиболее приближенного к чистому сжатию в соответствии с рекомендациями [14], при таких испытаниях необходимо применять мероприятия по снижению сил трения dT (см. рис. 1), например,

смазывать поверхности контакта между асфальтобетонным образцом 3 и стальными опорами 1, 2.

Проведенные расчёты показывают, что при движении груженого трёх-, четырёхосного автомобиля только 10-12 % объёма (в области пятна контакта между шиной и асфальтобетонным покрытием нежёсткой дорожной одежды) испытывает НДС, близкое к чистому сжатию.

Чистое растяжение

Согласно [15,16] наиболее приемлемыми схемами приложения нагрузки к асфальтобетонным образцам при испытаниях на чистое растяжение являются варианты, представленные на рис. 2.

Как показывают расчёты, проведенные в ХНАДУ, НДС, близкое к чистому растяжению, испытывает только 5-6 % рабочего объёма в области пятна контакта шины с поверхностью асфальтобетонного покрытия дорожной одеждой.

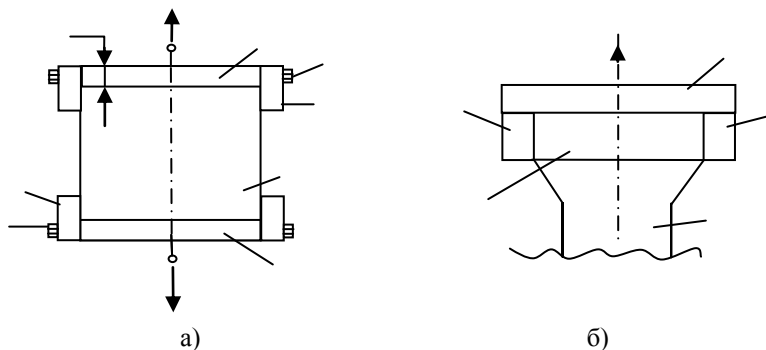


Рис. 2. Схемы нагружения образцов из асфальтобетона при испытании растяжении: а) схема одноосного растяжения цилиндрического образца; б) усиленная конструкция образца-гантели; 1, 2 - стальные пластины, приклеенные к образцу; 3 – цилиндрический образец асфальтобетона; 4 - усиливающие пластины, приклеенные к образцу 3; 5 - болты крепления деталей 4 к деталям 1, 2; 6 - образец-гантели; 7 - 9 - стальные накладки, приклеенные к образцу 6 и склеенные между собой; P - растягивающее усилие; S - толщина пластин 1, 2.

Чистый сдвиг (кручение)

Наиболее близкая к чистому сдвигу схема нагружения асфальтобетонного образца круглого сечения [6, 17, 18], но без осевой нагрузки, а только со скручивающим моментом (приведена на рис. 3).

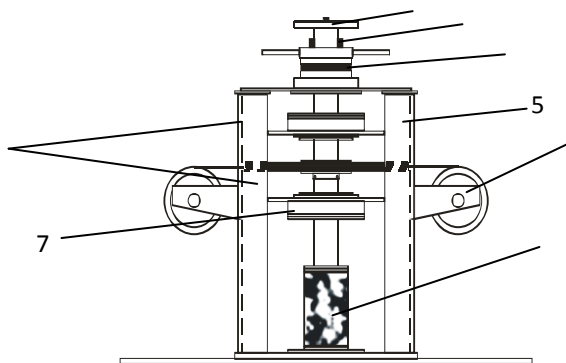


Рис. 3. Схема прибора для испытаний асфальтобетонных образцов на кручение: 1 - пригрузочная плита; 2 - втулка; 3 - подшипник качения; 4 - радиальные подшипники; 5 - рама прибора; 6 - образец; 7 - вал; 8 - кронштейн с роликом

Расчёты показывают, что НДС, близкое к чистому сдвигу испытывает <1 % рабочего объёма в области пятна контакта шины с поверхностью асфальтобетонного покрытия дорожной одежды.

Выполненные расчёты показывают, что три типа НДС (рис. 1-3) даже в сумме составляют незначительную часть рабочего объёма в области пятна контакта шины с поверхностью асфальтобетонного покрытия дорожной одежды.

В связи с изложенным выше возникает необходимость установления схемы нагружения асфальтобетонных образцов при лабораторных испытаниях, которая наиболее близко отражает НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды при движении гружёного грузового автомобиля.

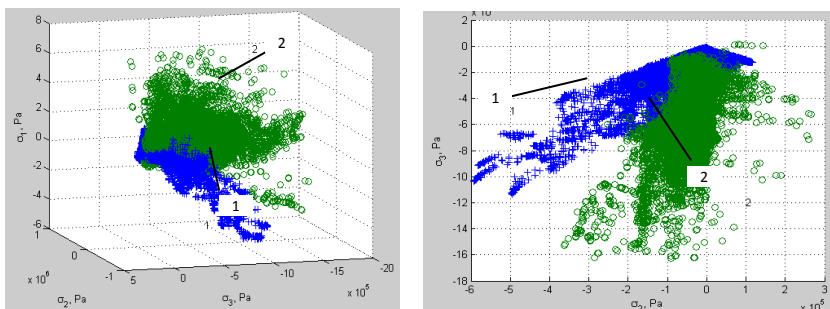
Для этого дополнительно рассмотрим наиболее известные схемы приложения нагрузки при испытании асфальтобетонных образцов в лабораторных условиях. Предпочтительность той или иной схемы нагружения асфальтобетонных образцов будем оценивать по степени взаимопроникновения областей группирования точек НДС в координатах σ_1 - σ_2 - σ_3 для

асфальтобетонного слоя покрытия нежесткой дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины четырёхосного грузового автомобиля и для асфальтобетонного образца, испытываемого в лабораторных условиях.

Кручение с осевым сжатием

Методика проведения испытаний по схеме кручения с осевым сжатием приведена в работах [6, 17, 18]. Схема прибора для таких испытаний представлена на рис. 3.

Результаты расчётов представлены на рис. 4.



а)

б)

Рисунок 4 – Результаты расчёта НДС при схеме испытания «Кручение цилиндрического асфальтобетонного образца + осевое сжатие»:

а) в координатах σ_1 - σ_2 - σ_3 ; б) со стороны оси σ_1 ;

1 - область точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды; 2 – область точек НДС асфальтобетонного образца, испытанного в лаборатории по схеме «Кручение с осевым сжатием»

Из рис. 4 видно, что область 2 точек НДС асфальтобетонного образца, испытанного в лаборатории, лишь на (30 - 40) % соответствует области 1.

Изгиб образца-балки

Согласно [7-9], при определении предела прочности на растяжение асфальтобетонов применяется схема испытания на «изгиб образца - балки». Схема приложения нагрузки при испытаниях на растяжение при изгибе представлена на рис. 5.

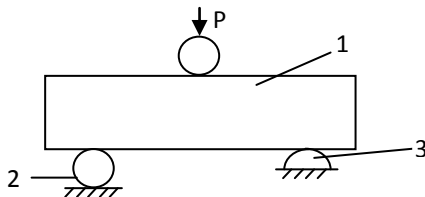


Рис. 5. Схема испытаний образца-балки на растяжение при изгибе:
1 - образец - балка; 2, 3 - подвижная и неподвижная опоры

Результаты расчётов приведены на рис. 6

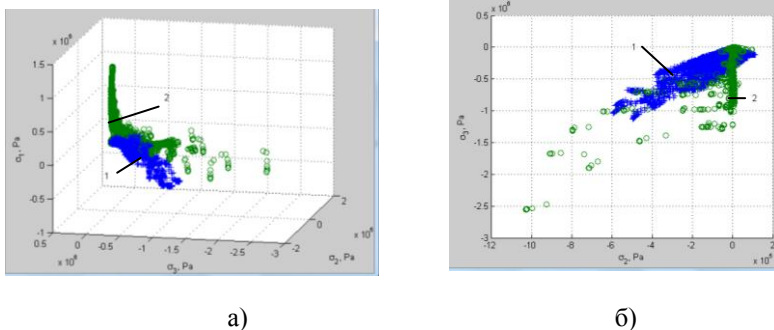


Рис. 6. Результаты расчётов по схеме испытания асфальтобетонного образца-балки на растяжение при изгибе: а) в координатах σ_1 - σ_2 - σ_3 ; б) со стороны оси σ_1 ;

1 - точки НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды;
2 – точки НДС асфальтобетонного образца-балки, испытанного по схеме рис. 5

Результаты расчётов, приведенные на рис. 6 свидетельствуют о том, что НДС асфальтобетонного образца-балки при нагружении по схеме на рис. 5 только на 10 % соответствует области точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины четырёхосного грузового автомобиля.

Другие схемы испытаний

Также были выполнены расчеты НДС асфальтобетонных образцов, при приложении нагрузки по следующим схемам: раскол цилиндрического образца [13]; сжатие по схеме Маршалла [13]; сжатие со сдвигом [15]; продавливание [19]; сдвиг образца-балки по двум сечениям [15].

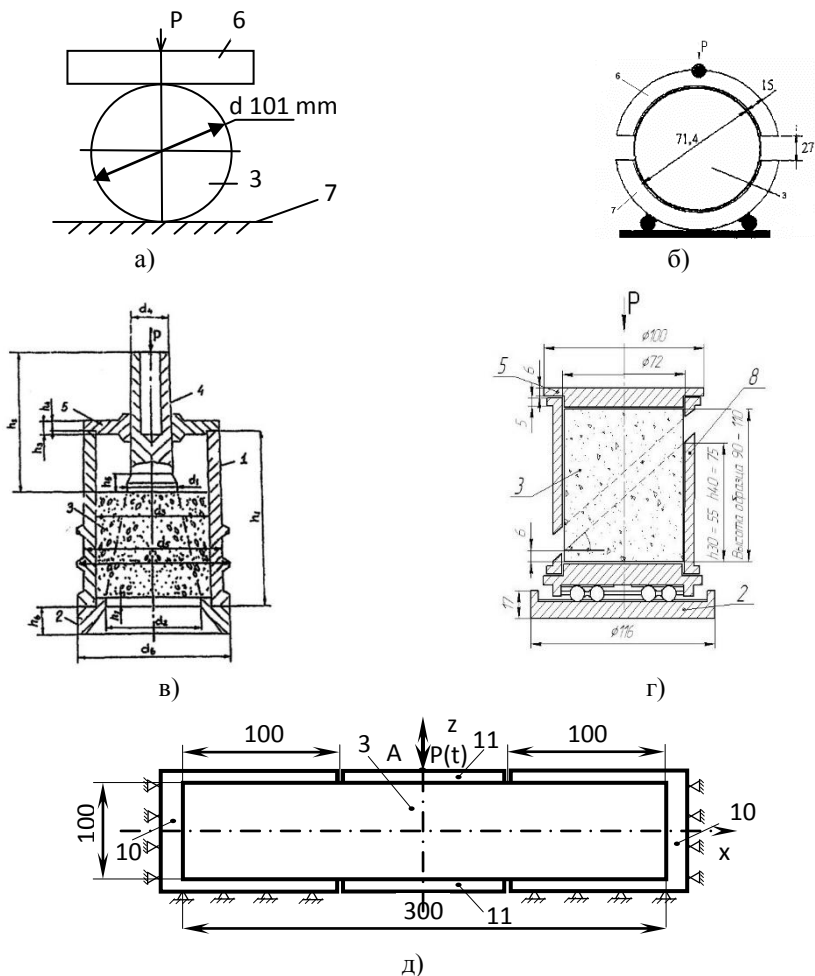


Рис. 7. Схемы нагружения асфальтобетонных образцов:
 а) раскол цилиндрического образца; б) сжатие по схеме Маршалла;
 в) продавливание; г) сжатие со сдвигом; д) сдвиг прямоугольного
 образца в двух сечениях; 1 - корпус приспособления на рис. 7в;
 2 - основа; 3 - асфальтобетонный образец; 4 - пуансон; 5 - крышка;
 6,7 - подвижная и неподвижная обоймы; 8 - обойма;
 10 - неподвижные обоймы; 11 - подвижная обойма

Результаты расчётов НДС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Степень соответствия области точек НДС асфальтобетонных образцов, испытанных в лаборатории, области НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины четырёхосного грузового автомобиля

Тип нагружения	Схема нагружения асфальтобетонных образцов	Степень соответствия области точек НДС асфальтобетонных образцов области точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды, %
Кручение с осевым сжатием	рис. 3	30-40
Изгиб прямоугольной балки	рис. 5	~ 10
Раскол цилиндрического образца	рис. 7а	< 10
Сжатие по схеме Маршалла	рис. 7б	< 10
Сжатие со сдвигом	рис. 7в	< 10
Продавливание	рис. 7г	70-80
Сдвиг образца-балки по двум сечениям	рис. 7д	> 80

Выводы.

Предложена методика численной оценки степени соответствия расчетной области точек НДС асфальтобетонных образцов, при испытании в лабораторных условиях по той или иной схеме нагружения, расчетной области точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины грузового автомобиля. Область точек НДС асфальтобетонных, испытанных в лабораторных условиях по схеме «сдвиг образца-балки по двум сечениям», в наибольшей степени приближается к

расчетной области точек НДС асфальтобетонного покрытия дорожной одежды в области пятна контакта с ним шины грузового автомобиля. Результаты испытаний асфальтобетонов по схеме «сдвиг образца-балки по двум сечениям» могут использоваться для построения предельной, по допускаемым напряжениям, поверхности, при расчетах нежестких дорожных одежд.

1. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – К.: Изд-во «Наукова думка», 1975. – 704 с.

2. Лебедев А.А. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряжённом состоянии: Справочник / [Лебедев А.А., Ковальчук Б.И., Гишняк Ф.Ф., Ламашевский В.П.].– К.: Наукова думка, 1983. – 366 с.

3. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов / [Писаренко Г.С., Агарёв В.А., Квитка А.Л. и др.]; под ред. Г.С. Писаренко – [4-е изд.]. – К.: Головн. из-во издат-го объед. «Вища школа», 1979. – 696 с.

4. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. Безухов Н.И. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1968. – 512 с.

5. Тимошенко С.П. Курс теории упругости / Тимошенко С.П.; [под ред. Э.И. Григolloка]. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1972. – 506 с.

6. Золотарёв В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В.А. Золотарёв. – М.: изд. Высшая школа, 1972. -114 с.

7. Бахрах Г.С. Проектирование нежестких дорожных одежд по критерию усталостного растрескивания / Г.С. Бахрах // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. - №2. – с 25-27.

8. Матуа В.П. Новое лабораторное оборудование и методика проведения испытаний дорожно-строительных материалов / В.П. Матуа, С.А. Мирончук // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012. - №4. – С.16-18.

9. Споруди транспорту: Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В 2.3-218-186-2004.–Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2004.-176 с.

10. Розробити трьохмірну реологічну (фізичну та математичну) моделі роботи монолітних матеріалів в конструкціях дорожніх одягів нежорсткого типу: Заключний звіт про науково-дослідну роботу за темою № 27/35-41-11 / ХНАДУ/; Керівник теми В.К. Жданюк; № держреєстрації 0111U003850. Харків; 2014.-261 с.

11. Потапова Л.Б. Механика материалов при сложном напряжённом состоянии. Как прогнозируют предельные напряжения / Л.Б. Потапова, В.П. Ярцев. – М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2005.-244 с.

12. Богомолов В.О. Щодо необхідності розробки нової методики розрахунку напружено-деформованого стану дорожнього одягу/ В.О.

Богомолов, В.К. Жданюк, С.В. Богомолов // Автошляховик України. – 2011.-№1 (219).- с.23-26.

13. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань: ДСТУ БВ. 2.7-89-99.- [Чинний від 2000-01-01].-К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000.- 45 с.- (Державний стандарт України).

14. Конструирование и расчёт нежестких дорожных одежд / под ред. Н.Н. Иванова.- М., «Транспорт», 1973.-328 с.

15. Провести дослідження асфальтобетонів різних типів і видів та розробити методика визначення показників границі міцності при розтягу та зсуві: Заключний звіт про науково-дослідну роботу за темою № 3/35-04-13/ХНАДУ/: Керівник теми В.К. Жданюк; № держреєстрації 0113U004111.-Харків, 2014.-190 с.

16. Методика визначення показників границі міцності асфальтобетонів при розтягу та зсуві М 02071168-731:2014 / Державне агентство автомобільних доріг України.- Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2014.-16 с.

17. Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість: М 218-02071168-681: 2011.- Харків: 2011.-61 с.

18. Золотарёв В.А. Исследование свойств асфальтобетоннов различной макроструктуры дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Золотарёв Виктор Александрович. – Харьков (ХАДИ), 1967. – 250 с.

19. Методические рекомендации по оценке сдвигоустойчивости асфальтобетона / Мин. тран-та рос. фед-ции.- М.: Гос. сл-ба дор. хоз-ва, 2002.-11 с.

УДК 532.5:627.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ СТАНІВ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПРИДОРОЖНЬОЇ СМУГИ

STUDY OF DIFFERENT STATES PAVEMENT ON THE ECOLOGICAL STATE OF ROADSIDE ZONE

**Бондаренко Л.П., к.т.н., доц. (Національний транспортний
університет, м. Київ).**

**Bondarenko L.P., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (National
Transport University, Kyiv).**

В роботі запропоновано математичну модель для прогнозування екологічного стану придорожньої смуги з урахуванням погодно-кліматичних умов та стану дорожнього покриття. Математичне моделювання проведено в рамках системного підходу. Проведено чисельний експеримент з дослідження впливу різних станів покриття на екологічний стан придорожньої смуги. На основі проведених розрахунків та аналізу експериментальних даних встановлено закони розподілу CO та NO₂ в повітрі придорожньої смуги.

The paper presents a mathematical model to predict the ecological condition of roadside given climatic conditions and road surface condition. Mathematical modeling carried out within the framework of the system approach. A numerical experiment on the effect of various coating conditions on the ecological status of the roadside. On the basis of calculations and analysis of the experimental data set distribution laws of CO and NO₂ in the air roadside.

Ключові слова: придорожня смуга, екологічний стан, математичне моделювання, чисельний експеримент.

Keywords: wayside, ecological state, mathematical modeling, numerical experiment.

Вступ

Дорожньо-транспортний комплекс здійснює суттєвий негативний вплив на навколишнє середовище, що обумовлює необхідність розробки ефективних природоохоронних заходів в дорожньо-транспортній галузі. Транспортне забруднення залежить від багатьох факторів, серед яких одним з найбільш суттєвих є стан дорожнього покриття і безпека руху. В свою чергу стан дорожнього покриття є параметром змінним і залежить від сезону та погоднокліматичних умов. Особливо небезпечним в цьому аспекті є зимовий період року, коли різко збільшується кількість ДТП. Зимове утримання автомобільних доріг є складним не лише з матеріальної та технологічної точки зору, але й з точки зору екології. Тому, дослідження забруднення придорожньої смуги в найбільш напружений з погляду умов та безпеки руху зимовий період року є досить актуальним.

Аналіз публікацій

На сьогодні існує велика кількість досліджень, в яких представлені різні методи визначення і розповсюдження шкідливих домішок в атмосфері. Великий внесок у вивчення забруднення повітря зробили М.Є. Берлянд, Н.С. Буренін, Г.П. Кирилов, Н.А. Рябіков, В.Ф. Скорченко, І.Ю. Колпакова, Т.І. Черв'якова, В.В. Філіпов, а також інші вітчизняні і зарубіжні автори [1-4].

Для визначення вмісту СО над проїзною частиною автомобільних доріг були запропоновані різні емпіричні залежності, основним дорожнім параметром в яких є інтенсивність руху (табл. 1).

Таблиця 1 - Залежності для визначення рівня забруднення атмосферного повітря СО над проїзною частиною автомобільних доріг

Автори	Емпіричні рівняння
Арамян П.А.	$CO=0,49 \cdot 10^{-5} \cdot N^2 + 0,06904 \cdot N - 2,043063$
Дмитрієв М.Т.	$T=69 \cdot B \cdot N / [1 + 1,78 \cdot (\mu - 0,02)]$
Кирилов Г.П.	$CO=3,85 + 0,0185 \cdot N + \Sigma A_i$
Манусаджянц Ж.Г.	$CO=22,4 \cdot B \cdot M_2 \cdot d \cdot N_a \cdot (1 + 0,0125 \cdot h)$
Сидоренко В.Ф.	$CO=7,38 + 0,026 \cdot N + \Sigma A_i$
Орнатський Н.П.	$CO=(7,33 + 0,026 N_a) \cdot K_1 K_2 \cdot K_3$

	При відсутності вітру: $C_x=0,5CO-0,1X$
Сильянов В.В.	$C=CO=0,006 N_1-9 \cdot \lg V-0,3U+17$
Boveb L., Siebenberg S.	$CO=1,53 \cdot N^{0,368}$
Cassidy M.	$CO=1,1 \cdot (7+0,0025 \cdot N)$
Toyce F., William S., Sohnson D.	$CO=1,1 \cdot (0,006 \cdot N-9 \cdot \lg V-0,3 \cdot U+17)$

де N – інтенсивність руху, авт./доб.; T – вміст CO в частках ГДК; B – коефіцієнт, що враховує вплив забудови; μ – концентрація озону в повітрі, мг/м³; h – висота забудови, м; ΣA_i – коефіцієнт, що враховує зміну складу транспортного потоку, швидкості руху та повздожні похили; M_2 – об'єм відпрацьованих газів умовного автомобіля, м³; d – об'єм вмісту оксиду вуглецю у відпрацьованих газах, %; V – швидкість руху, км/год; α – питома вага CO, г/м³; U – швидкість вітру, м/с; K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти, які залежать від складу транспортного потоку, впливу повздожнього похилу, ступеня токсичності автомобільних викидів.

Однак, наведені в табл. 1 залежності не отримали широкого практичного застосування, оскільки не завжди адекватно відображають фактичне поширення та рівень забруднення атмосфери, а також не враховують вплив інших, не менш важливих, факторів.

На сьогодні при проведенні екологічних досліджень найбільш часто використовуються два методи розрахунку концентрацій шкідливих домішок в атмосфері.

Одним з перших, хто суттєво впровадив отримані результати в практику, був Сеттон С.Г. Він описав концентрацію домішки поблизу джерела забруднення Гаусівським законом розподілу [5]:

$$\theta_x = \frac{1}{\delta_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\delta_x^2}\right). \quad (1)$$

У разі лінійного джерела, яким є дорожнє полотно, орієнтоване вздовж осі OY , розподіл можна розглядати тільки в напрямку OX , і тоді параметр δ_x у (1) має вигляд:

$$\delta_x^2 = \frac{1}{2} C_x^2 (\bar{u})^{2-n}, \quad (2)$$

де δ_x – дисперсія розподілу домішки у напрямку осі OX ; C_x – віртуальний коефіцієнт дифузії; \bar{u} – середня швидкість вітру, м/с; n – безрозмірний параметр.

Однак, при розрахунку концентрацій даним методом за аномальних метеорологічних умов можуть бути значні розбіжності між експериментальними і розрахунковими даними.

Другий метод розрахунку концентрації шкідливих домішок полягає у вирішенні рівняння турбулентної дифузії з урахуванням можливої зміни температури повітря, швидкості вітру, коефіцієнта обміну в приземному шарі повітря. Цей метод більш універсальний і дозволяє вирішувати задачі з різними характеристиками зовнішнього середовища і граничними умовами. Рівняння сталої дифузії має вигляд:

$$\frac{\partial z_c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial z_c}{\partial x} + v_x \frac{\partial z_c}{\partial x} + v_y \frac{\partial z_c}{\partial y} + \beta z_c + F_u, \quad (3)$$

де вісь OX – перпендикулярна до осі дороги; вісь OY – співпадає з віссю дороги; z_c – концентрація оксиду вуглецю в точці x ; k_x – коефіцієнт дифузії обміну; v_x, v_y – швидкості дифузії обміну; F_u – функція джерела забруднення; β – параметр рівняння; t – час.

Через припущення про сталість характеру процесу, що розглядається, і лінійність джерела забруднення:

$$\frac{\partial z_c}{\partial t} = 0, \quad v_y = 0, \quad (4)$$

і рівняння (3) набуває вигляду:

$$-\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial z_c}{\partial x} - v_x \frac{\partial z_c}{\partial x} - \beta z_c = F_u. \quad (5)$$

Розв'язання рівняння атмосферної дифузії проводиться чисельними методами із застосуванням сучасної обчислювальної техніки і дозволяє отримати функціональні залежності концентрацій від основних діючих факторів.

Суттєвого розвитку процеси турбулентної дифузії домішок в атмосфері отримали в роботах Берлянда М.Е. [10], Колпакової І.Ю.

Багато робіт було присвячено експериментальним дослідженням, розробці математичних моделей розподілу різних забруднюючих речовин в придорожній смузі. Проте, у всіх роботах був відсутній комплексний підхід до екологічної оцінки придорожньої смуги і не розглядалася сезонна зміна рівня забруднення з урахуванням дії погодно-кліматичних факторів (ПКФ).

Постановка задачі

Враховуючи, що на рівень забруднення придорожніх територій здійснюють вплив дорожні і транспортні фактори, оцінку їх екологічного стану доцільно проводити в рамках системного підходу. Розглянемо систему Д-А-НС («дорога – автомобіль – навколишнє середовище»), схему взаємодії якої наведено на рис.1.1.

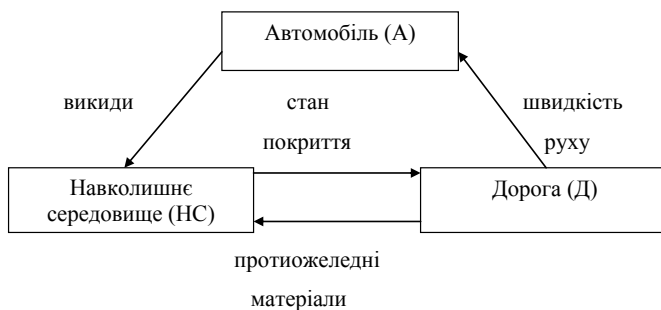


Рисунок 1 – Схема зв'язків системи «дорога – автомобіль – навколишнє середовище»

Задачу дослідження поведінки системи Д – А – НС в зимовий період з екологічною оцінкою доцільно вирішувати у декілька етапів:

1. Виявлення зовнішніх і внутрішніх параметрів;
2. Встановлення законів функціонування підсистеми в цілому і окремих її елементів, формування математичної моделі, розробка алгоритму розрахунку і програмного забезпечення для її реалізації;
3. Дослідження тривалості знаходження дорожнього покриття в різних екологічно небезпечних станах з моделюванням відповідних

їм рівнів забруднення НС викидами автотранспорту і витратою ПОМ.

Це дозволить розробити пропозиції щодо зниження рівня забруднення придорожньої смуги в зимовий період.

Так як між множиною елементів автомобільної дороги і навколишнім середовищем існує велика кількість різноманітних зв'язків, то ці множини можна розглядати як систему. Власні зв'язки системи і її зв'язки із зовнішнім середовищем створюють структуру системи, що розглядається. Підсистема Д – НС є складною, і при її вивченні можливе використання загальних підходів теорії моделювання складних систем. Вихідною інформацією при побудові математичних моделей процесу функціонування підсистеми Д – НС можуть слугувати дані про призначення і умови її роботи.

Як показує аналіз результатів досліджень багатьох авторів, у якості системоутворюючого фактора для вирішення дорожніх екологічних задач може бути вибрана швидкість руху. У зимовий період вона визначається станом дорожнього покриття. Для оцінки стану дорожнього покриття і відповідних йому швидкостей руху і рівня екологічного забруднення придорожньої смуги використовуватимемо дві математичні моделі, в основу яких покладено сумісний аналіз погодної, дорожньої і транспортної інформації. Для оцінки стану дорожнього покриття скористаємося математичною моделлю, розробленою для дослідження умов утворення зимової слизькості на дорожніх покриттях [6].

У відповідності із загальною теорією складних систем, закон функціонування підсистеми Д – НС представимо узагальненим оператором F_S , який перетворить набір внутрішніх, незалежних параметрів підсистеми (метеорологічних і дорожніх факторів) у зовнішні, залежні – стани дорожнього покриття:

$$\overline{y}(t) = F_S [\overline{v}(t), \overline{h}(t), t], \quad (6)$$

де $\overline{y}(t) = \{y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)\}$ – вектор стану покриття доріг у зимовий період;

$\overline{v}(t) = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)\}$ – вектор дії зовнішнього середовища (погодно-кліматичні параметри); F_S – закон

функціонування системи; $\overline{h(t)} = \{h_1(t), h_2(t), \dots, h_n(t)\}$ – вектор власних параметрів системи (дорожні і транспортні параметри); t – час.

При оцінці екологічної ситуації в придорожній смузі вектор стану покриття буде вже власним параметром підсистеми Д – А – НС, що визначає рівень забруднення. Закон функціонування цієї підсистеми аналогічним чином представимо деяким узагальненим оператором F_y , який перетворить набір внутрішніх, незалежних параметрів підсистеми (метеорологічних і дорожніх факторів) у зовнішні, залежні для оцінки екологічної ситуації у придорожній смузі:

$$\overline{e(t)} = F_y [\overline{v(t)}, \overline{h(t)}, \overline{y(t)}, t], \quad (7)$$

де $\overline{e(t)}$ – вектор зовнішніх, залежних, параметрів, використовуваних для оцінки екологічної ситуації;

F_y – закон функціонування підсистеми Д – А – НС.

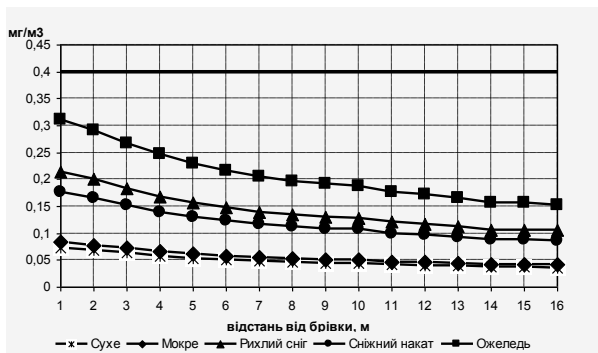
При оцінці екологічної ситуації в придорожній смузі вектор стану дорожнього покриття $\overline{y(t)}$ буде одним із власних дорожніх параметрів системи, який впливає, як і всі інші, на рівень забруднення навколишнього середовища в зимовий період. У виразі (7) він виділений окремо, оскільки є результатом моделювання.

Рівняння (6) - (7) є динамічними математичними моделями, що відображають поведінку системи в часі. Оператори F_S і F_y можуть бути представлені у вигляді системи рівнянь, логічних співвідношень, наявних емпіричних і аналітичних залежностей, що зв'язують вхідні і вихідні параметри підсистеми Д – А – НС, словесного опису відповідності і т. д.

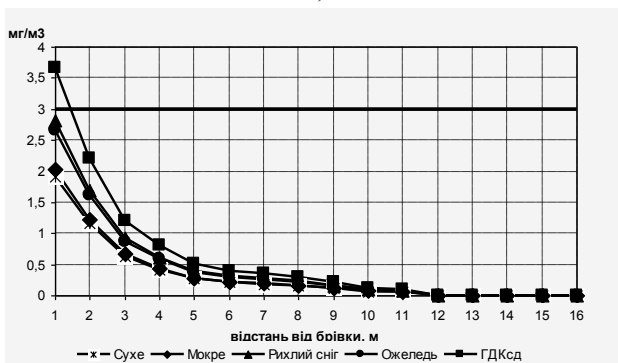
Результати розрахунків

Для можливості використання запропонованої математичної моделі було здійснено перевірку адекватності математичної моделі на тестових задачах, для яких існують експериментальні аналоги. При цьому максимальна відносна похибка не перевищила 14%, що дає можливість рекомендувати побудовані математичні моделі для розв'язання конкретних прикладних задач.

На наступному етапі роботи було проведено дослідження впливу різних станів покриття на екологічний стан придорожньої смуги (рис.2). Бачимо, що найвищі рівні забруднення придорожньої смуги спостерігаються при ожеледі, а найменші – при сухому покритті.



а)



б)

Рисунок 2 – Графіки розподілу приземних концентрацій в придорожній смугі при різних станах покриття: а)- NO_2 ; б) - CO

На основі проведених розрахунків та аналізу експериментальних даних було встановлено закони розподілу CO та NO_2 в повітрі придорожньої смуги. Результати статичної обробки одержаних даних наведено в таблицях (табл.2,3)

Таблиця 2 – Результати статистичної обробки концентрації викидів CO при різних станах дорожнього покриття

Стан покриття	Закон розподілу концентрації викидів CO	Параметри закону	Концентрація викидів CO, мг/м ³			
			Середнє значення	Довірчий інтервал розкиду середнього значення для довірчої ймовірності		
				0,85	0,90	0,95
Сухе	Нормальний	$\bar{x}=1,740$ $\sigma=0,795$	1,740	0,717+ +2,763	0,576+ +2,904	0,350+ +3,132
Мокре	Нормальний	$\bar{x}=1,835$ $\sigma=0,816$	1,835	0,756+ +2,914	0,607+ +3,063	0,367+ +3,303
Сніжний накат	Показниковий	$\mu=0,413$	2,420	0,997+ +3,843	0,800+ +4,040	0,484+ +4,356
Ожеледь	Показниковий	$\mu=0,301$	3,320	1,368+ +5,272	1,096+ +5,544	0,662+ +5,978
Рихлий сніг	Показниковий	$\mu=0,392$	2,550	1,050+ +4,050	0,843+ +4,256	0,512+ +4,588

Таблиця 3 – Результати статистичної обробки концентрації викидів NO₂ при різних станах дорожнього покриття

Стан покриття	Закон розподілу концентрації викидів NO ₂	Параметри закону	Концентрація викидів NO ₂ , мг/м ³			
			Середнє значення	Довірчий інтервал розкиду середнього значення для довірчої ймовірності		
				0,85	0,90	0,95
Сухе	Показниковий	$\mu=16,97$	0,050	0,021+ +0,079	0,017+ +0,083	0,010+ +0,090
Мокре	Показниковий	$\mu=17,54$	0,057	0,024+ +0,090	0,019+ +0,095	0,012+ +0,103
Сніжний накат	Нормальний	$\bar{x}=0,138$ $\sigma=0,063$	0,138	0,057+ +0,219	0,046+ +0,230	0,028+ +0,248
Ожеледь	Показниковий	$\mu=4,12$	0,243	0,100+ +0,386	0,081+ +0,405	0,049+ +0,437
Рихлий сніг	Нормальний	$\bar{x}=0,166$ $\sigma=0,076$	0,166	0,068+ +0,263	0,055+ +0,277	0,033+ +0,299

Висновки

1. На сьогодні дорожньо-транспортний комплекс є одним з найбільш суттєвих забруднювачів навколишнього середовища, що обумовлює необхідність вирішення проблем екологічної безпеки і зниження дії автотранспорту на середовище існування людини.

2. На формування транспортного забруднення придорожньої смуги здійснюють вплив три групи факторів: дорожні, природно-кліматичні і транспортні.

3. В рамках системного підходу запропоновано математичну модель для оцінки екологічного стану придорожньої смуги з урахуванням погодно-кліматичних умов та стану покриття.

4. Найвищий рівень забруднення придорожньої смуги спостерігається при ожеледі, найменший – при сухому покритті.

6. На основі статистичного аналізу встановлено закони розподілу концентрацій CO і NO₂ у придорожній смузі при різних станах покриття.

Література

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л., 1975. – 448 с. 2. Буренин Н.С. Исследование загрязнения атмосферы выхлопными газами автотранспорта. Автореф. к.т.н. Гл. упр. Гидрометеорологической службы при Совмине СССР, Гл. Геофизическая обсерватория им. Воейкова. – Л., 1977. – 18 с. 3. Васильев А.П. Проектирование дорог и влияние климата на условия движения. – М.; 1986. – 248 с. 4. Скорченко В.Ф. Дослідження впливів дорожніх умов на забруднення навколишнього середовища автомобілями: Автореф. к.т.н. / КАДІ, К., 1980, 229 с. 5. Сеттон С.Г. Микрометеорология (пер. с англ.). – Л., 1958. – 35 с. 6. Самодурова Т.В. Организация борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах по данным прогноза: Автореф. к.т.н. / МАДИ, М., 1992. – 235 с.

УДК 625.7/8

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ

FUTURE DEVELOPMENT CEMENT ROADS IN UKRAINE

Возний С.П., аспірант (НТУ, м. Київ)

Voznyy S.P., graduate student (NTU, c. Kyiv)

У статті порушена проблема якості існуючих автомобільних доріг та їх ремонту в Україні. Піднято питання, що заважає будівництву якісних доріг в Україні. Розглянуто переваги цементобетонних покриттів автомобільних доріг над асфальтобетонними.

Road transport represents one of the most important industries of Ukraine. The efficiency of the road transport is largely dependent on the technical level and state roads. Modern highways must ensure road safety, taking into account the physiological abilities of perception by drivers of road conditions. We solve it by building new roads and reconstruction of existing ones, improve transport and operating a network of roads that have arisen. In recent years significantly increased the burden on roads, transport facilities. This requires the construction of roads with more reliable and qualitative characteristics. One of the most promising materials that today compete with asphalt and used in the construction of transport is cement-concrete. The article analyzes and compares the advantages and disadvantages of cement-concrete coating over asphalt, cement and prospects of construction of roads in Ukraine. Affected by the quality of existing roads and their repairs in Ukraine. Raise the issue that hinders the construction of quality roads in Ukraine.

Ключові слова: автомобільна дорога, цементобетонне покриття, асфальтобетонне покриття.

Keywords: road, cement concrete pavement, asphalt concrete pavement.

Вступ. Дороги в Україні це одна з хвороб яку як не намагаються вилікувати і скільки б грошей і часу на це не витрачали отримати хороший результат поки не виходить. У нас більш поширена косметична ін'єкція у вигляді мільйонних вливань в «латання дірок».

На будівництво нових швидкісних доріг витрачається значно менше коштів, та й ці нові дороги через рік - два вже необхідно ремонтувати, тому що вони, на етапі будівництва вже старіють чи через нашу економію в фінансуванні, і необхідності покласти в дорогу стільки скільки потрібно матеріалу і не по найнижчим цінам (що не перевищує «граничні» адже дешеве це практично завжди погано), чи тому, що один раз зробивши добре, пропадає можливість додаткового заробітку, вже через кілька років, на ремонті цієї дороги. Кошти, що виділяються державою на будівництво і ремонт доріг це наші гроші, і дуже прикро, що вони йдуть на вічне лікування хворого не здатного ні коли одужати.

Україна це, перш за все транзитна країна, наше географічне положення дозволяє нам пропускати через себе основні транспортні потоки, але до нас поки не поспішають їхати, як кажуть краще в об'їзд хоч і довше зате швидше, і не слід забувати, що ми практично центр Європи і товаропотік з Європи в Азію і назад може і повинен проходити через нас. Україна не така велика, зі сходу на захід і з півночі на південь це трохи менше 1,5 тисячі кілометрів. І якщо уявити що у нас в недалекому майбутньому з'являться швидкісні дороги такі як наприклад дорога Київ-Бориспіль то при середній швидкості в 150 км/г Україну можна перетнути за 8-10 годин.

Для вирішення проблеми будівництва нових швидкісних доріг, звичайно ж, потрібна державна програма, з залученням як державних так і інвестиційних коштів. Шляхів багато потрібно тільки зробити правильний вибір і звичайно ж бажання. Прикладом може бути як Німеччина в довоєнні і після воєнні, так і США в 53-75 роки, завдяки державним програмам розвитку доріг, було побудовано в Німеччині 30 000 км і США 35 000 км доріг. І що характерно ці дороги і до сих пір, через десятки років служать на благо своїх Держав. І ще одна характерна деталь в ці роки і Німеччина і США були досить в жалюгідному економічному стані, майже, як і ми зараз.

Аналізуючи останні дослідження та накопичений світовий досвід будівництва та експлуатації автомобільних доріг свідчить про те, що більш вищі показники надійності та довговічності мають жорсткі дорожні одяги. Такі властивості притаманні конструктивним шарам з цементобетону, тому його використання, як одного з основних дорожньо-будівельних матеріалів в умовах дефіциту та високої вартості органічних в'язучих, є раціональним, перспективним та економічно обґрунтованим. Суттєвою обставиною, що визначає

перспективу розвитку будівництва цементобетонних покриттів, є обмежені запаси нафти, як основного джерела сировини для виробництва бітумів.

На відміну від бітуму запаси сировини для виробництва цементу є практично необмеженими. Вказана обставина, мабуть, служить причиною того, що навіть в тих країнах, де асфальтобетонні покриття мають економічні переваги в порівнянні з цементобетонними, з метою вдосконалення та розвитку конкуруючої технології, за рахунок державних субсидій підтримується будівництво цементобетонних покриттів на рівні 10-20% загального обсягу будівництва автомобільних доріг з капітальними типами покриттів. У зв'язку з великим терміном служби цементобетонних доріг в порівнянні з асфальтобетонним дорогами їх будівництво в майбутньому буде тільки рости.

У зв'язку із збільшеною в останні роки інтенсивністю руху автотранспорту, а найголовніше збільшення рівня динамічних характеристик, навантажень на вісь у великовантажних автомобілів і автопоїздів відбувається істотне зменшення термінів служби асфальтобетонних покриттів.

Це стало особливо очевидним в останні кілька років, коли клімат в Україні став помітно змінюватися, так літом в продовж тривалого періоду температура повітря перевищує $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. При такій температурі повітря, навіть у північній зоні України асфальтобетон нагрівається до температури вище $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$, при тому, що розрахункова температура асфальтобетонних шарів згідно з нормами на проектування нежорстких дорожніх одягів не перевищує $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура випробувань навіть в діючому стандарті на асфальтобетон обмежена $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. При такій температурі асфальтобетон поводить себе як пластичне тіло і його міцність становить менше 1,0 МПа (10 кгс/см^2). По виступах протектора з врахуванням коефіцієнта динамічності 1,3 тиск від колеса перевищує міцність асфальтобетону в денний період. Тому поява колії в перший рік експлуатації в південних регіонах України передбачуване й абсолютно закономірне явище. У результаті асфальтобетонні покриття автомобільних доріг, які становлять більше 95 % удосконалених покриттів в Україні, працюють в екстремальних умовах експлуатації. А основним руйнуванням на магістральних дорогах є колійність та ямковість. Для збереження доріг вводиться обмеження руху в денний період доби, що є вимушеним заходом і не вирішує проблему. [1]

Дорожній одяг з цементобетонним покриттям, є найбільш перспективними з точки зору підвищення несучої здатності і вимог до експлуатаційного стану дороги. Про це свідчить зарубіжний досвід будівництва доріг з цементобетонним покриттям, так як даний тип доріг відноситься до найбільш довговічних типів конструкцій дорожніх одягів.

Розвиток стратегії будівництва цементобетонних покриттів добре прослідковується у наших сусідів на заході.

У Німеччині у 70-ті роки минулого століття будувалося 30 % цементобетонних покриттів, у 80-ті близько 60 %, а у другій половині 90-х вже 62 %. Так само в Чеській Республіці, де в останні 15 років близько 65 % нових доріг були збудовані з бетонним покриттям. В інших європейських країнах, також постійно зростає частка цементобетонних доріг. Наприклад, в Австрії і Великобританії частка бетонних доріг більше 50 %. У Бельгії, цементобетонні шосе складають 40 %, а доля місцевих доріг побудованих за цементобетонною технологією складає близько 60 %.

В Україні більшість цементобетонних покриттів побудовані у 50-х – 70-х роках минулого століття. Майже всі вони потребують ремонту або вже відремонтовані з використанням асфальтобетонних шарів покриття. Із близько 170 тис. км доріг загального користування тільки 2,4 тис. км мають цементобетонне покриття, що становить всього 1,4%.

Автомобільні дороги із цементобетонним покриттям побудовані в останні роки (Київ – Ковель, обхід м. Житомира) знаходяться в доброму транспортно-експлуатаційному стані і здатні витримувати рух великовантажних транспортних засобів (**рис. 1**). [1]



Рис. 1. Вигляд автодороги із цементобетонним покриттям Київ-Ковель після більш як 10 років експлуатації

Метою роботи є дослідити, що будівництво цементобетонних доріг в Україні є перспективним і необхідним напрямком. Проаналізувати всі переваги і недоліки цементобетонних доріг.

Покриття з цементобетону влаштовують [2] на дорогах I, II і III категорій при великій інтенсивності руху (більше 3000 автомобілів на добу). Цементобетонні покриття знаходять все більше застосування завдяки своїй економічності та простоті експлуатації. Виробництво робіт по улаштуванню цементобетонних покриттів майже повністю механізовано.

Цементобетонне покриття являє собою плиту з бетону, покладену на міцну і стійку основу. В якості основ під бетонні покриття застосовують шари ґрунту, укріплених в'язучими, крупнозернистий або середньозернистий пісок, щебінь, гравій або гравійно-піщану суміш. Цементобетонне покриття на піщаній основі дозволяється укладати тільки на дорогах III категорії і при зниженій інтенсивності на дорогах II категорії. Основу влаштовують на 0,5 м ширше проїжджої частини з кожного боку. [3]

Бетон, призначений для влаштування покриття дороги повинен забезпечувати такі властивості:

- мінімальний проектний клас на розтяг при згині B_{tb} 4,4
- мінімальний проектний клас на стиск B 35
- рухливість (осадка конуса) П1 (1-4 см)
- морозостійкість F200
- модуль пружності $E_b = 36000$ МПа
- коефіцієнт Пуассона = 0,2

Товщину бетонної плити призначають з розрахунку з урахуванням розміру і характеру руху. Зазвичай плита має товщину в межах 18-24 см всієї ширини проїжджої частини та поперечний ухил для стоку води 10-15%.

Для будівництва покриттів, що працюють в середовищах з підвищеною агресивністю або при особливих умовах (наприклад, підтоплення) в даний час існують прості способи поліпшення експлуатаційних характеристик бетону. Наприклад, для додання бетону водонепроникності, підвищення захисних властивостей в агресивних середовищах, поліпшення якості та довговічності передбачено введення до складу бетонної суміші різних добавок в

тому числі і комплексних з використанням просочувальних складів для поверхневої обробки бетону.

Отже, використання комплексних хімічних добавок, дасть можливість реалізувати ефект незалежності від хіміко-мінералогічного складу цементу, і певною мірою від складу бетонної суміші. До того ж застосування комплексної добавки може давати і значну економічну вигоду.[4]

На морозостійкість, корозійну стійкість і довговічність цементобетону дорожнього покриття великий вплив має характер загальної пористості бетону, розмір окремих пор, їхня форма і взаємний зв'язок між ними. Ці фактори змінюються в процесі твердіння цементобетону та його експлуатації. Впливати на ці характеристики можна хімічним і фізичним методами.

Для підвищення зносостійкості і поліпшення деформативних властивостей бетону в його склад вводять спеціальні волокна - фібру. Тобто створення спеціальних бетонів, в залежності від умов їх експлуатації не є проблемою.

Досягнутий в даний час рівень знань і практичного застосування дозволяє забезпечити високу довговічність цементобетонних покриттів. Аналізуючи зарубіжні тенденції в застосуванні цементобетонних покриттів, слід зазначити виконувану в даний час в США програму наукових досліджень з удосконалення конструкцій і технології будівництва цементобетонних покриттів. Програма націлена на збільшення терміну служби таких покриттів до 60 років. Передбачається, що в результаті виконання програми буде створено нове покоління цементобетонних покриттів двадцять першого століття. Постановка такого масштабного дослідження вказує на складність досягнення поставленої мети, так як на дорогах з цементобетонних покриттів в США також було достатньо прикладів, коли покриття руйнувалися раніше проектного терміну служби. [5]

Необхідно відзначити також, що в разі передчасного порушення якості поверхні бетонного покриття (лущення, відколи крайок, знос і ін.) існують якісні ремонтні суміші, які наносять на ремонтвані поверхні без зупинки процесу експлуатації конструкції.

У бетонних покриттях здійснюють нарізку поздовжніх і поперечних швів, з метою забезпечення утворення швів з допустимими показниками по відкриттю зазорів в запроектованому

положенні щодо осей дорожнього полотна. Це запобігає утворення тріщин в бетоному покритті при його нагріванні влітку або охолодженні взимку.

Щоб отримані в результаті нарізки швів бетонні плити працювали спільно, в шви закладають металеві стрижні. Потім покриття вигладжують і на нього наносять шорсткість для поліпшення зчеплення колеса з покриттям. Після закінчення цих операцій наносять спеціальний плівкоутворювальний склад для того, щоб не допустити втрат вологи з бетону при твердінні, що може привести до його розтріскування. [6]

Результати досліджень вітчизняного та зарубіжного досвіду експлуатації цементобетонних покриттів і тривалі спостереження за цементобетонним покриттям дозволяють об'єктивно оцінити деякі недоліки покриттів даного типу, основними з яких є руйнування деформаційних швів; руйнування і відшаровування поверхневого шару бетону («лущення»), утворення великої кількості тріщин. Ці фактори частково стримують широке застосування бетонних покриттів. Лущення значною мірою визначається також наявністю температурних швів, навколо яких найбільш швидко й інтенсивно руйнується поверхневий шар. У зоні поперечних швів, як правило, зростає динамічний вплив колеса автомобіля: крайки плит і прилегла до них поверхню покриття сприймають додаткові навантаження. У силу цих та інших факторів поперечні шви викликають зниження міцності поверхневого шару бетону.

Але існує ряд аргументів на користь будівництва цементобетонних дорожніх покриттів. Найбільш важливими перевагами таких доріг є:

- істотно висока міцність, здатність пропускати всі види важкого автомобільного транспорту, сучасні технології дозволяють домогтися 20-30 річного терміну служби покриття, навіть за умови руху транспорту з навантаженням на вісь у 12 тонн, цементобетон має високу опірність втоми при повторних навантаженнях. На рівні навантаження 0,4 від руйнівного навантаження він витримує не менше 10 млн. повторних навантажень, а на рівні 0,3 - не менше 100 млн. повторних навантажень, іншими словами, запасу на втому 2,5 - 3,5 досить для забезпечення міцності покриття на вигин під дією руху практично будь-якої інтенсивності, навіть при числі проїздів розрахункових осьових навантажень, порівняно з пропускнуною спроможністю смуги руху;

- покриття з цементобетону набагато краще розподіляє тиск на розташовану під ним основу, ніж асфальтобетонне покриття тієї ж товщини, оскільки модуль цементобетона більше модуля асфальтобетона- в 10 і більше разів. Тим самим істотно полегшується робота земляного полотна при проїзді важких навантажень;

- стабільність деформаційних властивостей при зміні температури, механічні властивості цементобетона практично не залежать від температури, завдяки цьому влітку на цементобетонних покриттях не утворюється колія від накопичення пластичних деформацій, а взимку цементобетон не стає більш крихким, на відміну від асфальтобетону;

- постійне зростання міцності в часі при сприятливих умовах експлуатації, встановлено, що міцність бетону в дорожньому покритті у віці до п'яти років може збільшуватися в 1,3 ... 1,5 рази в порівнянні з проектною міцністю, а в віці до 25 років - до 2 разів (в залежності від кліматичних умов);

- термін служби покриттів до капітального ремонту при високій якості будівництва і нормальної експлуатації може досягати 50 років; Світова практика показує, що питома вага дорожніх одягів з цементобетонних покриттів в розвинених країнах, таких, як Німеччина становить 31%, в США - 35%, в Бельгії - 41%. Середній фактичний термін служби цих покриттів складає 26 років, дослідження, проведене в Німеччині, показало, що після 28 років служби, лише 5% бетонних покриттів потребують капітального ремонту, в той час як частка асфальтобетону складає 80-100%;

- забезпечується стабільне зчеплення цементобетонного покриття з колесами автомобілів, що не залежить від температури і слабо залежить від ступеня зволоження, висока шорсткість поверхні покриття, що допускає рух транспорту з великими швидкостями у вологу погоду, згідно з німецькими даними, число аварій на цементобетонних дорогах на 32% менше від кількості аварій на асфальтобетоні;

- менше нагрівання за рахунок світлої поверхні;

- бетонне покриття відображає світло краще, ніж асфальтоване, що дозволяє знизити рівень освітлення в темний час доби на автомобільних дорогах до 20%;

- наявність вітчизняної сировини;

- як показує практика, незначний обсяг робіт з поточного ремонту;

Висновки. З вищевикладеного можна підсумувати, що будівництво автомобільних доріг з покриттям із цементобетону враховуючи всі його явні переваги над асфальтобетоном в світі буде тільки зростати. Винятком є тільки Україна. В нашій країні необхідно розробити державну програму по будівництву цементобетонних доріг, адже всі необхідні складові компоненти для бетону у нас є і деякі навіть з надлишком як-то цемент який ми експортуємо в інші країни. У нас накопичений величезний досвід влаштування таких покриттів, в достатній кількості є вітчизняний кадровий, науковий і технічний потенціал.

1. Гамеляк І.П., Про необхідність будівництва в Україні автомобільних доріг із цементобетонним покриттям/ І.П. Гамеляк, А.С. Корецький, С.С. Корецький // науково-виробничий журнал № 5 (235) вересень – жовтень 2013 р. С. 24-31

2. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ВСН 139-80, - [Дата введения 1981–01–01]. – М.: Минтрансстрой, 1981. – 48 с.

3. Возний С.П. Перспектива застосування цементобетонного покриття на автомобільних дорогах / С.П. Возний // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ. – 2016

4. Дорошенко Ю.М. Модифікація цементобетонного покриття доріг гідрофобними добавками / Ю.М. Дорошенко, В.П. Сербін, О.Ю. Дорошенко // Науково-технічний збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, - ТОВ «Знання», - К.: 2013р. С. 17-23.

5. Радовский Б.С., Новые перспективы дорожного цементобетона в США / Б.С. Радовский// Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. - М.: — 2011. — No1.

6. Толмачев С.Н. Строительство автодорог с цементобетонным покрытием в Украине – реальность сегодняшнего дня/ С.Н. Толмачев // Автомобільні дороги. Будівництво, - науково-виробничий журнал № 4 (234) липень – серпень 2013р. с.36-40

УДК: 624.1: 332.54

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА

GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGY FOR THE TRANSPORTATION INDUSTRY OF URBAN CONSTRUCTION

Вяткін К.І., к.т.н., ас. (ХНУМГ, м. Харків), Нестеренко С.Г., к.т.н., ас. (ХНУМГ, м. Харків), Мамонов К.А., д.е.н., проф. (ХНУМГ, м. Харків).

Vyatkin K.I., candidate of technical sciences, assistant (O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv), Nesterenko S.G., candidate of technical sciences, assistant (O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv), Mamonov K.A., DSc in economy, professor (O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv)

У статті розглянуті актуальні проблеми та методи застосування геоінформаційних технологій для транспортної галузі міського будівництва. Запропоновані сучасні технології у всіх сферах діяльності міського будівництва і господарства в цілому.

In the article the problems and methods of using GIS technology for transport sector urban development. The proposed modern technology in all areas of urban development and the economy as a whole.

Today in our country is the rapid development of standardization of spatial information exchange formats, due to the understanding of the need to integrate different information data banks to achieve greater efficiency of GIS functionality.

The integration of these components allows you to create a single heoin - formational environment that serves as the basis for a new type of management.

Ключові слова: геоінформаційні технології, системи управління, міське будівництво, програмне забезпечення

Keywords: information technology, management, urban construction, software

Розвиток ГІС технологій у наш час набуває дедалі більшого значення. Застосування ГІС наповнене різноманіттям у сферах: землевпорядження, контролю ресурсів, екології, муніципального керування, транспорту, економіки, соціальних задачах, військової справи, геологічного моніторингу тощо. Нині існують ряд проблем у впровадженні та стрімкому розвитку ГІС технологій.

Сучасні ГІС технології у різних сферах діяльності – це системи апаратно-програмних засобів та алгоритмічних процедур, розроблені для цифрової підтримки, поповнення, управління, аналізу й синтезу, моделювання та образного відтворення (відображення) найрізноманітніших даних, параметрів ситуацій, які мають чіткі географічні координати, у відповідній області використання. Тому ГІС технології вимагають до себе сучасне інформаційне та математичне забезпечення, це один з найактивніших сегментів ринку нових комп'ютерних технологій, на яких працює багато фірм, серед яких ESRI, Autodesk, Leica Geosystems та інші [1].

Враховуючи масштабність заходів для впровадження інноваційних ГІС програм, вони потребують значного фінансування для реалізації та викликають певні труднощі в нашій країні. Адже очільники держави та власники і експерти приватних компаній в Україні не пов'язують отримання росту виробництва та підвищення доходів з впровадженням ГІС технологій. Через це переважна кількість пропозицій щодо розробки високотехнологічних інформаційно-аналітичних систем на платформі ГІС, які постійно надходять у різні галузі народного господарства від провідних ГІС-центрів України, не знаходять віддачі на сучасному ринку. Практична відсутність в Україні діючих стандартів інфраструктури просторових даних ще більш погіршує ситуацію, оскільки низький рівень особистих знань і досвіду розробників не підтриманий нормативними і методичними напрацюваннями в даній області.

ГІС — це закономірний етап на шляху переходу до безпаперової технології обробки інформації, який відкриває нові широкі можливості маніпулювання даними, що мають просторову прив'язку. Працюючи з ГІС, виводиться на екран комп'ютера одна чи більше цікавих карт (схем, планів і т. д.). Можливо легко змінювати детальність зображення, збільшуючи або зменшуючи

окремі елементи карти. Вказавши об'єкт на карті, можна одержати інформацію про нього.

З іншого боку, в міському будівництві є можливість використовувати ГІС як пошукової системи. У цьому разі складається запит, у якому перелічуються властивості об'єктів, а система виділяє на карті придатні об'єкти. Спеціальні засоби дозволяють проводити аналітичну обробку даних, а в складніших випадках – моделювання реальних подій. Результати обробки також можна побачити на екрані комп'ютера [2].

ГІС-засоби дозволяють з великою ефективністю і зручністю для користувача організувати в єдиний комплекс операції введення і відновлення вихідної інформації, її переробки та відображення результатів, вирішувати задачі так званого просторового аналізу в міському будівництві та кадастрі.

Геоінформаційні системи в транспортній галузі міського будівництва забезпечують автоматизований збір, обробку, зберігання, аналіз, відображення і розповсюдження просторово-координованої інформації. Ця сучасна комп'ютерна технологія забезпечує інтеграцію баз даних та операцій над ними, таких як запит і статистичний аналіз, з потужними засобами подання даних, результатів запитів, вибірок і аналітичних розрахунків у наглядній, легко доступній картографічній формі.

В міському господарстві є можливість оперативно прогнозувати можливі місця розривів на трасі трубопроводу, прослідкувати на карті шляхи розповсюдження забруднень та оцінити ймовірні збитки природному середовищу, розрахувати об'єм коштів, потрібних для усунення наслідків аварії. Іншим прикладом може бути задача оптимізації вартості перевезень вантажів між населеними пунктами з урахуванням характеристик транспортної мережі, об'єму перевезень та інших умов. Найбільш складні технологічні рішення включають в себе експертну підтримку і дозволяють отримувати на виході обґрунтовані висновки, придатні для прийняття конкретних рішень [3].

Для більшості типів просторових операцій кінцевим результатом є відображення даних у вигляді карти чи графіка. ГІС надає нові чудові інструменти, які розширюють і розвивають майстерність та наукові засади міського будування. З їх допомогою візуалізація карт може бути легко доповнена звітними документами,

тривимірними зображеннями, графіками і таблицями, фотографіями та іншими засобами, в тому числі мультимедійними.

Основні сфери застосування ГІС у транспортній галузі - підвищення об'ємів перевезення продукції, оптимізація систем транспортування і збуту. Цифрові карти є надзвичайно важливою інформацією через низку послідовних факторів, таких як мережеві потоки та типи завантаженості, пропускна здатність дороги, просторовий розподіл та аналіз маршрутів перевезень. При наявності такої інформації відкриваються необмежені можливості аналізу, прогнозу і оптимізації діяльності лінійних транспортних підприємств.

Широкого використання набуло ГІС в управлінні господарством. Сучасне муніципальне господарство складається зі значної кількості управлінь та служб, які взаємодіють між собою. Більшість із цих муніципальних підрозділів має достатнє технічне забезпечення і веде ті чи інші бази даних, необхідні для його роботи. Отриманий досвід і напрацювання дозволяють об'єднати ці розрізнені бази даних і представити їх на загальній електронній карті міста чи міського району. Використання засобів електронної картографії разом із наглядним і комплексним представленням інформації про підлеглу територію дозволяє створювати зручні та ефективні інструменти для прийняття управлінських рішень.

На електронній карті міста може бути представлена наступна інформація [4]:

- інфраструктура території, адміністративний поділ, органи управління і ін.;
- розміщення і стан муніципальних служб та об'єктів, в т.ч. водопровідна і тепломережа;
- контроль та планування роботи служб і розвиток їх структури;
- транспортна інфраструктура, диспетчеризація міського транспорту, стан мережі шляхів і планування ремонтів, аналіз існуючих та планування нових маршрутів;
- об'єкти зв'язку і комунікації, стан комунікаційної мережі, планування ремонту і розвитку мережі;
- покриття території підприємницькою діяльністю: місцезнаходження підприємств, фірм і т.п., організація поточних перевірок;
- геоінфраструктура торгівлі, громадського харчування та ін.;

- промислові об'єкти та їх вплив на екологію;
- ведення на карті новобудов, планованих та перспективних об'єктів;
- прив'язка до географічного об'єкту різноманітних матеріалів: фотографій, планів, креслень;
- формування звітів щодо стану підлеглої території, як за територіальними ознаками, так і за стандартними запитами;
- підготовка і проведення виборів. Формування списків виборців, меж виборчих дільниць.

Одним із окремих завдань є створення карти оперативної обстановки для управління міськими службами. Для вирішення цього завдання організовується загальний сервер, який містить як звичайні дані, так і географічно прив'язані. Операторський центр приймає з різних каналів інформацію і вводить її в загальну базу даних для архівації та виводу на електронну карту міста чи району. Центр управління оцінює обстановку і приймає рішення щодо управління ресурсами і взаємодії з підлеглими підрозділами.

Що ж стосується транспортної галузі, то для забезпечення рентабельності та надійності перевезень ГІС дозволяє управляти інфраструктурою, складати графіки руху, використовувати в інформаційних системах для пасажирів, роботи аварійних служб, планувати обсяги перевезень та маркетингової діяльності.

Застосування засобів роботи з просторовими географічними даними в поєднанні з наочним та комплексним відображенням інформації про транспортну систему дозволяє створити зручні та ефективні інструменти для прийняття управлінських рішень, оптимізації роботи як окремих підрозділів, так і усієї транспортної системи в цілому.

За допомогою впровадженої системи можна відображати та вирішувати наступні задачі [5]:

- розробка детальної карти усієї мережі магістралей, їх інфраструктура, адміністративний поділ та органи управління;
- відстеження стану шляхових мереж та проведення ремонтних робіт, вантажних терміналів та їх завантаженість, контроль за підпорядкованими службами та їх точне місце знаходження;
- проводити покриття прилеглих територій промисловими об'єктами - основними споживачами транспортних послуг, визначення їх потреби в рухомому складі за плановими

замовленнями. Створення допоміжної транспортної системи, об'єктів зв'язку та комунікації;

- отримання детальної інформації про пасажирські перевезення, маршрути та їх завантаженість. Проектування нових маршрутів, аналіз існуючих;

- вести аналіз транспортних потоків, завантаження вузлів та дільниць для збільшення економічної ефективності експлуатації мережі;

- відстежувати розподілення рухомого складу за територіальними дільницями магістралей в режимі реального часу, можливість швидкого перегрупування, уникнення заторів, нагромадження порожнього транспорту та перевантаження вузлів;

- оптимізувати комерційне використання рухомого складу, зменшити "холостий" пробіг, керувати транспортним навантаженням;

- запобігати наслідків аварій, швидко виділяти необхідні ресурси;

- планувати на карті нових об'єктів та шляхів. Прив'язка до географічного об'єкту різних матеріалів: фотографій, планів і т. д.;

- формувати звіти про стан керованої мережі, як за територіальними ознаками, так і за стандартними запитами і ін.

Окрім цього, засобами геоінформаційних систем при допомозі GPS-технології можна здійснювати постійне відстеження за місцем знаходження, за рухом важливих чи небезпечних вантажів. Застосування супутникового позиціонування спільно з електронними картами (геоінформаційними системами) відкриває широкі можливості для створення апаратно-програмних комплексів управління та стеження за транспортними засобами. Поєднання GPS-приймачів з вимірювальною апаратурою, яка контролює стан магістралей, дасть можливість завчасно виявляти появу небезпечних ділянок, локалізувати ремонтні роботи та підвищити безпеку руху.

Нині в нашій країні йде бурхливий розвиток стандартизації форматів обміну просторової інформації, обумовленої розумінням необхідності інформаційної інтеграції різних банків даних для досягнення більшої ефективності використання функціональних можливостей ГІС [6].

При появі нових сфер діяльності і поглибленні методів обробки геопросторової інформації з врахуванням кращих світових надбань,

з'являється можливість покращення моніторингу і прогнозу, проектування і моделювання, аналізу і контролю просторово-координованих даних, які ще недостатньо описані на сучасному етапі. Паралельно з цим, набуває актуальності розробка єдиної загальнодержавної нормативно-методичної бази для її використання як в окремих галузях промисловості чи народного господарства, так і для створення територіальної (регіональної) ГІС-моделі для вирішення окремих задач. Застосування ГІС дозволяє оптимізувати багато аспектів проектування і здійснювати аналіз проектів за допомогою програмного підходу. Наприклад, спеціальний механізм буферизації дозволяє ефективно вирішувати ряд проектних завдань. Буфером або буферною зоною називають область (в математиці околиця), яка залежить від об'єкту на відстані, що задається певною умовою або функцією. Найпростішим прикладом є постійна відстань. Для точкового об'єкта буферна зона означає коло. Для лінійного об'єкта «Трубку», для ареального об'єкта його подібність з вирізом в середині. Наприклад, використовуючи буферизацію, можливо автоматично за допомогою інструментарію ГІС визначити, смугу відведення вздовж проектного транспортного шляху.

ГІС зберігає інформацію у вигляді набору тематичних шарів. Цей підхід корисний при аналізі екологічної ситуації або при оцінці вартості земельних ділянок при впливі великої кількості факторів. Одна з унікальних властивостей ГІС - зв'язок даних реляційної бази даних з графікою відображається в картографічних зразках. Це дає можливість при введенні об'єкта в базу даних, отримувати його графічний образ на електронній карті. І навпаки, побудова або редагування графічного об'єкта на електронній карті ГІС призводить до появи або зміни відповідного запису в базі даних. Слід зазначити, що в ГІС зберігаються геодані, тому правильна назва бази даних ГІС - це база геоданих або БГД. БГД допускає широкий набір запитів, причому як у графічній формі, так і у звичайній для баз даних табличній формі.

Виходячи з цього, управлінські рішення слід розділити на моніторинг і власне управлінські дії. Основними завданнями управління, які розв'язуються за допомогою ГІС, є задачі: управління потоками, управління об'єктами транспортної інфраструктури, управління об'єктами нерухомості транспортної інфраструктури, ведення кадастру об'єктів транспорту,

забезпечення безпеки руху, прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях та ін. Застосування ГІС дозволяє оптимізувати багато аспектів транспортної діяльності. За допомогою геоінформаційних технологій можливо відстеження тимчасових змін транспортних потоків. ГІС не тільки дозволяють інтегрувати в єдину інформаційну середу різноманітну інформацію, але і надають різноманітні засоби візуалізації. Найчастіше кінцевим результатом є представлення даних у вигляді карти або графіка. В даний час для освоєння, управління та розвитку регіональних ресурсів широко застосовують геоінформаційні системи (ГІС) геоінформаційні технології (ГТ), телекомунікаційні системи (ТКС).

Інтеграція цих складових дозволяє створювати єдине геоінформаційне середовище, яке слугує основою управління нового типу [7].

Список використаних джерел

1. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии М.: «Финансы и статистика» 1998 г. - 288 с.
2. Розенберг И. Н., Цветков В. Я., Матвеев С. И., Дулин С. К. «Интегрированная система управления железной дорогой» / Под ред. В. И. Якунина. М.: ВНИИАС, 2008 164 с.
3. М. С. Гордій // Часопис картографії. - 2012. - Вип. 4. - С. 23-30.
4. Ho S., Rajabifard A., Stoter J., Kalantari M. Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? [Text] / S. Ho, A. Rajabifard, J. Stoter, M. Kalantari // Land Use Policy. 2013. – Vol. 35, N. 1. – P. 379-387.
5. Oosterom P. Research and development in 3D cadastres [Text] / P. Oosterom // Environment and Urban Systems. 2013. - Vol. 40, N. 1. – P. 1-6.
6. Official Site LeicaGeosystem. [Electronic Resource].- URL: <https://www.leica-geosystems.com/>.
7. Official Site Institute «Geo». [Electronic Resource].- URL: pgeo.ru.

УДК 625.7

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО
ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ АКУСТИЧЕСКОГО И
ВИБРАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГАХ**

**EXPERIMENTAL RESEARCHES ON DETERMINING THE
LEVEL OF ACOUSTIC AND VIBRATION POLLUTION ON
HIGHWAYS**

**Гавриш В.С., ассистент (Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет)**

**Gavrish V.S., assistant (Kharkiv National Automobile and Highway
University)**

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований по определению акустического и вибрационного загрязнения придорожного пространства населенных пунктов. Представлены нормируемые параметры для оценки уровней шума и вибрации. Проведен анализ полученных результатов экспериментальных исследований.

The article describes experimental researches on the acoustic and vibration pollution of roadside space settlements. The normalized parameters to assess the noise and vibration levels are presented. The analysis of the results of experimental researches

Ключевые слова: акустическое загрязнение, вибрационное загрязнение, придорожное пространство, шумовая характеристика и автомобильная дорога.

Keywords: acoustic pollution, vibration pollution, roadside space, noise performance and highway.

Постановка проблемы. В настоящее время весьма актуальным является вопрос учета влияния эксплуатационного состояния дорожного покрытия на акустическое и вибрационное загрязнение окружающей природной среды.

Акустическое и вибрационное загрязнение рассматривается как одно из наиболее агрессивных и распространенных видов загрязнения населенных пунктов, при этом их удельный вес среди факторов, неблагоприятно воздействующих на качество жизни и здоровье населения, постоянно увеличивается. От 60 до 70 % современных горожан проживает в условиях дискомфорта.

Стихийный рост интенсивности движения, ухудшение состояния покрытий и загруженность автомобильных дорог являются причинами превышения допустимых величин уровней шума и вибрации, регламентируемых санитарными нормами Украины.

Решение данных проблем возможно только при комплексном подходе, максимально учитывающем все нормируемые параметры шума и вибрации на исследуемых участках автомобильных дорог.

Анализ исследований. Проблеме акустического и вибрационного загрязнения населенных пунктов посвящены многочисленные исследования, выполненные зарубежными и отечественными учеными: Ф.В.Стольбергом, Г. Хафлингом, Р. Тэйлором, А.Ф. Адамсоном, А.Ю. Ваймелем, Toader Mihai, D.M. Herman, D.S. Sharp, И.Л. Карагодиной, В.Н. Луканиным, Я.В. Хомяком, В.Н. Покидько, В.П. Подольским, А.О. Крузе, Ю.Д. Силуковым, В.Э. Абракитовым и многими другими. Внедрению методов защиты от шума, как части общей проблемы обеспечения экологической устойчивости автомобильных дорог, способствовали работы В.Ф. Бабкова, М.Ф. Немчинова, И.Е. Евгеньева и других. Цикл исследований по транспортному шуму и способам защиты от него был выполнен проф. П.И. Поспеловым и проф. Г.Л. Осиповым [1, 2].

Цель работы – провести экспериментальные исследования по определению уровня акустического и вибрационного загрязнения на исследуемых участках автомобильных дорог. Сравнить полученные уровни шума и вибрации с допустимыми значениями, которые регламентированы государственными стандартами Украины.

Основная часть. Был выполнен ряд экспериментальных исследований по определению уровней акустического и вибрационного загрязнения придорожного пространства населенных пунктов. Измерения шумовой характеристики транспортных потоков проводились согласно ГОСТ 20444 – 85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики». Измерения уровней вибрации проводились согласно требованиям ДСН 3.3.6.0.39 – 99

«Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» [3, 4].

Измерение уровней звука и вибрации следует проводить интегрирующими шумомерами, комбинируемыми измерительными системами или автоматическими устройствами. Допускается применение шумомеров со стрелочным индикатором уровней звука, соответствующих ГОСТ 17187 – 81.

Для проведения исследований использовались три различных шумомера: стрелочного типа ШУМ-1М30, точный импульсный шумомер фирмы «Robotron» (немецкого производства) и измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2, которые допускается использовать согласно действующим нормативным требованиям.



Рис. 1. Натурные замеры уровней звука от транспортного потока на автомобильных дорогах М-03, М-18 и Р-46 (шумомерами Robotron и ШУМ 1М30)

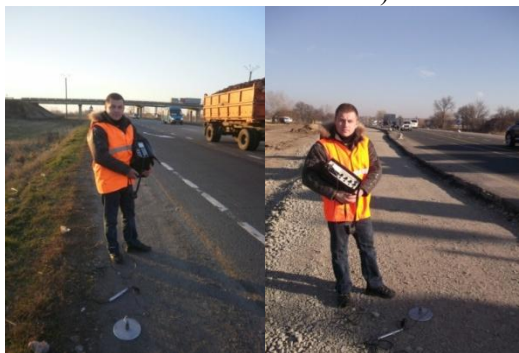


Рис. 2. Натурные замеры уровней звука и вибрации на участках автомобильной дороги М-03 (прибором ВШВ-003-М2)

Измерения проводились на участках автомобильных дорог общего пользования I, II и III-й категорий в пределах Харьковской

области: на участке автомобильной дороги М-03 Киев – Харьков – Должанское, км 468+500 – км 474, км 530 – км 538; участке автомобильной дороги М-18 Харьков – Симферополь – Алушта – Ялта, км 14 – км 20; участке автомобильной дороги Р-46 Харьков – Ахтырка, км 8+623 – км 17+800. На участках автомобильной дороги в пределах Полтавской области: М-03 Киев – Харьков – Должанское, км 281 – км 286, км 331+500 – км 337. Исследуемые участки автомобильных дорог были выбраны в соответствии с действующими нормативными требованиями для проведения измерений уровней шума и вибрации транспортного потока [5].

Значения интенсивности, ровности дорожного покрытия и коэффициента сцепления на исследуемых участках автомобильных дорог М-03, М-18 и Р-46 были определены Государственными службами автомобильных дорог в Харьковской и Полтавской областях. Данные значения приведены в виде таблиц и использованы для проведения расчетов уровней шума и вибрационной нагрузки придорожного пространства.

Таблица 1

Ровность дорожного покрытия и коэффициент сцепления на участке автомобильной дороги М-03 Киев – Харьков – Должанское, км 468+500 – км 474

От	До	Ровность для направлений, см/км		Коэффициент сцепления	
		Прямое	Обратное	Прямое	Обратное
км	км				
462	463	160	210	0,52	0,47
471	472	97	232	0,51	0,52
472	473	97	230	0,49	0,48
473	474	301	250	0,50	0,48
474	475	230	200	0,48	0,47

Шумовой характеристикой транспортных потоков является эквивалентный уровень звука $L_{A_{экв}}$ (дБА), в соответствии с ГОСТ 20444 – 85. Параметром, который нормируется, при оценке действия непостоянной вибрации является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения $L_{экв.кор.}$ (дБ), в соответствии с ДСН 3.3.6.0.39 – 99.

Таблиця 2

Ровность дорожного покрытия и коэффициент сцепления на участке автомобильной дороги М-18 Харьков – Симферополь – Алушта – Ялта, км 14 – км 20

От	До	Ровность для направлений, см/км		Коэффициент сцепления	
		Прямое	Обратное	Прямое	Обратное
км	км				
14	15	187	219	0,43	0,36
15	16	350	253	0,44	0,45
16	17	195	177	0,45	0,48
17	18	215	198	0,47	0,49
18	19	175	245	0,45	0,43
19	20	169	183	0,39	0,44
20	21	173	177	0,40	0,41

Таблиця 3

Ровность дорожного покрытия и коэффициент сцепления на участке автомобильной дороги Р-46 Харьков – Ахтырка, км 8 + 623– км 17 + 800

От	До	Ровность для направлений, см/км		Коэффициент сцепления	
		Прямое	Обратное	Прямое	Обратное
км	км				
8	9	253	361	0,35	0,35
9	10	297	222	0,35	0,35
10	11	203	246	0,43	0,42
11	12	214	216	0,40	0,40
12	13	245	363	0,33	0,34
13	14	252	276	0,33	0,34
14	15	267	253	0,32	0,32
15	16	229	272	0,33	0,33
16	17	295	310	0,35	0,35
17	18	217	218	0,35	0,35

Результаты экспериментальных исследований на каждом участке исследуемых автомобильных дорог М-03 Киев – Харьков – Должанское, М-18 Харьков – Симферополь и Р-46 Харьков – Ахтырка представлены в виде таблиц с вычисленным значением

эквивалентного уровня звука и эквивалентным скорректированным уровнем виброускорения, с учетом эксплуатационных показателей.

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований по определению уровня акустического и вибрационного загрязнения на исследуемых автомобильных дорогах

Исследуемые участки автомобильных дорог	Эквивалентный уровень звука, $L_{A_{экв}}$ (дБА)	Эквивалентный скорректированный уровень виброускорения, $L_{э.к.кор.}$ (дБ)
М-03, км 281 – км 286	83	86
М-03, км 331+500 – км 337	82	83
М-03, км 468+500 – км 474	85	87
М-03, км 530 – км 538	79	81
М-18, км 14 – км 20	77	80
Р-46, км 8+623 – км 17+800	81	82

Выводы. Выполнены экспериментальные исследования по определению акустического и вибрационного загрязнения придорожного пространства. Получены значения нормируемых параметров шума и вибрации на участках автомобильных дорог М-03, М-18, Р-46 в пределах Харьковской и Полтавской областей.

Полученные в ходе экспериментальных исследований значения нормируемых параметров значительно превышают допустимые уровни шума и вибрации согласно санитарным нормам Украины на 15 дБА и более. Приведенные в работе результаты указывают на необходимость уточнения методики оценки акустического и вибрационного загрязнения и принятия шумо- и виброзащитных мероприятий.

1. Стольберг Ф.В. Экология города. – К.:Либра, 2000. – 465 с.
2. Угненко Е.Б. Методология проектирования реконструкции автомобильных дорог с учетом экологических показателей моногр. / Е.Б. Угненко. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 184 с.
3. Силуков Ю.Д. Экологическая безопасность на автомобильных дорогах. Екатеринбург, 2004. – 221 с.
4. Шум. Оценка влияния дорожного покрытия на транспортный шум: ГОСТ 31330.1-2006. – М.: 2006. – 49 с.
5. Угненко Є.Б., Гавриш В.С. Визначення акустичного забруднення придорожного простору та основних шумових характеристик транспортного потоку. – Автошляховик України. – 2015. – № 6 (248). – С. 39-42.

УДК 658.152:69.057

**ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПЛАНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ, ЯК СИМБІОЗ
СУЧАСНИХ ВИМОГ ТА ЗАСТАРІЛИХ ПІДХОДІВ**

**PROBLEMS OF CONSTRUCTION PROJECTS
ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PLANNING AS A
SYMBIOSIS OF MODERN REQUIREMENTS AND OUTDATED
APPROACHES**

**Доненко І.В. к.т.н., доц., Якімцов Ю.В. аспірант, Джамалов А.А.
магістрант (ЗНТУ, м. Запорозжя).**

**Donenko I.V. Ph.D. senior lecturer, Yakimtsov Y. V. postgraduate
student, Dzhamalov A.A. undergraduate student (Zaporizhya National
Technical University, Zaporizhya).**

В рамках дослідження методів управління проектами в будівельному комплексі розглянуті ключові питання щодо реалізації перед проектною стадією будівельного проекту. Виявлено необхідність вдосконалення інструментів і традиційних методів підготовки організації будівельного виробництва та календарних планів проектів будівництва, в частині проведення передпроектного аналізу та формування структури проекту.

Within the frameworks of the research of project management methods in construction sector the key issues of implementation of project management pre-investment stage are considered. The necessity to improve traditional methods of the project management in carrying out pre-project analysis and forming organizational structure of a project manager company is discovered.

Analyze of the formation of scheduling was carried out in country such as Ukraine, on the basis of a comparison of methods of planning of the USSR and Ukraine. A number of differences between the past and modern planning methods are discussed. A list with the description of modern scheduling problems, their causes and consequences for scheduling in the present circumstances are presented. It has become quite clear that the problem is not only in the non-application of modern computer software, as well as a number of reasons due to the

peculiarities of the mentality that forces resort to such techniques as "parallel planning" with all its pros and cons of this method. It has become quite obvious that in order to manage projects as efficiently as possible in Ukraine should not only be based on the past experience, as modern conditions of construction too seriously differ from the conditions of the time.

Ключові слова: проект будівництва, організаційна структура у будівництві, календарний план, управління будівельним проектом, перед проектне дослідження.

Keywords: construction project, the organizational structure in the construction schedule, construction project management, prior design research.

Вступ. Під проектом розуміють комплекс науково-дослідних, проектно-конструкторських, соціально-економічних, організаційно-господарських та інших заходів, пов'язаних ресурсами, виконавцями та термінами, відповідно оформлених і направлених на зміну об'єкта управління, що забезпечує ефективність розв'язання основних завдань та досягнення відповідних цілей за певний період. Кінцевими цілями проектів є створення та освоєння нової техніки, технології та матеріалів, що сприяє виходу вітчизняної продукції на світовий рівень.

Постановка проблеми. Здійснення діяльності з використанням концепції управління проектами передбачає чітке опрацювання організаційної складової: створення організаційної структури компанії менеджер-проекту, чіткий і деталізований склад робіт по кожному етапу реалізації проекту (визначення зони відповідальності та рівень повноважень між інвестором, замовником-забудовником, підрядними організаціями та ін. сторонніми організаціями, що впливають на результат проекту), що ускладнює процеси організаційно-технологічного та календарного проектування і потребує їх розгляду.

Стан дослідження. Згідно із законом Лермана будь-яку технічну проблему можна розв'язати, маючи час і гроші. Проте наслідок цього закону уточнює: «Вам ніколи не вистачатиме або часу, або грошей» [6]. Саме з метою вирішення цього питання було розроблено методику СУП.

Для більшості проектів будівництва дійсний стан справ на практиці відображається в рис. 1. Маленька лінія показує, як спочатку планувався проект з урахуванням виділеного бюджету і термінів (очікувані результати). Велика відображає, то як на практиці виходить завершений проект, з урахуванням перенесення термінів здачі проекту і збільшення вартості проекту, тому що збільшення термінів завжди веде за собою до збільшення вартості.

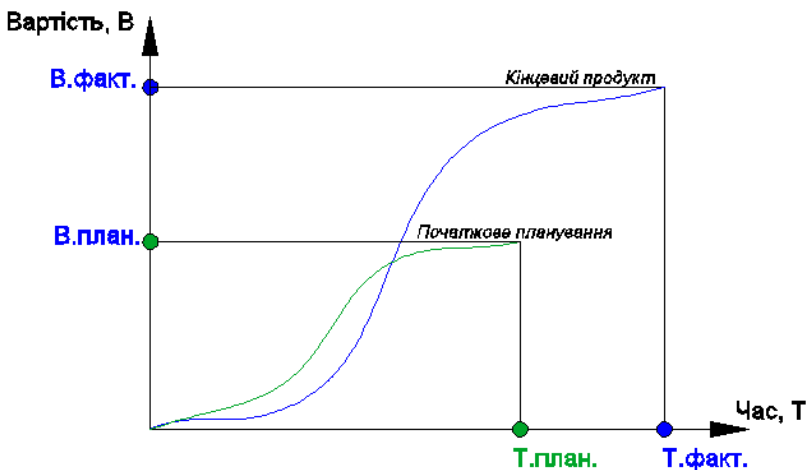


Рис. 1 Типовий графік для будівництва споруди

Виклад основного матеріалу. У науковій літературі, яка описує систему управління проектами (СУП), за часту відбуваються випадки, коли впровадження засобів автоматизації управління проектами на підприємстві не приносить необхідного позитивного ефекту [5,6]. Даний результат виходить в зв'язку з надмірною концентрацією на програмному забезпеченні, як на основний вид управління проектами, що призводить до того, що тільки лише одним програмним забезпеченням проблеми управління проекту не вирішуються.

Часто можна зустріти заяви про те, що використання навіть найпростіших і усталених методів управління проектами приносить відчутний позитивний результат при реалізації будівельних проектів. Можна згадати аналіз сучасного управління проектами П. Морісом, який говорить: «У промисловому будівництві управління проектами є загально визнаною практикою управління, але, тим не

мени, не вважається головною професійною дисципліною. У будівництві будівель і цивільному будівництві управління проектами надають ще менше значення, вважаючи його в найкращому разі продовженням управління на будмайданчику або оцінці витрат» [3, с 10]. Вирішення даної проблеми різними авторами полягає в наступному: впровадження управління проектами, як повноцінного управлінського контуру, що зачіпає питання зі стратегічного управління, організаційної та фінансової структури компанії, системи бюджетування, управління якістю, управління персоналом і багато ін. Головною метою якого є: забезпечити виконання проекту у конкретний термін і в межах виділених коштів відповідно до технічного завдання». Керівник проекту пильно стежить за трьома чинниками: термінами, бюджетом і якістю робіт. Ці чинники вважаються основними обмеженнями проекту.

На противагу цьому можна сміливо стверджувати, що подібні рішення проблеми справедливі тільки в великих компаніях які реалізують кілька проектів одночасно, або щодо великих проектів з великою кількістю учасників. Використання повноцінного управлінського контуру управління проектами в невеликих і середніх компаніях з реалізацією дрібномасштабних проектів (адмін. будівель площею до 10 тис. м.кв., багатоквартирних житлових будинків до трьох блок-секцій або індивідуальних будинків) є з комерційної точки зору - недоцільно. До того ж велика частина методів та інструментів управління проектами при реалізації невеликих проектів може застосовуватися в стислому вигляді або не застосовуватись зовсім. Наприклад немає необхідності купувати дороге програмне забезпечення таке як Primavera і інші, впроваджувати мережеві графіки, а можна з легкістю обійтися простою програмою як Microsoft Project - на сьогодні найбільш поширена у світі система управління проектами.

У книгах з управління проектами автори, розглядаючи формування життєвого циклу будівельного проекту, відштовхуються від структури життєвого циклу будівельного проекту, який включає в себе формування концепції об'єкта, його проектування, будівництво та експлуатацію [4]. З даної інформації утворюється традиційний життєвий цикл будівельного проекту:

- початкова стадія - дослідження можливостей;
- друга стадія - планування, проектування;

- третя стадія - виробництво;
- четверта стадія - введення в експлуатацію.

Найбільш актуальною, з точки зору аналізу, є початкова стадія – стадія дослідження можливостей, яка має на увазі аналіз і розробку концепції проекту, передінвестиційний аналіз і комплектація команди проекту. В першу чергу завдання зазначеної стадії є виконання маркетингового дослідження для конкретизації цілей проекту і створення його концепції. Досить часто в різних джерелах трапляється інформація про потенційного виконавця робіт на даному етапі, в багатьох випадках мається на увазі, що дана задача виконується силами менеджера проекту або інвестора в складі спеціально створюваних груп. Даний спосіб формування концепції проекту доречний тільки в реалізації проектів малих масштабів. У випадку з великими проектами ґрунтуючись на показаннях, отриманих з практики, доцільніше вдаватися до послуг спеціалізованих компаній, ніж утримувати власний штат повноцінної маркетингової служби.

Другим за рахунком, але не за важливістю є передінвестиційний аналіз. Склад робіт в рамках зазначеної стадії, наведений І.І. Мазуром, являє собою найбільш розгорнуте керівництво по вирішенню питань передінвестиційного аналізу в розрізі загальної теорії управління проектами [2]. Основним пакетом документів для аналізованої стадії, яка визначає концепцію будівництва, повинні виступати:

- проект планування території;
- проект межування території;
- містобудівні плани земельних ділянок;
- звіти про виконання комплексу інженерних вишукувань.

Узгодження, затвердження документації та проходження державної експертизи у встановленому порядку на даному етапі значно спрощують подальше проектування та планування. Окремої уваги потребує розрахунок вартості будівництва в ув'язці з поетапним планом освоєння території, що забудовується на стадії проекту планування. Так само в окремий блок потрібно виділити розрахунки ефективності інвестицій і складання графіка фінансування.

Найважливішим для успіху початковій стадії проекту і всіх наступних етапів, є склад команди проекту. За часту в типову команду проекту [4, с. 12], включаючи менеджера проекту входять:

керуючий проектом, головний інженер проекту, керівник з проектування, адміністративний керівник контрактів, керівник з постачання, керівник будівництва, координатор робіт по експлуатації, керівник фінансової служби, які на пряму підпорядковуються менеджеру проекту. Такий склад команди проекту видається малоефективним для реалізації великих проектів високого рівня, що не дозволить якісно виконати завдання управління проектом. Даний склад не може бути обраний для побудови організаційної структури інжинірингової компанії, що виконує функції замовника-забудовника.

Критерії вибору організаційної структури.

Можна виділити такі два підходи до формування груп:

- *функціональний* — фахівці однієї спеціальності, професії об'єднуються у функціональні підрозділи;
- *цільовий* — об'єднуються виконавці різних спеціальностей або функцій і працюють разом над якоюсь частиною проекту або завданням.

Поняття «організаційної структури» включає в себе, по-перше, організаційні форми і, по-друге, організаційні структури управління проектом.

Організаційна форма — це організація взаємодії та взаємовідносин між усіма учасниками проекту.

Форми організаційної структури повинні розглядатися на внутрішньому та зовнішньому рівнях.

Внутрішній рівень відбиває стосунки між окремими виконавцями і групами, які виконують проект. Зовнішній рівень передбачає наявність певної структури зв'язків між окремими виконавцями і групами, залученими до виконання проекту, їхніми материнськими підрозділами, відділами, компаніями. Серед зовнішніх організаційних структур виділяють такі основні форми: форма проектної команди, матрична організація, гібридна організаційна структура, структура модульного зв'язку. Основними формами внутрішньої структури є:

- внутрішня функціоналізація;
- федеральна організація;
- внутрішня матрична структура;
- дивізійна структура;
- централізована або децентралізована форми організації великих проектів.

Виходячи з вищевказаного документа найбільш ефективним і менш витратним є використання адаптивної лінійно-функціональної схеми побудови організаційної структури та впровадження в цю структуру за потребою матричних підструктур при зведенні декількох об'єктів одночасно.

Матрична ОСУ базується на функціональній структурі, відносини в якій будуються на вертикальних зв'язках — «керівник—підлеглий».

Для розв'язання конкретних проектних завдань у цій структурі створюються тимчасові творчі колективи (ГТК) чи тимчасові проектні групи (ТПГ), на чолі яких стоять керівники проектів.

Ці групи комплектуються з фахівців відповідних функціональних відділів. Взаємодія керівників проектів (КП) з функціональними відділами здійснюється по горизонталі, а також за традиційними вертикальними зв'язками, у результаті утворюється матриця взаємодії

Матрична структура дає можливість гнучко маневрувати людськими ресурсами за рахунок перерозподілу їх між проектами, але за умови збереження їх адміністративної належності відповідним функціональним відділам. Особливістю матричної структури управління є відсутність у керівника проекту контролю над персоналом, зайнятим проектом.

Керівник проекту визначає що і коли повинно бути виконано, а функціональний керівник вирішує хто і як буде виконувати роботу. За всі кінцеві результати роботи по здійсненню проекту, включаючи витрати виробництва, витрачений час і якість проекту, відповідає керівник проекту.

Використовуючи цей тип структури, важливо постійно слідкувати, щоб фактичні дані відповідали плановим, добре налагодити систему контролю за ходом виконання робіт по проекту, якістю виконання, витратами та термінами.

Керівник проекту повинен володіти детальною інформацією відносно всього проекту, а керівники відділів — відносно робіт, що виконуються їхніми відділами. На основі цих даних складаються звіти, які обговорюються керівниками проектів зі своїми групами. Обговорення можуть проводитись щотижня, а за необхідності - щоденно.

Існують такі види матричної організаційної структури: функціональна; балансова; проектна; контрактна.

Через специфіку будівельних проектів обов'язкова наявність головного енергетика в складі відділу капітального будівництва з повноваженнями на рівні заступника начальника відділу. Даний фахівець необхідний тому що:

- обмеження по енергоспоживанню проекту безпосередньо впливає на потужність (площа, продуктивність) зведених будинків і дуже часто при реалізації великих проектів є одним з обмежувачів.

- зношеність і висока завантаженість існуючих інженерних комунікацій практично всіх великих міст України вимагає розробки і виконання заходів щодо зниження пов'язаних з цим ризиків.

Для ефективною реалізації будівельного проекту так само потрібен відділ із земельних відносин і землекористування, функції якого полягають в наступному:

- контакт з власником земельних ділянок з питань їх купівлі;
- оформлення змін видів дозволеного використання земельних ділянок, їх об'єднання та поділ;
- оформлення прав на земельні ділянки у власність або оренду інвесторам проекту і т.д.

Потреба в наявності такого відділу особливо важливо при реалізації великих проектів в межах міської забудови, коли формування ділянки під забудову вимагає об'єднання великого числа дрібних земельних ділянок різної форми власності та видів цільового використання.

Але навіть при дотриманні всіх правил управління проектами, та підбору кваліфікаційної команди не гарантує успіху.

Дана ситуація відбувається повсюдно в різних країнах і континентах, це не є погано, це дійсність управління проектами. Для розуміння чому так відбувається на території країн України і Росії, можна навести кілька основних факторів викладених нижче.

При спробі оцінити тривалість і вартість будівництва об'єкта ми використовуємо досвід, залишений нам від СРСР, тому що основне велике будівництво як раз випало на 60-80 роки минулого століття. При складанні календарного планування великого комплексу або промислового об'єкта посилаємося на досвід СРСР, що не є зовсім коректним у зв'язку ряду причин: *законодавча база, нові вимоги екології, нові вимоги безпеки, додаткові обмеження, нова нормативна база, нові технології будівництва, розробка ПВР, тендери на поставку технічного обладнання.*

Нові вимоги до екології та безпеки об'єкта призводить до виконання додаткових обсягів роботи, як при виконанні проектної документації, так і в ході будівельно-монтажних робіт (БМР). Що зі зрозумілих причин призводить до збільшення вартості і термінів виконання проекту, на відміну від СРСР.

Нормативна база. При складанні зведених кошторисних розрахунків в житті як правило не враховується технологія будівництва, що впливає на оцінку вартості об'єкта, а згодом і на плани фінансування будівництва. Для коригування оцінки вартості будівництва об'єкта, без урахування технології використовується різні коефіцієнти, які занижують вартість підрядника, через що підрядник не може задовільно оплатити працю робітників, які в свою чергу звільняються, що призводить до плинності кадрів і некваліфікованого виконання робіт. Через падіння якості виконання робіт з'являються додаткові непередбачені переробки, які впливають на терміни і вартість.

Тендери на поставку технічного обладнання. Основні відмінності між методикою проектування на цій стадії СРСР і сучасної України полягає в тому, що в СРСР інженер-проектувальник сам вибирав і стверджував необхідне тех. обладнання для даного об'єкта. Даний метод дозволяв значно скоротити терміни виконання проектної та робочої документації, а отже збільшував якість видачі документації. Підвищення якості документації вело за собою зменшення кількості змін в самій проектної документації та зменшення кількості помилок при БМР. Все це в сумі дозволяло скоротити витрати і час.

На даний момент інженер-проектувальник не має право вказувати марку і фірму обладнання, а лише видає технічне завдання на закупівлю обладнання з його основними характеристиками. Після чого для закупівлі обладнання проводять тендери, для вибору оптимального варіанту «ціна / якість», даний захід займає від одного до декількох місяців. Для оптимізації термінів паралельно проект проходить експертизу. Після закупівлі обладнання, інженеру доводиться виконувати зміни в проекті конкретно під закуплене обладнання і в разі змін в розрахунковій схемі або змін конструктивних елементів потрібне додаткове проходження експертизи. Очевидно, істотна відмінність в бік збільшення термінів і вартості проекту між методикою СРСР і сучасної України, тому що

між етапами видачі проектної та робочої документації з'явився новий етап - «Закупівля обладнання».

Розробка проекту організації будівництва (ПВР). Методика СРСР в даному розділі передбачала, що всі технологічні рішення розробляв проектувальник спільно з генеральним підрядником призначеним замовником. На даний момент це не можливо, тому що генпідрядника вибирають, тільки після позитивного висновку держ. експертизи, з дозволом на будівництво. Внаслідок чого для отримання позитивного висновку держ. експертизи робиться попередній ПВР без урахування технологій і механізації майбутнього генпідрядника. Після вибору генпідрядника, знову потрібно переробка ПВР з урахуванням всіх технологій і механізмів генпідрядника.

Виходячи з усього вище викладеного повторити радянську модель планування неможливо, внаслідок чого з самого спочатку календарні плани мають багато неточностей і спочатку не здійсненні.

Для вирішення всіх цих проблем зазвичай використовується метод паралельного проектування, але це не є панацеєю. Метод паралельного проектування (рис.2) дає вигравш у часі, але забирає велику кількість ресурсів.

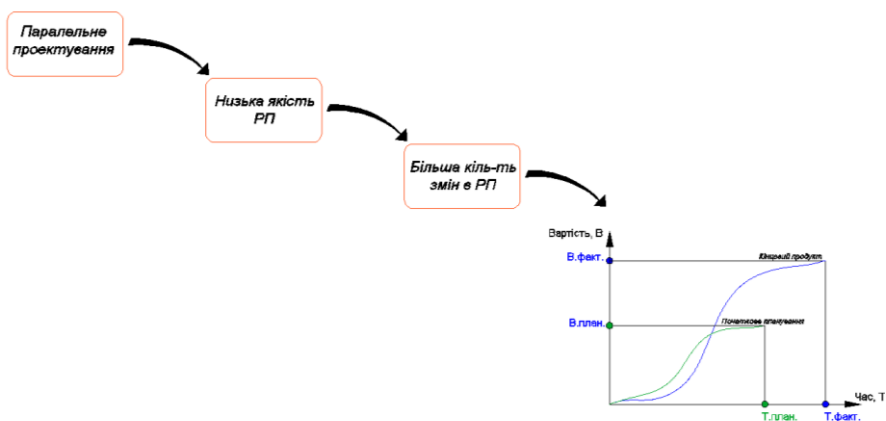


Рис. 2 Наслідки паралельного проектування

Також це додатково призводить до дуже великої кількості змін (рис.3) у проектній документації і найголовніше не захищає від

помилки на будмайданчику. Будь-яка зміна в проекті - це дезорганізація на будмайданчику і простої будівництва.

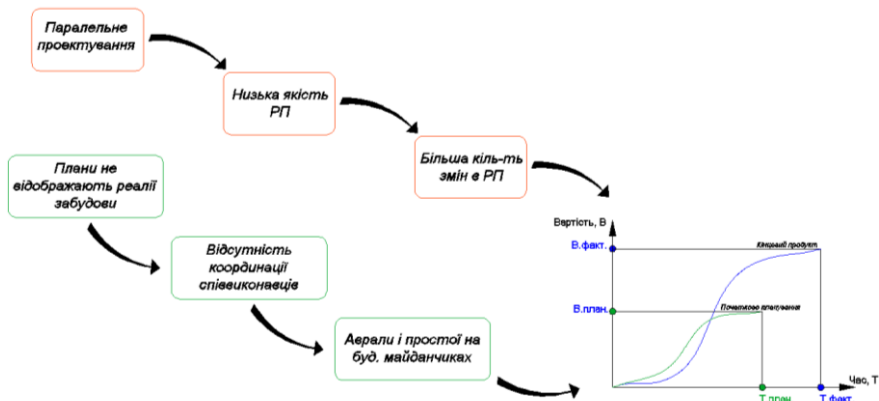


Рис. 3 Наслідки змін в проекті

Об'єднуючі перелік проблем, який наведено на рис.1 та рис.2, отримуємо загальну площину проблем календарного планування із елементами застарілої і неактуальної пострадянської системи у сучасних умовах розвитку будівельного ринку підрядних послуг (рис.4).

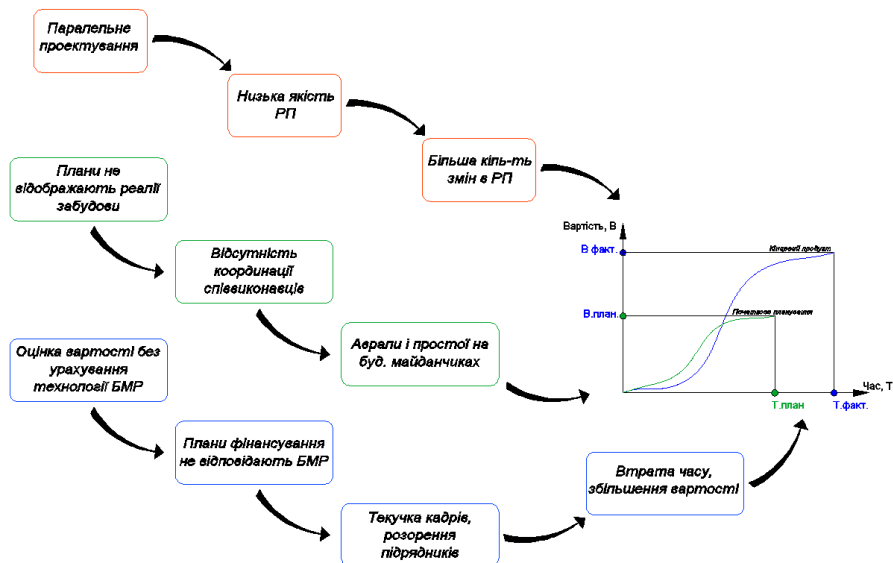


Рис. 4 Загальний графік проблем планування

Висновки. Отже формуючи висновок можна заявити про необхідність вдосконалення традиційних методів управління проектами для підвищення ефективності реалізації проектів в будівельному комплексі. Але при цьому слід врахувати розміри компанії і масштаби проекту, що реалізовується. Детальна розробка організаційної складової на початковій стадії реалізації проекту дозволяє збільшити ефективність від повноцінного управлінського контуру управління проектами, якщо враховувати, що у нас паралельне проектування, низька якість проектної та як наслідок робочої документації, то виконати хороший графік, що відображає реальну технологію будівництва об'єкта, практично неможливо, тому що деталізація його буде мінімальна, просто тому що немає всіх необхідних вихідних даних. Якщо до всього цього додається ще графік фінансування будівництва, який істотно впливає на будівельний процес, то коректно пов'язати між собою всі технологічні процеси з урахуванням всіх обсягів і механізмів неможливо. Виходячи з усього вищевикладеного такі явища, як збільшення термінів і вартості, всього лише слідство всіх зазначених проблем.

Список використаної літератури:

1. Містобудівний комплекс України від 18.05.2010 № 6400 [Електронний ресурс].
2. Мазур І. І., Шапіро В. Д., Ольдерогге Н. Г. Управління проектами: навч. посібник / Під заг. ред. І. І. Мазура 2-е вид. М., 2004.
3. Морріс П. Нерелевантне управління проектами, як фаховою дисципліною // Управління проектами. 2005. №3 (3).
4. Наносов П. С. Управління проектно-будівельним процесом: (теорія, правила, практика): навч. допомога. М., 2005.
5. Нікітенко С. Аромати кухні впровадження СУП. СІО. 2001. №4.
6. Полуєтков Д. Зліт і падіння менеджера - хронологія одного проекту. СІО. 2001. №9.

УДК 351

**АНАЛІЗ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА
АВТОМОБІЛЬНІЙ ДОРОЗІ Т-03-02 ШАЦЬКОГО РАЙОНУ
ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**THE ANALYSIS OF ROAD SAFETY ON THE ROAD T-03-02 OF
SHATSK DISTRICT, VOLYN REGION**

**Дробишинець С.Я., к.т.н., доцент, Бондарський О.Г., к.т.н.,
доцент, Павлів О.І., ст. гр. АДАМ-51 (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Drobysynets S.Y., Ph.D., docent, Bondarskyi O.G., Ph.D., docent,
Pavliv O.I. st. gr. ADAM-51 (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

У статті проаналізовано стан безпеки дорожнього руху в Україні, на прикладі дороги Т-03-02 Шацького району Волинської області. На підставі системного аналізу кращого європейського досвіду запропоновано шляхи щодо удосконалення безпеки дорожнього руху. Наведено державно-управлінські механізми для зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод в прикордонному районі.

The article analyzes the state of road safety in Ukraine on the example of the road T-03-02 of Shatskyi district, Volyn region. Based on a systematic analysis of best European practices suggested ways of improving road safety. State-management mechanisms to reduce the number of road accidents in the border area.

Today, for most countries effective road safety is one of the strategic pillars of national security. It is important this issue is for our country where, according to experts, the state of road safety and the consequences of road accidents are among the worst in Europe.

Ключові слова: дорожній рух, безпека дорожнього руху, державно-управлінські механізми, дорожньо-транспортні пригоди, європейський досвід.

Key words: traffic, traffic safety, state management mechanisms, traffic accidents, European experience

Реформування сектору транспорту та інфраструктури є одним з ключових секторів, які мають зазнати найсуттєвіших змін. Реформування транспортної галузі сприятиме розширенню масштабів надання галузям економіки і населенню високоякісних транспортних послуг, підвищенню якості транспортного обслуговування. Тому стрімкий розвиток та належне функціонування цього сектору здатні призвести до прискореного реформування і, як наслідок, потужного економічного зростання одночасно цілого ряду пов'язаних та залежних від транспорту галузей. Питання ж забезпечення безпеки дорожнього руху є чи не найголовнішими в забезпеченні належного функціонування транспортної інфраструктури.

На сьогодні для більшості країн світу ефективне забезпечення безпеки дорожнього руху є одною із стратегічних підвалин національної безпеки.

Вкрай актуальним є це питання і для нашої держави де, за оцінками експертів, стан безпеки дорожнього руху і наслідки дорожніх транспортних пригод є одними з найгірших у Європі.

Людина, її життя, здоров'я і безпека відповідно до статті 3 Конституції України визнані найвищою соціальною цінністю в нашій державі. Однак, порівняно з країнами Європи стан державно-управлінської діяльності органів державної влади із забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні є вкрай незадовільним.

На підставі системного аналізу найбільш сприятливих здобутків європейського досвіду нами проаналізовано особливості удосконалення державно-управлінських механізмів України у сфері безпеки дорожнього руху. *Першою складовою* у цьому напрямку є адаптація законодавства України у сфері безпеки дорожнього руху до законодавства Європейського Союзу.

На нашу думку, адаптація законодавства України у сфері безпеки дорожнього руху до законодавства Європейського Союзу сприятиме:

- вдосконаленню державно-управлінської діяльності щодо забезпечення безпеки дорожнього руху враховуючі кращу практику та стандарти ЄС;
- чіткому розмежуванню повноважень між органами виконавчої влади функції з питань убезпечення дорожнього руху, нагляду та контролю;

– формуванню позитивного іміджу України як привабливої транзитної та туристичної держави.

Найбільш вагомими державно-управлінськими рішеннями у сфері адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу по забезпеченню безпеки дорожнього руху повинні бути такі:

– розробка формалізованого механізму, який забезпечуватиме систематичний аналіз законодавства Європейського Союзу у сфері безпеки дорожнього руху;

– формулювання в нормативно-правових актах України завдань компетентним органам державної влади за стандартами європейської системи забезпечення безпеки дорожнього руху;

– внесення змін та доповнень у визначених законодавством України завдань органам державної влади всіх рівнів у сфері їх реалізації по забезпеченню безпеки дорожнього руху;

– адаптація до європейської моделі у сфері безпеки дорожнього руху нормативно-правових актів України, що визначають організаційну структуру та обсяг завдань органів державної влади.

Другою складовою є забезпечення ефективного управління дорожнім рухом. На сьогодні управління дорожнім рухом є незадовільним, через недосконалі технічні засоби (дорожні знаки, попереджувальні надписи, розмітки, світлофори, огорожі, світлові сигналізації) та недоліки у регулюванні руху.

Найбільш вагомими державно-управлінськими рішеннями у сфері забезпечення ефективного управління дорожнім рухом будуть такі:

– визначення законодавством України обов'язкових вимог до регуляторного і інформаційного забезпечення безпеки дорожнього руху;

– вжиття комплексних державно-управлінських заходів з метою зменшення кількості правопорушень, що сталися у наслідок дорожньо-транспортних пригод;

– удосконалення загальнодержавної інформаційної системи завчасного попередження водіїв стосовно порушень правил дорожнього руху;

– розроблення системи класифікаторів порушень безпеки дорожнього руху залежно від їх потенційної небезпеки.

Третьою складовою удосконалення системи державного управління у сфері безпеки дорожнього руху є дослідження причин виникнення ДТП та мінімізації їх негативних наслідків.

Найбільш вагомими державно-управлінськими рішеннями у цій сфері нами визначені:

- введення спеціальної процедури встановлення причин ДТП на базі обґрунтованих науково-експертних методик;
- розроблення ефективних профілактичних заходів з метою профілактики ДТП;
- створення реєстру ДТП, що мали тяжкі наслідки з метою аналізування та управлінського реагування органами державної влади і місцевого самоврядування щодо коригування правил, вимог, стандартів, програм;
- опрацювання класифікації чинників, що сприяють безпеці дорожнього руху чи викликають її порушення;
- аналіз та узагальнення результатів науково-дослідних робіт щодо проблем безпеки дорожнього руху та їх впровадження в практичну діяльність органів державної влади.

Підсумовуючи вищенаведене зазначимо, що удосконалення державно-управлінських механізмів у сфері безпеки дорожнього руху дозволить змінити негативну тенденцію надвисокої небезпеки дорожнього руху, скоротити число смертельних випадків, зменшити соціальні та економічні збитки від ДТП та покращити інвестиційний клімат та довіру міжнародної спільноти до України, як транзитної держави.

Предметом цього дослідження є дорожня інфраструктура Шацького району Волинської області, як прикордонного, на прикладі дороги Т-03-02.

Досягнення поставленої мети вимагає виконання наступних завдань:

- здійснення оцінки відповідності стану безпеки дорожнього руху на дорогах Шацького району вимогам державних норм та стандартів;
- дослідження поточного стану безпеки дорожнього руху на дорогах Шацького району (оцінка загальної довжини доріг, дорожнього покриття, дорожньої інфраструктури, дорожньої мережі);
- аналіз безпеки на дорогах району (кількість та причини дорожньо-транспортних пригод і транспортних засобів, що брали

участь в них; жертви та виконавці ДТП, час та обставини виникнення ДТП);

- розробка пропозицій щодо вдосконалення організації дорожнього руху, розроблення і розрахунок заходів, спрямованих на розвиток та удосконалення дорожнього руху та покращення безпеки дорожнього руху в Шацькому районі.

Методи дослідження. Теоретичною та методологічною основою дослідження є законодавчі та нормативні акти України: Конституція та закони України, укази Президента України, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, накази центральних органів виконавчої влади, чинні державні будівельні норми, а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених з питань державного управління у сфері безпеки дорожнього руху в контексті європейської інтеграції України.

Аналіз та оцінка проводилися за абсолютним та відносними показниками.

Аналіз безпеки і порядку дорожнього руху у Шацькому районі Волинської області в 2012-2015 роках здійснюється в рамках реалізації проекту (програми) №2862-03 (Проект (програма) покращення безпеки користувачів транспортної мережі на прикордонних територіях України, Білорусії та Польщі №ІРВU.01.03.00- 06-498/11-03, зареєстрована від 02.10.2015 року).

В Шацькому районі налічується 5 територіальних автомобільних доріг, 7 обласних автомобільних доріг та 11 районних автомобільних доріг.

Дорожню мережу Шацького району складають дороги місцевого значення:

- територіальні автомобільні дороги (Т-03-02, Т-03-06, Т-03-07, Т-03-14, Т-03-15),

- обласні автомобільні дороги (О 031694, О 031695, О 031696, О 031697, О 031698, О 031699),

- районні автомобільні дороги (С 031601, С 031602, С 031603, С 031604, С 031605, С 031606, С 031607, С 031608, С 031609, С 031610, С 031611).

Працівниками кафедри автомобільних доріг та аеродромів Луцького національного технічного університету проведено аналіз безпеки і порядку дорожнього руху на дорогах Шацького району Волинської області.

В даній статті проаналізовано стан безпеки дорожнього руху та якість дорожнього покриття на автомобільній дорозі Т-03-02 Піща - Шацьк - Любомль - Володимир-Волинський - Павлівка - Горохів - Берестечко - Козин - Кременець - до а/д М-06.

Територіальна автомобільна дорога Т-03-02 Піща - Шацьк - Любомль - Володимир-Волинський - Павлівка - Горохів - Берестечко - Козин - Кременець - до а/д М-06 загальною протяжністю 25,90 км проходить через такі населені пункти: с. Положеве, с. Піща, смт. Шацьк.

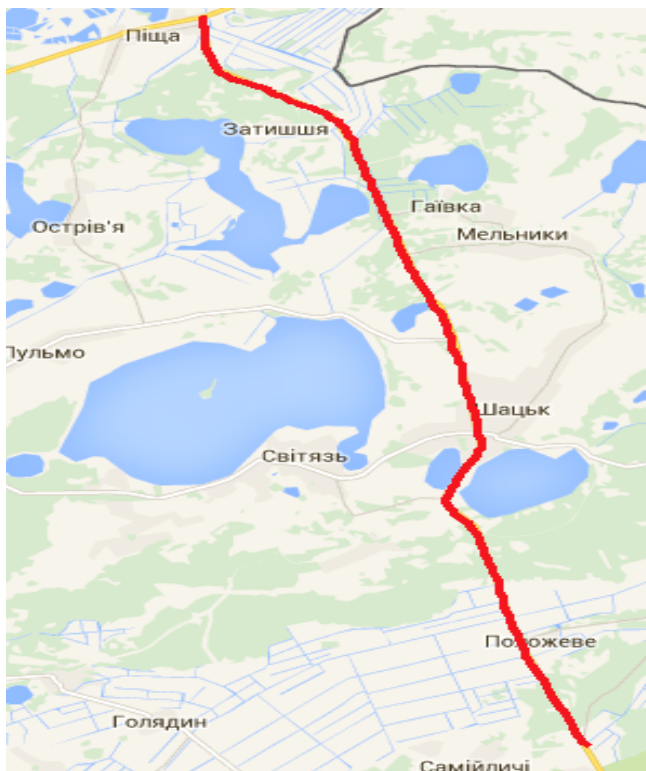


Рис. 1. План автомобільної дороги Т-03-02 Піща - Шацьк - Любомль - Володимир-Волинський - Павлівка - Горохів - Берестечко - Козин -Кременець - до а/д М-06.

На цій автомобільній дорозі в межах населених пунктів с. Піща та с. Положеве відсутні тротуари та велосипедні доріжки, це

призводить до погіршення умов руху, так як пішоходи та велосипедисти рухаються по проїзній частині. На ділянці ПК 139+30 – ПК 166+50 (смт. Шацьк) тротуари існують на ділянці ПК 154+60-ПК 164+20.

Для вирішення цієї ситуації необхідно влаштувати тротуари в смт. Шацьк на ділянці ПК 139+30 – ПК 154+60 та на ділянці ПК 164+20 – ПК 166+50 та велосипедні доріжки шириною не менше ніж 1,5м на ділянці ПК 139+30 – ПК 166+50 і в с. Піща на ділянці ПК 0+00 – ПК 5+20 з обох сторін від проїзної частини (тротуар та велосипедні доріжки), а в с. Положеве на ділянці ПК 226+67 – ПК233+35 з лівої сторони від проїзної частини (тротуар та велосипедні доріжки). Тротуар необхідно відділити від проїзної частини бортовим каменем.

Для покращення безпеки дорожнього руху і зменшення шумового і вібраційного забруднення необхідно провести заходи щодо покращення стану покриття. На а/д Т-03-02 від ПК 0+00 до ПК 263+00 покриття асфальтобетонне. На ділянці а/д ПК 0+00 – ПК 53+90 та ПК 110+38 – ПК 112+52 стан покриття має присутні дефекти у вигляді вибоїв, викришування і злущування (рис.2).



Рис.2. Стан покриття а/д Т-03-02 на ПК 0+00 – ПК 53+90 та ПК 110+38 – ПК 112+52 (вибої, викришування та злущування).

Необхідно провести заходи для покращенню рівності покриття і несучої здатності конструкції дорожнього одягу. Даними заходами потрібно передбачити на цій ділянці влаштування верхнього шару

покриття із асфальтобетону шириною не менше 7м у відповідності до параметрів III технічної категорії.

Для покращення безпеки дорожнього руху на а/д Т-03-02 необхідно забезпечити в темну пору доби вуличне освітлення в межах населених пунктів на ПК 0+00 – ПК 5+20, ПК 139+30 – ПК 144+65, ПК 145+00 – ПК 147+10, ПК 163+75 – ПК 166+50, ПК 226+67 – ПК233+35.

Для покращення організації дорожнього руху на а/д Т-03-02 Піща-Шацьк-Любомль-Володимир-Волинський-Павлівка-Горохів-Берестечко-Козин-Кременець-до а/д М-06 необхідно встановити відсутні дорожні знаки: 1.2 «Небезпечний поворот ліворуч» на ПК 12+00, ПК 15+30; 1.1 «Небезпечний поворот праворуч» на ПК 16+80, ПК 110+00; 1.12 «Вибоїна» на ПК 53+90; 5.35.1 «Пішохідний перехід» на ПК 81+65, ПК 81+92, ПК 148+58, ПК 155+02, ПК 197+93; 5.41 «Місце зупинки автобуса» на ПК 162+75, ПК 263+00; 1.22 «Перехрещення з другорядною дорогою» на ПК 95+50, ПК 110+70, ПК 142+55; 5.35.2 «Пішохідний перехід» на ПК 197+80 в прямому та зворотньому напрямках; 5.48 «Кінець населеного пункту» на ПК 226+67.

За зробленим аналізом безпеки і організації дорожнього руху на автомобільній дорозі Т-03-02 Шацького району можна зробити висновок про нестачу необхідних дорожніх знаків та відсутність розмітки, тому необхідно забезпечити організацію дорожнього руху відповідними знаками.

Стан дорожнього покриття на дорогах Шацького району незадовільний, присутні дефекти і деформації, що ускладнює безперебійний і рівномірний рух транспортних засобів, тому необхідно виконати передбачені роботи по ремонту та реконструкції дорожнього одягу.

1. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3-218-186-2004 – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2004. – 151 с. – (Стандарт Укравтодор).

2. Дорожні покриття. Методи вимірювання зчпних якостей : ДСТУ Б.В.2.3-8-2003 – К.: Держбуд України, 2003. – 25 с.

3. Ільченко В.В. Оцінка зчпних якостей дорожнього покриття за параметрами шорсткості його поверхні / В.В. Ільченко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Випуск 68. – К., 2003. – С. 45-47.

УДК 624.01

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ
В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ**

**THE PERSPECTIVES OF USE STEEL FIBRE CONCRETE
IN ROAD CONSTRUCTION**

**Дробишинець С.Я., к.т.н., доцент, Киричук М.В., аспірант
(Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Drobyshynets S. Y., Ph.D., docent, Kirichuk M.V., postgraduate
student (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

У статті описано застосування сталеві фібри для покращення експлуатаційних властивостей бетону. Наведено переваги фібробетону над звичайним бетоном. Докладно описано галузі застосування сталеві фібробетону в дорожньому будівництві. Описано досвід застосування жорстких дорожніх одягів в країнах Європи, США та Японії. Проаналізовано доцільність більш широкого застосування сталеві фібробетону при будівництві автомобільних доріг та аеродромних смуг.

In the article describes the use of steel fiber to improve the performance properties of concrete. An advantage over conventional fiber-reinforced concrete with concrete. Describes in detail the application of steel fiber concrete for road construction. The experience of the application of rigid pavements in the countries of Europe, USA and Japan. Analyzed the feasibility of wider use the steel fiber concrete in the construction of highways and airport bars.

Great use of steel fiber concrete found in the construction of highways and airport paving because of high load on them. Steel fiber improves impact strength concrete makes it suitable material for structures exposed to dynamic loads.

Ключові слова: сталеві фібробетон, фібра, фізико-механічні характеристики, дорожнє будівництво.

Keywords: steel fiber concrete, fiber, the physical and mechanical characteristics, road construction.

Основним показником розвитку держави є стан автомобільно-дорожньої галузі. Адже наявність розвинутої транспортної інфраструктури для України дало б можливість мати великі надходження до бюджету тільки за рахунок транзитного транспорту.

Всі колишні програми будівництва доріг в Україні, були складені з розрахунком на наявні гроші. У програмі модернізації немає розбивки по роках, обсягами та інвестицій в реконструкцію, в підпрограмі взагалі немає питань технічної політики.

Вся стратегія дорожнього будівництва полягає в тому, щоб утримати дорожню мережу від колапсу. Ні в одному документі планування будівництва доріг не йдеться про впровадження будь-яких нових технічних рішень. Ставку автоматично пропонується робити на асфальт - вкрай недосконалу технологію, особливо в кліматичних умовах нашої країни. Асфальт є нежорстким покриттям з низькою морозостійкістю, погано реагує на спеку, страждає яскраво вираженою колійністю, працює всього від двох до п'яти років, особливо в умовах наростання максимальних навантажень на задню вісь вантажівок і фур, фактично вони вже доходять до 12 тонн, і значного зростання числа автомобілів. При таких навантаженнях дороги з «асфальту на щебені» просідають, виходячи з ладу набагато раніше будь-яких гарантійних термінів.

Вихід з ситуації, що склалася вітчизняні вчені бачать в будівництві доріг з бетонною основою: «Бетонні дороги довговічніші за асфальтобетонні в п'ять-шість разів. При використанні бетону надмічних марок термін служби доріг може досягати 50 років і більше, з часом цей матеріал стає тільки міцнішим.

За статистикою в Європі і США частка цементобетонних доріг доходить до 30-40%, в дійсності ж показники використання бетону в цих країнах, де клімат значно м'якший, в два рази вищий.

Практично всі дороги будуються там з бетонною основою, на яку нанесений тонкий шар асфальту. Таке нескладне інженерне рішення, власне, і називається асфальтобетоном. У той час як в Україні цей термін застосовується щодо традиційного асфальтового покриття, де сполучною речовиною виступає бітум, а не цемент.

Це при будівництві нових автодоріг. Але в нас автодороги з «асфальтом на щебені» складають 99%. І якщо щорічно не вкладати

гігантські суми для підтримки їх в робочому стані, то через кілька років колапс дорожньої мережі неминучий.

Сталефібробетон за кордоном і в Україні.

Але вихід є, і він підказаний світовою практикою. Одним з перспективних напрямків стратегії розвитку конструкцій жорстких дорожніх одягів є безперервне дисперсне армування монолітних цементобетонних покриттів і основ. Перші невеликі ділянки доріг з безперервно дисперсно-армованими бетонними покриттями були побудовані в США (штат Індіана) в 1938 році. За наступні двадцять років, до 1953 року, в США в дослідному порядку було побудовано 55 км безперервно армованих покриттів, а з 1959 року почалося їх масове будівництво. До 1966 року загальна довжина покриттів цього типу становила 3630 км, в 1968 році - 8000 км, в 1971 році - 16 000 км і до 1975 року досягла 35000 км. Починаючи з 1960 років безперервно армовані покриття застосовуються також в Англії, Німеччині, Швеції, Швейцарії, Австралії та інших країнах.

У США і Англії великого поширення набули безперервно дисперсно-армовані основи асфальтобетонного покриття. У більшості випадків безперервно дисперсно-армовані покриття застосовуються також в якості посилення існуючих дорожніх одягів. При цьому виділяють наступні три різновиди конструкцій посилення асфальтобетонних покриттів: товсті бетонні шари товщиною понад 15 см, тонкі шари товщиною від 10 до 15 см і ультратонкі шари товщиною 5-10 см. Ультратонким шарам приділяється найбільша увага.

Перші експерименти з ультратонкими бетонними шарами були розпочаті в США на початку 1990 років і потім дослідні роботи були виконані в Мексиці, Канаді, Швеції, Франції, Англії, Австралії та Бразилії. В результаті ці конструкції були рекомендовані для відновлення й ремонту асфальтобетонних покриттів на дорогах з важким рухом, де спостерігається інтенсивне колієутворення.

Для нашої країни це оптимальний вихід із ситуації. У випадку коли 99% автодоріг - це «асфальт на щепені», можна за рахунок застосування супертонких безперервно дисперсно-армованих шарів без великих витрат перетворити їх в дороги з жорсткою сталефібробетонною основою. Це підвищить їх категорійність (в залежності від товщини супертонкого шару - від 5 до 10 см), усуне питання колієутворення за рахунок застосування мінімально

допустимих шарів асфальту або ЩМА з подальшим зниженням в рази витрати на експлуатацію.

Сталефібробетон - це будівельний матеріал, що складається з бетону (матриця) і сталеві фібри (армуючі волокна). В результаті рівномірного хаотичного введення сталеві фібри в бетонну матрицю сталефібробетон набуває нових властивостей, істотно відрізняють його як від бетону, так і від залізобетону. Основна конструктивна ідея сталефібробетону полягає в тому, що хаотично розташовані сталеві волокна є новим видом армування для структури бетону на етапі до утворення тріщини і на етапі роботи матеріалу з тріщинами, тим самим набуваючи нові конструктивні властивості. Так, у разі відсутності сталеві фібри в бетоні мікротріщини по мірі їх накопичення перетворюються на макротріщини і приводять до руйнування бетону або втрати таких властивостей, як водонепроникність морозостійкість, стійкість до агресивних впливів і т.д. Армування бетону сталевими фібрами значно збільшує жорсткість бетонної матриці, підвищуючи міцність на розтяг. У результаті в сталефібробетоні з'являються тріщини при значно більших навантаженнях і мають дуже маленьку ширину розкриття, ніж у звичайному залізобетоні. Такий матеріал в стадії експлуатації працює з обмеженим розкриттям тріщин і при цьому має досить високу міцність на розтяг.

Сталефібробетон завдяки введенню в його структуру сталеві фібри, має підвищену міцність на розтяг, а також більш низькі значення деформації усадки і повзучості порівняно з бетоном.

Таким чином, даний матеріал володіє набором унікальних властивостей:

- високою граничною розтяжністю і роботою без тріщин або з малою шириною їх розкриття у стадії експлуатації;
- високою водонепроникністю;
- високою корозійною стійкістю і довговічністю;
- підвищеною міцністю на розтяг;
- підвищеним модулем пружності;
- високою питомою енергією руйнування - в 20-40 разів більшою, ніж у бетону, в тому числі при дії ударів та інших динамічних і сейсмічних навантажень;
- високою термостійкістю, включаючи вогнестійкість;
- хорошим опором стиранню;

- пониженими деформаціями повзучості і усадки в порівнянні з бетоном.

Сталефібробетон – це майбутнє дорожнього будівництва. Бетонне покриття дорожче асфальту в 2 рази, тому кругом транспортні магістралі будують з асфальту. Однак якщо поглянути на вартість будівництва і утримання доріг, врахувавши всі можливі витрати, то економічна вигода заміни асфальтового покриття бетонною наявна. Так, при повному дотриманні технології укладання, перший ремонт асфальту необхідний вже через 3 роки після здачі дороги в експлуатацію. Заливка тріщин, засипка і заливка ям - не повний перелік робіт. У той час як бетонна дорога не потребує косметичного ремонту перші 10 років експлуатації. Приблизно через 7-8 років вартість будівництва і утримання асфальту і бетону зрівнюється, а пізніше бетонна дорога стає дешевшою, так як термін її експлуатації понад півстоліття.

Зекономлені від застосування сталефібробетону кошти можна направити на будівництво нових автодоріг зі сталефібробетонною основою (потрібно шар 11-13 см товщини СФБ замість 22-24 см традиційного армованого бетону для автодоріг 1 і категорії). Це шанс без будь-якого значного збільшення фінансування отримати довговічні дороги.

«Сьогодні продавати сталефібробетон неймовірно важко, а повинно бути легко», - говорить Майкл Плей, який працює директором з маркетингу в компанії Commercial Metals, США, що виробляє сталеві волокна для фібробетону.

Майкл Плей довгий час працював в інституті залізобетонних виробів м Шаумбурга (штат Іллінойс), який є лідером з використання і популяризації фібробетонних покриттів у США. Він стверджує, що дороги в Техасі та Іллінойсі є, напевно, найкращою рекламою сталефібробетону (рис.1), а також служать майданчиком для вивчення його переваг і недоліків.

Дорожні покриття зі сталефібробетону більш рівні й довговічні в порівнянні з традиційними, бетонними. Армування сталевим фіброю забезпечує надійне зчеплення покриття навіть при створенні та розвитку мікротріщин через зсув основи, температурних факторів (заморожування-відтавання) і інших негативних впливів. Такі мікротріщини виключають необхідність створення пропиляних швів (як в традиційному бетоні), роблячи таке дорожнє покриття більш рівним і гладким.



Рис.1 Влаштування покриття із сталефіробетону.

Використання фіробетону дозволяє не тільки отримати більш рівні дорожні покриття, але і істотно продовжити термін їх служби (до 30-40 років). Дорожній одяг, в яких використовується фіробетон, рідше вимагає ремонту і перекладки, що дозволяє економити значні кошти і окупити початкові капіталовкладення. При укладанні таких покриттів не потрібно спеціального устаткування, а Інститутом залізобетонних покриттів - лідером серед дослідницьких установ штатів Іллінойс і Техас - проведені всі необхідні випробування і складена методика розрахунків.

У штаті Іллінойс сталефіробетон використовується з 50-х років двадцятого століття; одним з найбільш вдалих і показових прикладів його застосування служить реалізований проект вартістю 1 млн. доларів з реконструкції автодороги Dan Ryan Expressway на магістралі I-90/94. Дослідження Університету Іллінойсу дали поштовх до більш широкого використання цього матеріалу на великих дорогах в районі м Чикаго і м Іст-Сент-Луїс та в інших містах США.

Раніше покриття багатьох з цих доріг зношувалися і руйнувалися, не прослуживши і розрахункового терміну в 20 років. Пізніше науковці виявили, що недостатнє використання армування істотно знижує термін служби дорожніх покриттів. Наприклад, в

70-х роках минулого століття - під час стрімкого зростання цін на сталь - були побудовані кілька доріг з використання армованого бетону. Однак підрядники, намагаючись заощадити, знижували вміст сталеві арматури в бетоні нижче рекомендованого значення (0,6% сталі в бетоні товщиною 18 см). Сьогодні цей параметр встановлений на рівні 0,8%.

Згодом інженери навчилися уникати таких помилок. Наприклад, дослідження, проведене в Техасі, показало, що бетон, що укладається при температурі навколишнього повітря нижче 80 градусів за Фаренгейтом, більш міцний і менше схильний до руйнування, тому в даний час укладання бетону в спекотні дні зведені до мінімуму.

В Японії пішли ще далі, побудувавши з сталеві фібробетону національне шосе. Відмінна риса технології - укладання 30-метрових ділянок покриття без усадочних швів. У різних країнах досить успішно застосовують дисперсне армування при будівництві доріг, використовуючи від 40 до 120 кг фібри на 1 м.куб. За словами науковців, дороги, побудовані з використанням сталеві фібри, витримують великі навантаження, зокрема транспорт загальною вагою понад 100 тонн, а трудовитрати на їх будівництво і утримання значно нижче.

На основі накопиченого вітчизняного і зарубіжного досвіду можна назвати раціональні області ефективного застосування сталеві фібробетону.

споруди, які підлягають динамічним впливам:

- майданчики для запуску ракет;
- дорожні, аеродромні і ракетодромні покриття;
- мостові конструкції;
- підлоги промислових будівель;
- берегоукріплювальні і фортифікаційні споруди; хвилерізи, вантажні покриття портових причалів;
- забивні палі;
- приміщення підвищеної надійності - комори зберігання цінностей (сейфові приміщення).

ремонт транспортних споруд:

- при посиленні цементобетонних і асфальтобетонних покриттів;

- для підсилення дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям на дорогах з важким рухом (поверх старого покриття пристрій СФБ одягу);
- в Челябінську розроблені збірні попередньо напружені сталеві фібробетонні плити для дорожнього і аеродромного будівництва типу ПАГ;
- в США СФБ використаний при влаштуванні стоянки техніки будівельного підрозділу західної дивізії військово-морського флоту.

покриття прогонових будов мостів:

- влаштування сталеві фібробетонного покриття настилів мостів дозволяє зменшити навантаження від власної ваги (у зв'язку зі зменшенням його товщини), запобігає виникненню деформації покриття.
- застосування волокон з нержавіючої сталі, дозволяє отримати матеріал з високою корозійною стійкістю. Розроблено матеріал двох різновидів: SIFCON (slurry infiltrated fiber concrete) і SIMCON (slurry infiltrated mat concrete).
- з SIFCON були виготовлені збірні плити товщиною 5,1 см, які використовувалися в аеропорту під шасі літаків БОІНГ-727.
- на металургійному заводі з СФБ SIFCON були виготовлені збірні плити для захисту підлоги від розплавленого металу товщиною 2,5 см;
- японські фахівці створили конструкцію проїжджої частини моста, що представляє собою сталеві силові елементи плити і силове покриття з СФБ. Таке рішення дозволило збільшити жорсткість плити, а коефіцієнт демпфірування даної конструкції збільшився на 50%, при зниженні місцевих деформацій.

аеродромні покриття:

- у СФБ покритті злітно-посадкової смуги аеродрому (США, штат Невада) при багаторазово повторюваного навантаження від великих військово-транспортних літаків типу С5а (12 коліс, по 13600 кг на колесо) перша видима тріщина з'явилася після 350 пробігів (в бетонному - через 40 пробігів). СФБ покриття було придатне до експлуатації і після 8735 пробігів.

Велике застосування сталеві фібробетон знайшов при будівництві автомобільних доріг та аеродромних покриттів через високі навантаження на них. Сталева фібра значно покращує ударну

міцність бетону робить його придатним матеріалом для конструкцій, схильних до динамічним навантажень.

Сталефібробетон сприймає навантаження за рахунок гнучкості. Такі покриття забезпечують економію палива для важких транспортних засобів в порівнянні з асфальтовими покриттями. Всі ці фактори дозволяють зробити висновки, що фібробетонні покриття є найбільш вигідним типом дорожнього покриття як з технічного боку так і з економічного. Проте, нинішня висока вартість волокон (фібр) в багатьох регіонах може не виправдати їх використання, незважаючи на зниження витрат за рахунок збільшення життєвого циклу і обслуговування. Для впровадження більш широкого застосування сталеві фібробетонних покриттів при будівництві автомобільних доріг та аеродромних смуг, необхідно розвивати альтернативні джерела виготовлення фібри.

1. Билозир В.В. Образование и раскрытие трещин в нормальных сечениях изгибаемых сталефибробетонных элементов на фибре из листа: Дис ... канд.Техн.наук: 05.23.01-М., 1991. - 164с.

2. Сунак О.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых комбинированно армированных сталефибробетонных элементов: Дис ... канд. техн. наук: 05.23.01.-Киев, 1986. - 175с.

3. Сунак О.П. Сталефібробетонні конструкції: Навч. посібн. - Луцьк: Media, 1999. - 158с.

4. Трамбовецкий Б.П. Бетон, армированный дисперсной арматурой // Бетон и железобетон. -1974. - №2. - с 40-42.

5. Бабич Є.М. Використання сталеві фібробетону для дорожньо-транспортних споруд / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук, І.М. Ясюк // Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. – К., КНУБА, 2014. Випуск № 54. – С. 33– 41.

6. Бабич Є.М. Застосування сталеві фібробетону в дорожньому будівництві / Є.М. Бабич, О.В. Андрійчук, С.О. Ужегов, І.В. Шаповал // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Науково-технічний збірник. – Луцьк, Луцький НТУ, 2015. Випуск № 4. – С. 3– 9.

7. Дробишинець С.Я. Дослідження впливу дисперсного мікроармування на фізико-механічні властивості бетону / С.Я. Дробишинець, М.В. Киричук // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Науково-технічний збірник. – Луцьк, Луцький НТУ, 2015. Випуск № 4. – С. 38 – 47.

УДК 625.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОМБІНОВАНИХ В'ЯЖУЧИХ НА ВЛАСТИВОСТІ ЩЕБЕНЕВО-ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ

THE INVESTIGATION OF THE COMPOSITE BINDER INFLUENCE ON THE AGGREGATE MIXES PROPERTIES

**Жданюк В.К., д.т.н., проф., Костін Д.Ю., н.с., Арінушкіна О.О.,
аспірант (Харківський національний автомобільно-дорожній
університет)**

**Zhdanyuk V., Doctor of Engineering, professor, Kostin D., scientific
researcher, Arinushkina O., Ph.D. student (Kharkiv National Automobile
and Highway University)**

Приведені результати експериментальних досліджень впливу вмісту цементу та бітумної емульсії на властивості щебенево-піщаних сумішей різних гранулометричних складів.

The results of experimental investigations of the cement and bitumen emulsion content influence on the properties of aggregate mixes of different granulometric compositions are given in the article.

Ключові слова: щебенево-піщана суміш, гранулометричний склад, бітумна емульсія, цемент, міцність.

Key words: aggregate mix, granulometric composition, bitumen emulsion, cement, strength.

Використання щебенево-піщаних сумішей, укріплених в'язучими, при будівництві автомобільних доріг позитивно позначається на зниженні собівартості будівництва за рахунок зменшення товщини шарів в конструкції дорожнього одягу. При будівництві шарів дорожніх одягів застосовуються технології укріплення щебенево-піщаних сумішей органічними та неорганічними в'язучими.

Відомо, що в матеріалах, укріплених гідравлічними в'язучими, виникають кристалізаційні зв'язки [1, 2], які є достатньо міцними та жорсткими. Такі матеріали характеризуються недостатньою тріщиностійкістю та морозостійкістю в шарах дорожніх одягів

при одночасному впливі на них динамічних навантажень від транспортних засобів та кліматичних факторів.

В матеріалах, укріплених органічними в'язучими (бітум, бітумна емульсія), утворюються коагуляційні зв'язки, які надають матеріалу пружно-пластично-в'язкі властивості. Таким матеріалам властиві значно нижчі показники міцності при стиску, порівняно з матеріалами, укріпленими цементом. Властивості таких матеріалів суттєво залежать від вмісту бітуму у складі сумішей [3, 4].

Відомо, що одночасне використання органічних та мінеральних в'язучих при укріпленні ґрунтів забезпечує достатньо високу міцність та деформативність матеріалу в шарі дорожнього одягу. На сьогодні достатньо дослідженою та перевіреною на практиці є технологія укріплення ґрунтів комбінованими в'язучими [5-7]. При цьому, дослідження впливу комбінованих в'язучих на властивості щебенево-піщаних сумішей є недостатніми.

Метою даної роботи є встановлення впливу комбінованих в'язучих на показники міцності щебенево-піщаних сумішей різного гранулометричного складу.

Для проведення досліджень були прийняті 4 склади щебенево-піщаних сумішей СЩ-5, СЩ-10, СЩ-20, СЩ-40 згідно [8].

На рисунку 1-2 наведено гранулометричні склади сумішей СЩ-5, СЩ-10, СЩ-20, СЩ-40, прийнятих для досліджень.

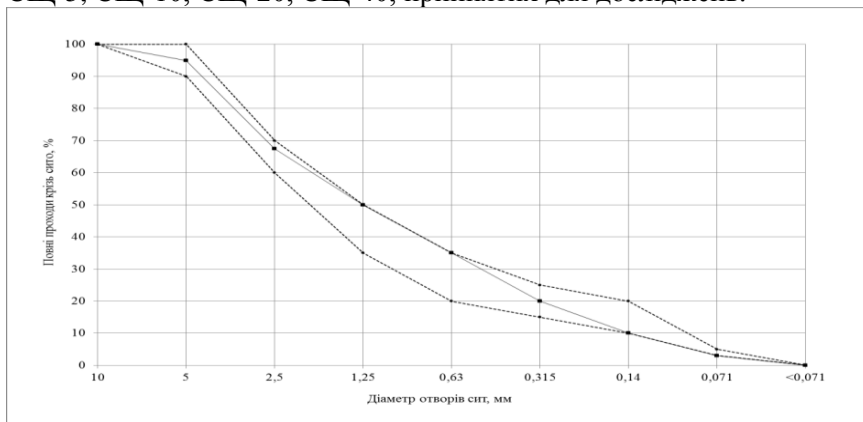


Рис. 1. Гранулометричний склад мінеральної частини суміші СЩ-5

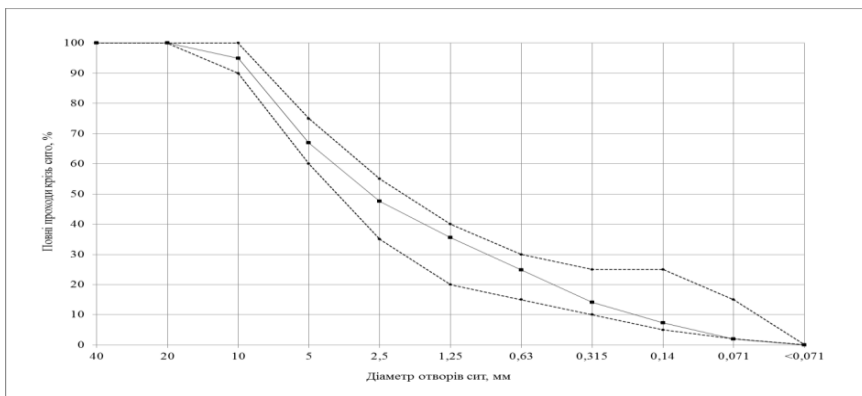


Рис. 2 Гранулометричний склад мінеральної частини суміші СЦ-10

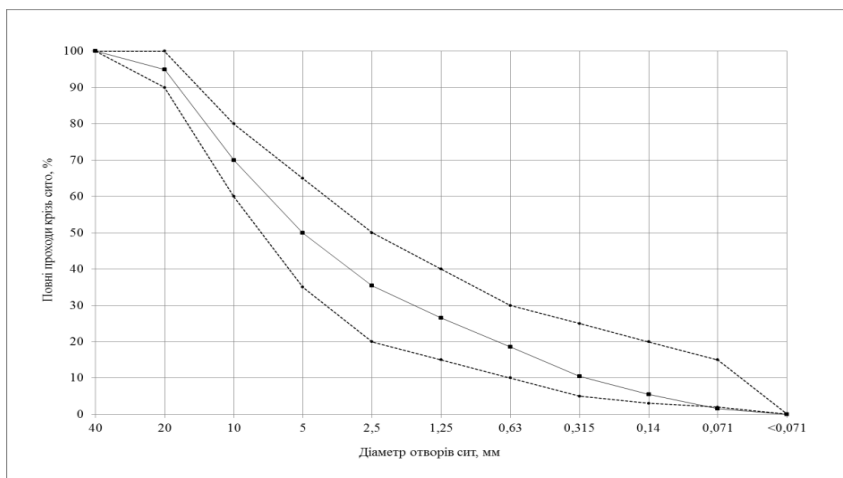


Рис. 3 Гранулометричний склад мінеральної частини суміші СЦ-20

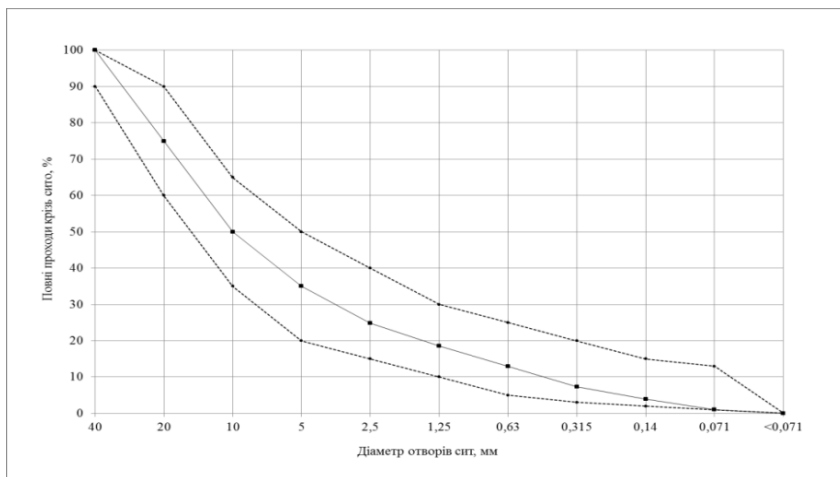


Рис. 4 Гранулометричний склад мінеральної частини суміші СЩ-40

На першому етапі досліджень визначали вплив повільнорозпадної катіонної бутімної емульсії на кінетику набору міцності зразків із щебенево-піщаних сумішей, укріплених цементом. Для проведення досліджень були заформовані циліндричні зразки суміші СЩ-5 укріплені 4 і 10 % цементу, та 2, 6, 10 % катіонної бітумної емульсії.

Кінетика набору міцності зразків із щебенево-піщаної суміші СЩ-5 укріплених різною кількістю цементу та емульсії наведена в таблицях 1-2.

Результати досліджень (табл. 1 та 2) вказують на те, що процес структуроутворення ЩПС, укріплених цементом, триває 28 діб. При додаванні бітумної емульсії до складу ЩПС, укріплених цементом, тривалість процесу структуроутворення збільшується. Так, при додаванні 2 % бітумної емульсії до складу ЩПС, укріпленої 4 % цементу, він зростає до 35 діб, при 6 % емульсії - до 42 діб, а при 10 % емульсії - до 49 діб. Аналогічна закономірність властива для ЩПС, укріпленої 10 % цементу. При цьому, додавання 2 % бітумної емульсії до складу ЩПС з 10 % цементу, тривалість процесу структуроутворення зростає до 35 діб, при 6 % емульсії - до 42 діб, а при 10 % емульсії - до 56 діб.

Таблиця 1

Кінетика набору міцності зразків із щебенево-піщаної суміші СЩ-5, укріпленої 4 % цементу та бітумною емульсією

		3 доба	7 доба	14 доба	21 доба	28 доба	35 доба	42 доба	49 доба	56 доба	63 доба	70 доба	90 доба
10% бітумної емульсії	6% бітумної емульсії	2% бітумної емульсії	0% бітумної емульсії	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
2,42	2,51	2,61	2,71	2,96	3,06	3,18	3,28	3,32	3,41	3,51	3,61	3,76	3,75
3,46	3,51	3,62	3,76	3,46	3,53	3,65	3,75	3,46	3,55	3,64	3,75	3,75	3,75
3,46	3,55	3,64	3,75	3,49	3,55	3,63	3,73	3,49	3,55	3,64	3,75	3,75	3,75
3,49	3,55	3,64	3,75	3,49	3,55	3,64	3,75	3,49	3,55	3,64	3,75	3,75	3,75
3,48	3,55	3,64	3,75	3,49	3,55	3,64	3,75	3,49	3,55	3,64	3,75	3,75	3,75
3,48	3,55	3,64	3,75	3,48	3,55	3,64	3,75	3,48	3,55	3,64	3,75	3,75	3,75

Таблиця 2

Кінетика набору міцності зразків із щєбєнєво-пїщанї сумїшї СЦ-5, укріплєнї 10 % цєменту та бїтумнїєм ємульсїєю

10% бїтумнїєм ємульсїє	6% бїтумнїєм ємульсїє	2% бїтумнїєм ємульсїє	0% бїтумнїєм ємульсїє	
3,60	4,34	5,64	7,07	3 доба
4,96	6,18	7,92	9,35	7 доба
5,93	7,42	9,80	11,23	14 доба
6,42	7,90	10,41	11,84	21 доба
6,61	8,19	10,56	11,99	28 доба
6,75	8,24	10,59	11,99	35 доба
6,85	8,26	10,59	11,99	42 доба
6,94	8,22	10,55	11,99	49 доба
6,94	8,23	10,50	11,99	56 доба
6,94	8,24	10,53	11,97	63 доба
6,92	8,29	10,56	11,99	70 доба
6,92	8,29	10,56	11,99	90 доба

На другому етапї дослїджень визначали вплив концентрації цєменту та бїтумнїєм ємульсїє на значєннє граници мїцностї при стиску щєбєнєво-пїщанїх сумїшєй СЦ-5, СЦ-10, СЦ-20, СЦ-40.

Результати дослїджень, щє наведєнї на рис. 5 – 8, вказують на зростання значєнь граници мїцностї при стиску при збїльшеннї у складї ЩПС вмісту цєменту. При додаваннї бїтумнїєм ємульсїє до

складу ЩПС, укріплених цементом, спостерігається зменшення значень границі міцності при стиску. Так, при введенні 10 % бітумної емульсії до СЦ-5 з 4 % цементу значення границі міцності при стиску зменшується 1,14 рази, а при вмісті цементу 10 % - в 1,27 рази. Аналогічні закономірності властиві всім досліджуваним ЩПС, укріплених цементом. При цьому, зі збільшенням вмісту та крупності зерен щебеню у складі ЩПС інтенсивність падіння значень границі міцності при стиску зростає.

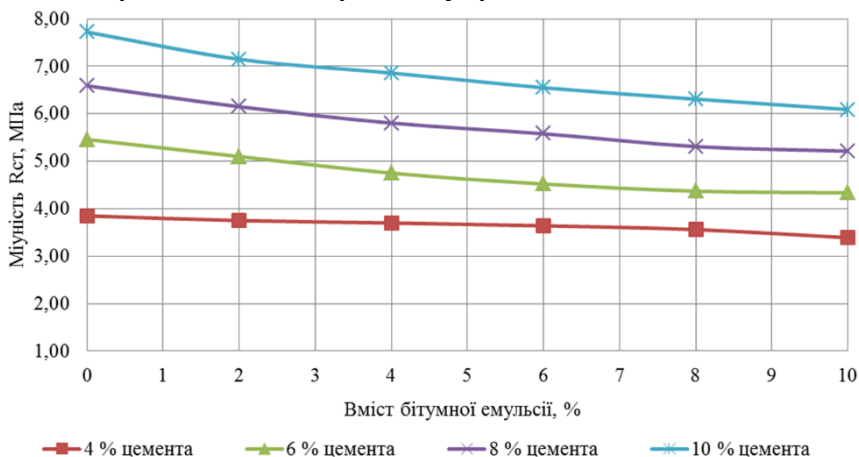


Рис. 5 Залежність границі міцності при стиску сумішей СЦ-5, укріплених одночасно цементом та бітумною емульсією

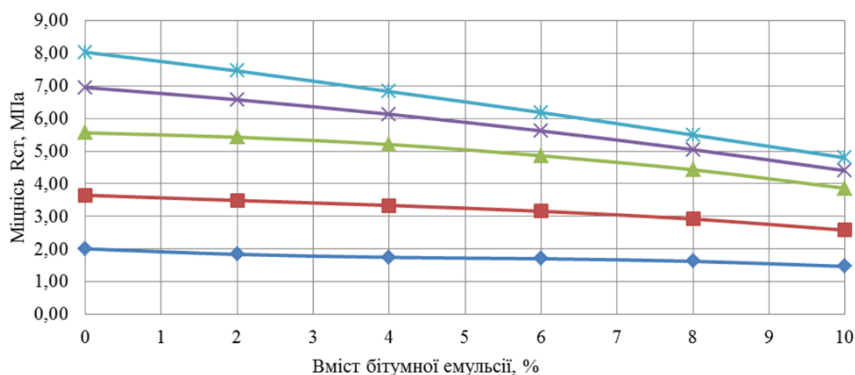


Рис. 6 Залежність границі міцності при стиску сумішей СЦ-10, укріплених одночасно цементом та бітумною емульсією

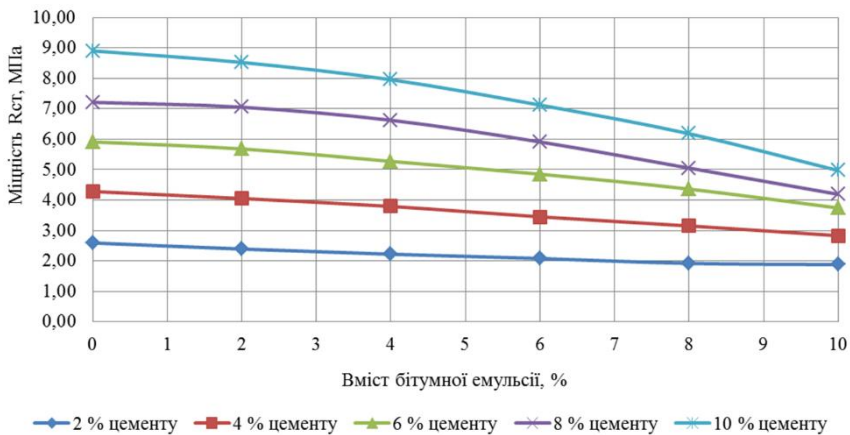


Рис. 7 – Залежність границі міцності при стиску сумішей СЩ-20, укріплених одночасно цементом та бітумною емульсією

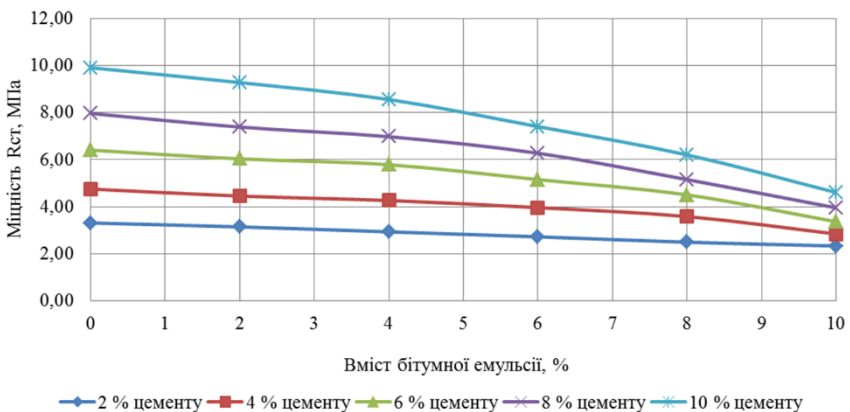


Рис. 8 – Залежність границі міцності при стиску сумішей СЩ-40, укріплених одночасно цементом та бітумною емульсією

Висновки

Введення бітумної емульсії до складу ЩПС, укріплених цементом, викликає зменшення показників границі міцності при стиску. При збільшенні концентрації бітумної емульсії у складі ЩПС, укріплених цементом, тривалість процесу структуроутворення сповільнюється.

При збільшенні концентрації бітумної емульсії у складі ЩПС з високим вмістом цементу спостерігається більша інтенсивність зменшення показників границі міцності при стиску, порівняно з ЩПС аналогічного гранулометричного складу з меншим вмістом цементу. Збільшення вмісту та крупності зерен щебеню у складі ЩПС викликає зростання інтенсивності падіння показників границі міцності при стиску.

Література

1. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона / И. Н. Ахвердов. – М.: 1981. – 464 с.
2. Мчедлов–Петросян О. П. Химия неорганических строительных материалов / О. П. Мчедлов–Петросян. – М.: Стройиздат, 1998. – 303 с.
3. Рыбьев И. А. Строительные материалы на основе органических вяжущих / И. А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1978. – 309 с.
4. Королев И. В. О битумной пленке на минеральных зернах асфальтобетона / И. В. Королев // Автомобильные дороги.– 1981.– № 7.– С.23–24.
5. Плотникова И.А. Исследование процессов формирования структуры и свойств грунтов, укрепленных битумной эмульсией и цементом / И.А. Плотникова, А.А. Фридман // Труды СоюздорНИИ. – М., 1968. – вып. 25. – С. 81-102.
6. Ястребова Л.Н., Плотникова И.А. Применение эмульсий совместно с цементом при укреплении грунтов / Л.Н. Ястребова, И.А. Плотникова // Автомобильные дороги. – М.,1967. – № 2. – С. 9.
7. Веренько В. А. Бетоны на органогидравлических вяжущих для устройства конструктивных слоев дорожных одежд / В. А. Веренько // Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы надежности дорожных одежд городских улиц и дорог», 2005 г. : сборник трудов. – Минск, 2005. – С. 54–62.
8. ГБН В.2.3-37641918-554:2013 Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом.

УДК 624.011

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СЭНДВИЧ
ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
КОМБИНИРОВАННОЙ НАГРУЗКИ**

**MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF SANDWICH
PARABOLIC PANELS UNDER COMBINED LOADS**

Жгаллі Ш. аспірант, Рєзніков А.О. магістр (Одеська державна академія будівництва та архітектури).

Jgalli S. P.G.S., Ryznikov A. M.S. (Odessa state academy of civil engineering and architecture).

У статті описано модель полі-оптимізації сандвіч параболічних панелей під дією комбінованого навантаження. Розрахункова змінна є товщина шарів. Обмеження включають в себе умову стійкості, напруження стану, технологічні та конструктивні вимоги. Проблему можливо вирішити за допомогою концепції Парето-Оптимальності, з безперервними і дискретними наборами змінних проектування.

The aim of this paper is to present the Polyoptimal design model of a parabolic sandwich panel under combined loads. The design variables are the thicknesses of the layers. The constraints include a stability condition, stress conditions, the validation of theoretical models, and finally, technological and constructional requirements. The problem was solved with the help of Pareto's concept of optimality, with continuous and discrete sets of the design variables. Typical sandwich structures are composed of two thin carrying layers and a core made of plastic foam, honeycomb-structure material, fibre-reinforced composite materials, or corrugated sheets. The elastic properties of the carrying layers ensure the high rigidity of the entire structure, and a suitable core structure and core material properties increase the stiffness of the sandwich structures and also ensure additional thermo-insulation, damping of mechanical or acoustic vibrations, etc.

Ключевые слова: оптимизация, поли-оптимизация, многокритериальная, Парето оптимальность, непрерывными, дискретными, параболических.

Keywords: Polyoptimal, parabolic sandwich panel, concept of

optimality, continuous, discrete.

Не развертывающаяся поверхность гиперболического параболоида создает определенные трудности при аппроксимации поверхности оболочки на сборные элементы. Известны подходы, определяющие ограниченность типовых клефанерных конструкций поверхностей гиперболических оболочек [1]. Ныне имеются возможности использовать широкий спектр новых строительных материалов (лвл-kerto, дсп, osb, фанера, стеклопластик, сэндвич материалов и др.) для составных гипаров разных типов и размеров.

Например, это могут быть пятилепестковые оболочки из цельной или клееной древесины (рис.1).

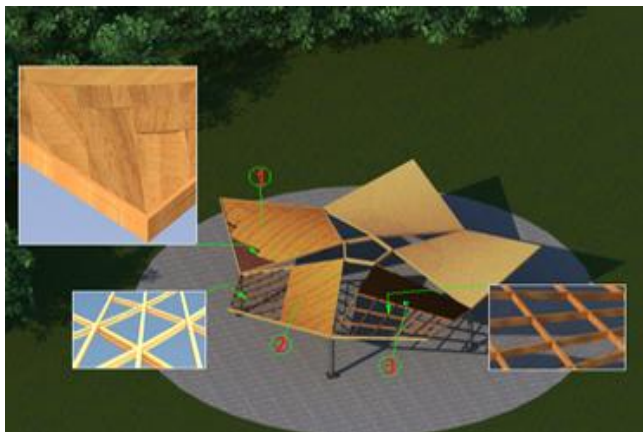
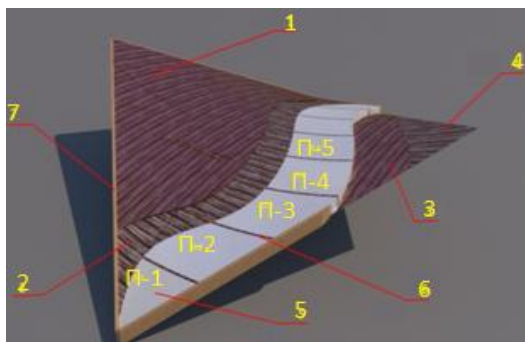


Рис.1. Конструктивная схема пятилепестковой гиперболической оболочки (г.о.) покрытия:

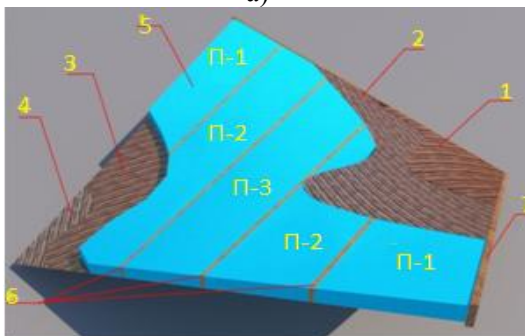
1 - слоистый гипар; 2 - сетчатый гипар по образующей параболы; 3 - панельная г.о. по прямолинейной образующей.

Эффективность конструкций, созданных на основе тонколистовых материалов и трудногораемых легких заполнителей, определяется их малым весом, простотой и скоростью их монтажа, высокой эксплуатационной надежностью. Здания, возведенные с применением легких многослойных панелей, уже нашли широкое применение в практике мирового строительства, что в определенной степени определяет

актуальность их использования в формообразовании оболочки типа гиперболического параболоида с прямолинейным контуром в качестве материалов для заполнения поверхности составных элементов. Тем не менее, накопленный опыт проектирования и эксплуатации обсуждаемых конструкций является недостаточным относительно сборных параболических и скрученных прямоугольных элементов (в виде сэндвич панелей) (рис.2).



а)



б)

Рис.2. Гиперболические оболочки (г.о.) покрытия:

а) - гипар из параболических элементов;

б) - гипар из асимптотических элементов в виде скрученного прямоугольника;

1- первый слой верхней обшивки; 2 - второй слой верхней обшивки; 3 - второй слой нижней обшивки; 4 - первый слой нижней обшивки; 5 - наполнитель; 6 - поперечные деревянные элементы; 7 - бортовые элементы.

В связи с этим, авторами предполагается конструирование легких металлодеревянных сборных гиперболических покрытий (рис.3), составленных из трехслойных конструкций типовых панелей (из параболических элементов).

Трехслойные панели состоят из профилей обшивок внешней и внутренней, толщиной 0,4 мм, между которыми располагается изоляционный слой из пенополиуретана и через определенный шаг находятся поперечные деревянные элементы. Все панели соединяются между собой благодаря продольным деревянным элементам каркаса, состоящего из продольных и поперечных элементов, направленных по нисходящей и восходящей параболах.



Рис. 3. Вид оболочки из параболических панелей размером 3000х3000х35мм в лаборатории кафедры МДиПК ОГАСА

При этом большая сопротивляемость этой формы оболочки выпучиванию объясняется тем, что главные усилия растяжения располагаются по направлению восходящих парабол, а главное

усилия сжатия - по направлению нисходящих парабол. А продольные стыки располагаются перпендикулярно сжимающим усилиям и сосредотачиваются по диагоналям на опорные части. Увеличение активной нагрузки приводит к усилению прижима элементов продольных трехслойных панелей продольными кромками (рис.4-5). Детали формообразования параболических панелей подробно описаны в монографии [2] стр. 37-41.

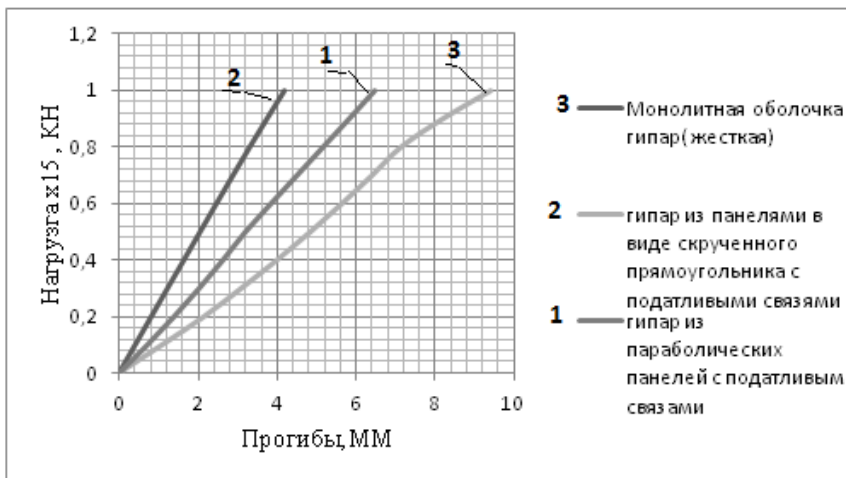


Рис.4. Зависимость прогиба от нагрузки

На рис. 4. представлены линии максимального прогиба под нагрузкой для гипара из параболических элементов и асимптотических (в виде скрученного прямоугольника) с одинаковой податливостью в местах соединения элементов. Так же в качестве сравнение, проводился расчет монолитного лепестка, представляющий жесткую конструкцию. Сравнение графиков прогиба показывает, что вертикальные перемещения оболочек значительно увеличиваются в сравнении 2-ой и 3-ей оболочки почти в два раза, таким образом гипар из параболических элементов воспринимает нагрузки сравнительно лучше, чем оболочка из асимптотических элементов.

Кроме того, на рис.5. характеризуется упругопластическая область работы конструкции, и наблюдается в стадии упругой деформации, большая близость работы 1-ой и 3-ей оболочки, в то

время как 2-ой гипар отдельно работает и испытывает больше всех усилия.

Отмечается большое сходство между 1-ой и 3-ей оболочками что, существенно демонстрирует стремление 1-ой оболочки работать как монолитной, за счет увеличения активной нагрузки и усиления прижима параболических элементов, более подробно описаны в [3].

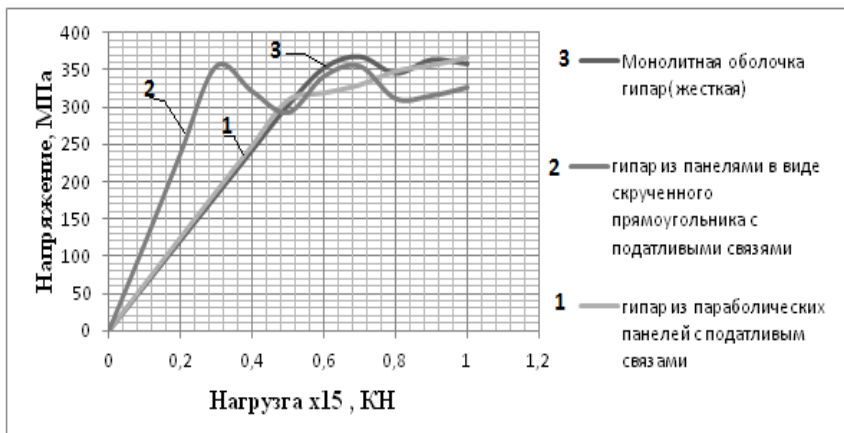


Рис.5. Зависимость максимального эквивалентного напряжения по Von Mises от нагрузки

Недостатком тонкостенных конструкций является их восприимчивость к глобальной и локальной потере устойчивости. Другие недостатки этих конструкции связаны с технологическим и монтажным процессом. Помимо низкой массы сэндвич панелей, несколько дополнительных требований должны быть удовлетворены, по жесткости, прогибам, стоимости и надежности. Это усложняет стадию конструирования за счет необходимости в удовлетворении большого числа противоречивых задач. Таким образом многокритериальная оптимизация (или поли-оптимизация) позволяет конструировать более подходящую модель сэндвич-панелей (рис.6).

Первый критерий (масса панели) имеет следующий вид (1):

$$Q_1(x) = a \cdot b \cdot (h_1 \gamma_1 + h_2 \gamma_2 + h_3 \gamma_3) (k_2) \rightarrow \text{минимум} \quad (1)$$

где x - вектор проектных переменных, h_i - является толщина слоев панели принимается проектных переменных ($i = 1, 2, 3$), γ_i - плотность материал i -го слоя.

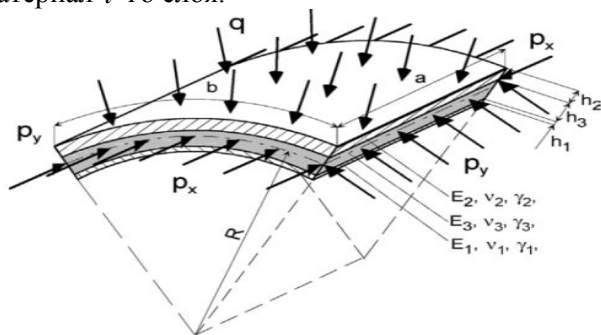


Рис.6. Модель параболических элементов сэндвич панель

Вторым критерием является требование максимальной жесткости конструкции в виде (2):

минимальные прогибы оболочки, условие минимальной податливости были сформулированы [5], [6-8]. Для цилиндрической панели, этот критерий определяется следующим образом:

$$Q_1(x) = 1/D(x) \rightarrow \text{минимум} \quad (2)$$

$$\text{где } D(x) = \frac{E_i h_1 h_2 (h_1 + 2h_3 + h_2)^2}{4(h_1 h_2)(1 - \vartheta_i^2)}$$

$E_i (i = 1, 2)$ - модули упругости обшивки, ϑ_i - коэффициент Пуассона обшивки.

Основным фактором предельного состояния является условие по устойчивости, с учетом начальных геометрических дефектов, связанных с производством и сборкой. Предельное состояние определяется в виде неравенств (3) и (5) - (8), приведены ниже.

- Допустимая критическая нагрузка должна быть больше, чем осевая сжимающая сила, P_x :

$$P_{кр.доп} = \frac{P_{кр}^{верх}}{\alpha \cdot n} \geq P_x \quad (3)$$

Проблема упрощается за счет взятия верхней критической нагрузки во внимание. Верхняя критическая нагрузка вычисляется как наименьший положительный корень полинома следующего уравнения (4):

$$A_1 \cdot \tilde{P}_x^4 + A_2 \cdot \tilde{P}_x^3 + A_3 \cdot \tilde{P}_x^2 + A_4 \cdot \tilde{P}_x + A_5 = 0 \quad (4)$$

$$[\tilde{P}_x] = 1, P_{кр}^{верх} = \frac{B \cdot (h_1 + h_2 + h_3)^2}{a \cdot b} \tilde{P}_x, B = \sum_{i=1}^{i=3}, B_i = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{E_i h_i}{1 - g_i^2},$$

где A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 - являются коэффициенты, описывающие физический и геометрический параметры панели [9]. Факторы содержат соотношение $A_i = P_y / P_x = qR / P_x$, которое позволяет рассчитать критическую нагрузку при сжимающей силе и внешнему давлению. Согласно [10], коэффициент $\alpha = 1,4$ принимает во внимание влияние начальных прогибов (геометрических дефектов) от величины критической силы для панелей, и дополнительно коэффициент запаса прочности $n = 1,25$. Указанные коэффициенты выше, были введены в связи с проблемой неизвестных начальных несовершенств конструкции и их влияния на общую и локальную потерю устойчивости.

- Напряжения в обшивках не должно превышать допустимые напряжения (5):

$$\sigma_i^{об} = \left[(\sigma_{xi}(P_x q))^2 + (\sigma_{yi}(P_x q))^2 - (\sigma_{xi}(P_x q))^2 (\sigma_{yi}(P_x q))^2 \right]^{1/2} \leq [\sigma_i].$$

- Прогиб в середине панели не может превышать предельных значений (6), [11]:

$$\omega = \frac{5}{384} \frac{q \cdot a^4}{D(x)} \cdot C \leq \omega_{дон} \quad (6)$$

$$\text{где } C = \left(1 + \frac{48k}{5\pi^2} \right) - \frac{1563}{5\pi^2 \cdot ch(\pi/2\lambda)} \left(1 + k + \frac{\pi \cdot th(\pi/2\lambda)}{4\lambda} \right).$$

$$k = \left(\frac{E_{1,2}}{1 - \vartheta_{1,2}^2} \right) \frac{\pi^2 \cdot h_1 h_2 h_3}{G a^2 (h_1 + h_2)} \lambda = \frac{a}{b}.$$

- Важность критических уравнений нагрузки является приведение к следующему предположению (7):

$$\frac{R}{h_1 + h_2 + h_3} \geq 30. \quad (7)$$

- Когда технологические и конструктивные требования рассматриваются, следующие условия предполагаются (8):

$$0.1mm \leq h_1, h_2 \leq 3.0mm \text{ и } 1mm \leq h_3 \leq 50mm. \quad (8)$$

Эту проблему можно решить с использованием концепции Парето - оптимальности. В этом расчете паретовских решений, мультикритериальной задачи сводится к семейству скалярных задач оптимизации с использованием весовых коэффициентов $WAGA = [0, 1]$.

$$Q(x) = [Q_1(x), Q_2(x)] = (1 - WAGA) \cdot Q_1(x) + WAGA \cdot Q_2(x) \rightarrow \quad (9)$$

минимум

Где $Q(x)$ - вектор целевых функций и $WAGA$ - весовой множитель $0 \leq WAGA \leq 1$.

Выводы

- Под равномерно распределенной нагрузкой, работа гипара при использовании параболических и асимптотических элементов существенно отличается.

- Использование параболических панелей в отличие от асимптотических, способствует усилению сжатия в местах соединения в условиях равномерной распределенной нагрузки.

- Поли-оптимизации сэндвич параболических панели под действием комбинированной нагрузке. можно решить с помощью концепции Парето-Оптимальности, с непрерывными и дискретными наборами переменных проектирования.

Литература

1. Stojanov V.V. Kontovone lepene hiperbolice skrupiny. V zbornicu zo IV medzinarodeho sympozia “Drevo v stavebných konstrukciách”, Bratislava, 1989
2. Стоянов В.В. Конструирование легких сборных гиперболических покрытий. –Одесса, 2000 г.; –166с , ОГАСА.
3. Стоянов В.В , Жгаллі.Ш, Стоянов В.О, Покриття типу гіперболічний параболоїд зі збірних елементів Сборник научных трудов “современные строительные конструкции из металла и древесины №20” одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса, ООО ,Внешрекламсервис, 2016,-176.
4. Engineering Optimization ISSN 0305-215X print/ISSN 1029-0273 online © 2006 Taylor & Francis <http://www.tandf.co.uk/journals> DOI: 10.1080/03052150600744555.
5. Magnucki, K. and Ostwald, M. (eds), Stability and Optimization of Sandwich Structures, 2001 (ITE Radom: Poznań) (in Polish).
6. Ostwald, M., Optimal design of sandwich structures. PhD thesis 290, Poznan University of Technology, 1993 (in Polish).
7. Ostwald, M., Multicriteria optimization of cylindrical sandwich shells under combined loads. Struct. Optimiz., 1996, 12(2/3), 159–166.
8. Ostwald, M. and Kasperska, R., Multicriteria optimization of sandwich cylindrical panels under axial compression and external pressure. In Proceedings of the 4th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization WCSMO–4, 2001 (Liaoning Electronic Press, Dalian, China) (CD–ROM).
9. Sekulski, Z., Non-linear problem of stability state of sandwich cylindrical panel under combined loads. Arch. Machine Construct., 1984, 31(1–2), 51–71 (in Polish).
10. Bushnell, D., PANDA-2: program for minimum weight design of stiffened, composite, locally buckled panels. Comput 11.Struct., 1987, 25(4), 469–605.
11. Aleksandrow, J., Brjuker, L.E., Kurszin, A.M. and Prusakow, A.P., Calculations Of Sandwich Panels, 1960 (Oborongiz: Moscow) (in Russian).

УДК 624.21.037

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ШЛЯХОПРОВІДІВ МІСТА ЛУЦЬКА В УМОВАХ ЇХ РЕКОНСТРУКЦІЇ

TECHNICAL STATE OVERPASS LUTSK UNDER THEIR RECONSTRUCTION

Ільчук Н.І., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Шафранська О.З. аспірант, (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Ichuk N.I. candidate of technical sciences (Lutsk National Technical University, Lutsk), Shafranska O.Z. postgraduate (Lutsk National Technical University, Lutsk)

В даній статті описується кількість та стан шляхопроводів, які знаходяться в місті Луцьку. На балансі департаменту ЖКГ обслуговується три шляхопроводи, наведено їх технічний стан та умови функціонування. Шляхопроводи та мости нашого міста повільно, але все ж таки ремонтуються та реконструюються у відповідність до нових європейських стандартів.

This article describes the number and condition of bridges that are located in Lutsk. To ensure safe and smooth traffic city roads need to carefully check the condition of bridges and overpasses and bring them to the proper level. In their repairs need to invest large amounts of money, expensive equipment and more. The balance of housing department served three overpasses. Overpass in Lutsk on the type of structure is precast concrete structures One of them is under repair should be the final stage of overhaul of the overpass pavement. Overpasses and bridges of the city slowly but still repaired and reconstructed in line with the European standards

Ключові слова: шляхопровід, міст, стан, ремонт, реконструкція, інтенсивність та безпека руху.

Keywords: underpass, cities, state, repair, reconstruction, intensity and traffic safety

Все життя людини є рух. По трасі автомобільної дороги, що проходить по відкритій місцевості, зустрічаються різні природні перешкоди: струмки, яри, ріки, суходоли, гірські хребти тощо. Щоб прокласти дорогу через такі перешкоди, влаштовують труби, мости, шляхопроводи, тунелі та інші штучні споруди. Мости можуть бути самих різних форм і розмірів. Шляхопроводи влаштовують при взаємному пересіканні двох доріг з інтенсивним рухом, при пересіканні автомагістралі з міськими вулицями або автодороги з залізницею.

Вперше в Україні шляхопровід був побудований в Києві у другій половині 1910-х років. Шляхопровід був дерев'яним, по ньому здійснювалася автомобільний та трамвайний рух по Брест-Литовському шосе у напрямку Святошина. Та нажаль він був зруйнований під час Другої світової війни, був відновлений у 1950-х роках. Південну частину шляхопроводу, по якій наразі здійснюється автомобільний рух в сторону центру, було зведено на Брест-Литовському проспекті в безпосередній близькості від зупинного пункту Рубежівський. Там знаходилась і трамвайна лінія. При продовженні у 1971 році Святошинсько-Броварської лінії метро до станції «Святошин», нова ділянка якої має неглибоке залягання, була відкрита друга черга шляхопроводу, що складалась з критого метромосту на перегоні між станціями «Жовтнева» та «Нивки», а також пішохідної ділянки на його даху. З початку 1980-х років почалася ґрунтова реконструкція проспекту: 1982 року було знято трамвайне сполучення, а пішохідну частину мосту перетворили в автомобільну. Остання реконструкція шляхопроводу була проведена в 2001 році. Було ліквідовано аварійний стан опор, а конструкції шляхопроводу приведено до належного технічного стану.

Щодо шляхопроводів нашого міста, то вони теж бажають кращого. Більшість шляхопроводів у місті Луцьку за типом будови є збірними залізобетонними конструкціями. Шляхопроводи нашого міста багато років капітально не ремонтувалися і знаходяться у незадовільному стані.

Але все-таки один із великих шляхопроводів Луцька, від проспекту Соборності до проспекту Перемоги відремонтували, Рис. 2. Завершення ремонтних робіт шляхопроводу пр. Соборності. Довжина даного шляхопроводу 311 метрів.

Зведено його у 1980 році. На ремонт цього найдовшого у Луцьку мосту у 2011 році витратили 219,23 тисячі гривень. Утім, вже в 2013 задля цього виділили ще майже 63,6 тисячі гривень. Тут ще проводилися роботи з відновлення відбійників. Рис. 1. Шляхопровід пр. Соборності. Старі демонтували і влаштували нову монолітну бар'єрну огорожу. Роботи виконували працівники ТзОВ „РБП Трансмост”.



Рис. 1. Шляхопровід пр. Соборності



Рис. 2. Завершення ремонтних робіт шляхопроводу пр. Соборності

Ще один шляхопровід знаходиться на одній з головних автомагістралей Луцька, а саме на вулиці Рівненській. Цей шляхопровід побудували у 1971 році. Його довжина – 244,2 метри. За останні роки шляхопровід ремонтували лише один раз у 2011-му. Витратили на це 71,97 тисячі гривень.

Ще зовсім недавно, коли робили опис по стану експлуатації шляхопроводу, то виявили провал кількох плит на тротуарній частині рис. 3. Шляхопровід по вулиці Рівненській під час ремонтних робіт. Там на ці провали зверху покладені інші плити. Також почали ремонт міжпанельних швів шляхопроводу рис. 4. Проведення ремонтних роботи шляхопроводу по вул. Рівненській. Завершальним етапом має стати капітальний ремонт дорожнього покриття мосту. Та нажаль остаточно, цього року його точно не зроблять. Але на початку наступного року верхні шари будуть заасфальтовані. Шляхопровід, який перебуває довгий час на ремонті, став небезпечним місцем для учасників дорожнього руху – дорожньо – транспортні пригоди трапляються тут постійно. Згідно статистики, найбільш небезпечними є вечірні години, особливо в осінньо – зимовий період. Незважаючи на попереджувальні знаки щодо проведення ремонтно – будівельних робіт, згідно статистики, кількість дорожньо – транспортних пригод, значно збільшилася (більше 15 ДТП). Одним із факторів, що впливає на ситуацію є погана освітленість шляхопроводу. Тому проведення та завершення реконструкції даного шляхопроводу є нагальною і необхідною потребою для міста.



Рис. 3. Шляхопровід по вулиці Рівненській під час ремонтних робіт



Рис. 4. Проведення ремонтних роботи шляхопроводу по вул. Рівненській

У Луцьку найкоротший шляхопровід знаходиться по вулиці Гордіюк, збудували його у 1982 році. Довжина даного шляхопроводу становить 105 метрів. Його ремонтом зайнялися лише цього року Рис. 5. Підготовка до ремонту шляхопроводу по вул. Гордіюк. Виділили на цю справу 21,618 тисячі гривень. Також на цьому шляхопроводі провели роботи з ремонту деформаційних

швів, дорожнього покриття тощо. Виконавцем робіт є ТЗОВ «РБП ТРАНС-МОСТ».



Рис. 5. Підготовка до ремонту шляхопроводу по вул. Гордіюк

Ми всі так чи інакше маємо справу з транспортом у повсякденному житті і також, звичайно, із шляхами сполучення, які використовуює транспорт для свого руху.

В області на обліку перебувають 388 мостів та шляхопроводів, в справному технічному стані - 91 міст (23% від загальної кількості). Загалом відремонтувати потрібно 5991 погонних метрів мостів. На балансі управління житлово-комунального господарства перебувають 40 мостів та шляхопроводів, з них 22 у Луцьку.

На даний момент в м. Луцьку є підприємства, які по мірі можливості, роблять ремонти мостів та шляхопроводів Волинської області.

На даний час в Україні гостро стоїть питання будівництва нових, а особливо, реконструкції існуючих мостів та шляхопроводів. Сучасний транспорт, збільшення інтенсивності та швидкості руху, а також підвищені вимоги безпеки до учасників дорожнього руху – все це реалії сьогодення, які вказують на те, що штучні споруди не пристосовані до сучасного ритму життя – вони не розраховані на сучасний великоваговий транспорт та на існуючу інтенсивність руху, яка за ці роки зросла в десятки разів. Щоб забезпечити безпечний та безперервний рух транспорту

автодорогами міста та області, необхідно ретельно перевірити стан мостів і шляхопроводів та привести їх до належного рівня. На їхній ремонт потрібно передбачати велику суму коштів для проведення обстеження, будівельно – ремонтних робіт, використання сучасних технологій та матеріалів, дорогої техніки тощо. Враховуючи те, що Волинська область межує з іншими країнами, то саме ми повинні показувати приклад хороших доріг та бездоганний стан інженерних споруд, враховуючи безпеку руху транспорту, адже найціннішим і є людське життя, вартість якого неоціненна. Тому європейський досвід будівництва дорожньо – транспортних розв'язок, які забезпечують швидкісний рух транспорту і при цьому є надійними та безпечними по організації руху транспорту потрібно враховувати при будівництві та реконструкції мостів та шляхопроводів міста Луцька, Волинської області та України вцілому.

1. ДБН В.2.3-14-2006. Мости і труби. Правила проектування. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства. – К., 2006.

2. ДБН В.1.3-22-2009. Мости і труби. Основні вимоги проектування. Мінрегіонбуд України. – К., 2009.

3. Кучинко М.М. Нариси стародавньої історії. - Луцьк: Надтир'я, 1994. -; 207 с.

4. ДБН В.2.3-6-2009. Мости та труби. Обстеження і випробування: – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

5. Дзвонів М.М., Вейнблат Б.М. Будівництво мостів: Підручник.- М.: Транспорт, 1984.- 504 з.

6. Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин // Зб. наук. праць; наук. керівник – академік НАН України Б.Є.Патон. – К.: Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, 2006.

УДК 69:059.7

**ОРГАНІЗАЦІЙНІ, СТАТИСТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ
ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОБ'ЄКТІВ НЕЗАВЕРШЕНОГО
БУДІВНИЦТВА**

**STATISTICAL AND LEGAL ASPECTS SOLVING PROBLEMS
OF UNFINISHED CONSTRUCTION ORGANIZATIONAL**

**Івко А. В., аспірант (ЗНТУ, м. Запоріжжя), Лук'янова Т. В.,
аспірант (ЗНТУ, м. Запоріжжя)**

**Ivko A.V., postgraduate (ZNTU, Zaporizhzhya), Lykianova T.V.,
postgraduate (ZNTU, Zaporizhzhya)**

В статті доведена необхідність розгляду проблеми вибору варіативності використання об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) шляхом організаційно-технічних схем та організаційних заходів

The article is an analysis of a basis to solve the problem in the organizational and technological aspects. Separate the individual aspects of the methodology completion of unfinished construction and schemes of unfinished construction. Review statistics proves the problem of unfinished construction, established in Zaporizhzhya region. Organizational and technical training facilities renovation under construction - a system of interrelated technical, technological, organizational and economic measures taken to pre contractual stage of the investment cycle. Classification of organizational and technical schemes and organizational measures will fully justify pass algorithm uses of unfinished construction. The problem of organizational and technical training for assets under construction is complex and requires a comprehensive approach with deep processing options and assessment of cost-effectiveness of investment in the completion of these objects, play or diversification.

Ключові слова: об'єкти незавершеного будівництва, напрямок добудови, ОНБ в Запорізькій області, організаційно-технічна підготовка, реновація, ефективність, ринкова вартість, стадія будівництва.

Keywords: unfinished construction, the direction of completion, unfinished construction in Zaporizhzhya region, organizational and technical training, refurbishment, efficiency, market value, under construction.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями

В Запорізькій області обсяг незавершеного будівництва становить значну частку. Попит на об'єкти незавершеного будівництва на ринку нерухомості є низьким. Основною причиною цього, поряд з низькою платоспроможністю юридичних і фізичних осіб, є недосконалість ціноутворення, невизначеність законодавчих актів, зокрема в оподаткуванні нерухомості, продажу землі, неопрацювання проблеми оцінки ефективності організаційно-технічної підготовки добудови і диверсифікації.

У вітчизняній і зарубіжній літературі з організації будівництва недостатньо уваги приділяється проблемі, практично відсутні розробки щодо вирішення ряду нових завдань, які з'явилися у зв'язку з переходом України до ринкової економіки.

Таким чином, недостатня в цілому розробленість проблеми, відсутність комплексного підходу до оцінки її ефективності, велике практичне значення обумовили, розгляд теми незавершеного будівництва з акцентом на організаційно-технічні аспекти.

Проблеми організаційно-технічної підготовки ОНС знайшли відображення у роботах Дікмана Л.Г., Шрейбера О.К., Гончаренка Д.Ф., Цая Т.Н., Ушацького С.А. Проблеми визначення теоретичного та правового режиму об'єкта приділяли увагу Н. Доценко-Білоус, В. Кара, Р. Козлов, Г. Мацюк, С. Сліпченко, І. Спасибо-Фатеева, О. Чуєва.

Цілі та задачі публікації

Метою статті є аналіз підґрунтя вирішення проблеми в організаційно-технологічному аспекті. Відокремити окремі аспекти методики добудови об'єктів незавершеного будівництва та схем об'єктів незавершеного будівництва.

Виклад матеріалу

Структурні зрушення, що відбуваються в будівельній галузі регіону і безпосередньо на будівельних підприємствах, зумовили

переорієнтацію їх цілей і завдань. Заохочення держави здійснюється в рамках Закону України від 25.12.2008 № 800-VI «Про запобігання впливу світової фінансової кризи на розвиток будівельної галузі та житлового будівництва», постанов Кабінету міністрів України: від 11.02.2009 №140 «Про затвердження Порядку забезпечення громадян доступним житлом», від 11.11.2009 №1249 «Про затвердження Державної цільової соціально-економічної програми будівництва (придбання) доступного житла на 2010 -2017 роки» [4].

Сутність структурних зрушень полягає в зменшенні обсягів будівництва житла, великих промислових комплексів, у докорінній зміні номенклатури об'єктів, що будуються. Торкнулись ці зрушення і самої організації будівництва: зменшились обсяги поточного будівництва, не в повному обсязі використовується сітьове планування, немає потреби в наявності на будівельному підприємстві власного парку потужних будівельних машин і особливо, що вимагає свого рішення, – це незавершене будівництво.

Об'єкти незавершеного будівництва (ОНБ) займають особливе місце на ринку нерухомості, їх частка на розвинутому ринку є сьогодні досить значною.

Питання про те, який параметр незавершеного будівництва має бути в центрі уваги при управлінні інвестиційним процесом, – фронт одночасно здійснюваного будівництва, стан заділів чи стан незавершеного будівництва (віддзеркалюючи результати взаємодії двох найважливіших самостійних компонентів).

Проблема невивченості тематики «незавершене будівництво» зустрічається ще на кроці визначення поняття. Це питання досі залишається відкритим та неврегульованим. З точки зору теорії є сукупністю будівельних матеріалів, а з точки зору практики представляє собою окремий вид нерухомого майна, але з притаманними лише йому характерними ознаками.

В ст.331 Цивільного кодексу України із змінами, внесеними згідно із Законом № 3201-IV від 15.12.2005, не міститься визначення поняття «об'єкта незавершеного будівництва», лише зазначено, що право власності на новостворене нерухоме майно (житлові будинки, будівлі, споруди тощо) виникає з моменту завершення будівництва (створення майна). До завершення

будівництва особа вважається власником матеріалів, обладнання тощо, які були використані в процесі цього будівництва [1].

Однак, визначення об'єкта незавершеного будівництва міститься в інших нормах чинного законодавства України, наприклад, в ст.1 Закону України «Про іпотеку» від 05.06 2003 року № 898IV, під об'єктом незавершеного будівництва розуміється – об'єкт будівництва, на який видано дозвіл на будівництво, понесені витрати на його спорудження та не прийнятий в експлуатацію відповідно до законодавства. (ст. 1 доповнено абзацом згідно із Законом N 800VI (80017) від 25 грудня 2008 року) [1].

В Запорізькій області обсяг незавершеного будівництва становить значну частку. Попит на об'єкти незавершеного будівництва на ринку нерухомості є низьким. Основною причиною цього, поряд з низькою платоспроможністю юридичних і фізичних осіб, є недосконалість ціноутворення, невизначеність законодавчих актів, зокрема в оподаткуванні нерухомості, продажу землі, не опрацювання проблеми оцінки ефективності організаційно-технічної підготовки добудови і диверсифікації.

У вітчизняній і зарубіжній літературі з організації будівництва недостатньо уваги приділяється проблемі, практично відсутні розробки щодо вирішення ряду нових завдань, які з'явилися у зв'язку з переходом України до ринкової економіки. Ряд проблем організаційно-технологічних рішень добудови і диверсифікації об'єктів незавершеного будівництва ще чекають свого вирішення.

Таким чином, недостатня в цілому розробленість проблеми, відсутність комплексного підходу до оцінки її ефективності, велике практичне значення обумовили, вивчення теми незавершеного будівництва з акцентом на правові, економічні, та організаційно-технічні аспекти.

За даними Головного управління статистики у Запорізькій області (рисунок 1), стан будівель та споруд незавершеного будівництва на 1 січня 2015 року на 01.01.2015р. в області налічується 694 будівлі та споруди, що знаходяться у стадії незавершеного будівництва.

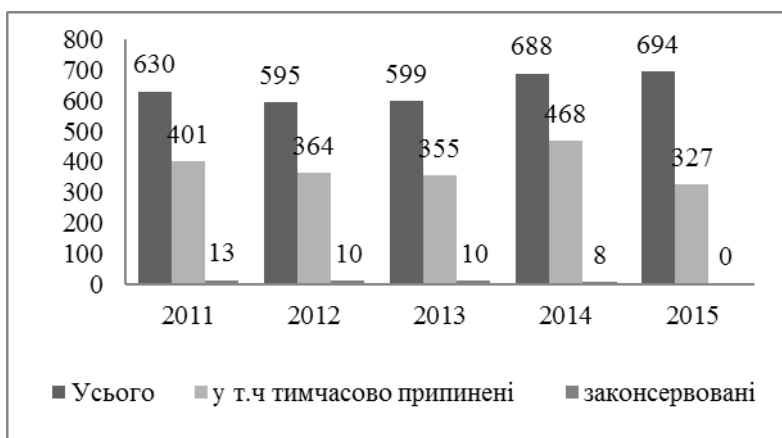
Таблиця 1

Кількість будівель та споруд незавершеного будівництва за станом будівництва

Найменування	Усього одиниць	У тому числі будівництво яких					
		Здійснювалось		тимчасово припинені		законсервовано	
		одиниць	у % до загальної кількості	одиниць	у % до загальної кількості	одиниць	у % до загальної кількості
Будівлі:	475	260	54,7	215	45,3	-	-
житлові	243	157	64,6	86	35,4	-	-
нежитлові	232	103	44,4	129	55,6	-	-
Інженерні споруди	219	107	48,9	112	51,1	-	-

Найбільше таких об'єктів зосереджено у містах Бердянськ (29,4%) та Запоріжжя (14,8%) [2].

Рис.1. Кількість будівель та споруд незавершеного будівництва на



1 січня 2015р.

В Україні підготовка будівельного виробництва регламентується нормативними документами і розглядається як комплекс взаємопов'язаних підготовчих заходів характеру, що забезпечує здійснення будівництва об'єкта. Проте у зв'язку з приватизацією ОНБ виникла проблема продажу ОНБ з подальшою добудовою і диверсифікацією, для яких питання організаційно-технічної підготовки є специфічними, не мають єдиного методичного підходу і потребують обґрунтування місця, структури і складу в інвестиційному циклі, що склався в ринкових умовах.

Таким чином, шлях подальшого розгляду тематики передбачається у розгляді «проблемного трикутника», у вершинах якого розміщені такі позиції як моделювання проблем, їх вивчення, розгляд шляху оптимізації та групування, створення універсальної моделі вирішення питання.

Організаційно-технічна підготовка (ОТП) реновації об'єктів незавершеного будівництва - це система взаємозв'язаних технічних, технологічних, організаційних та економічних заходів, що здійснюються до перед контрактного етапу інвестиційного циклу [3].

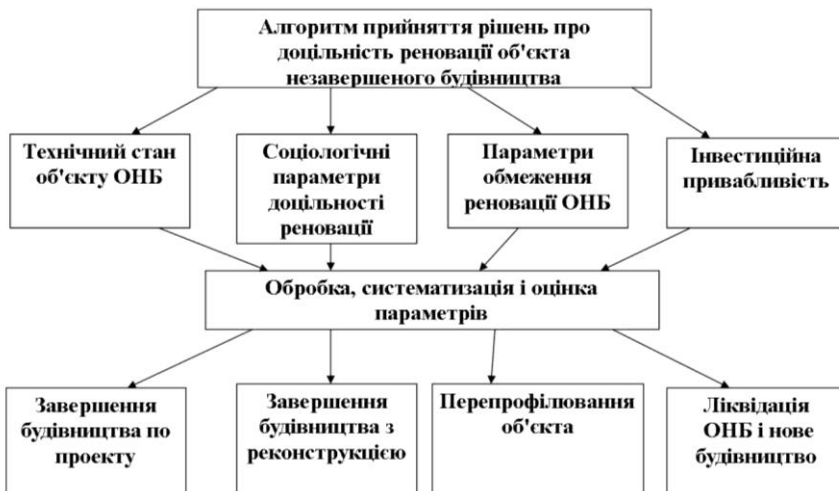


Рис.2. Алгоритм прийняття рішень про доцільність реновації ОНС

Для практичного вирішення цього завдання запропоновано алгоритм прийняття рішень про доцільність реновації об'єкта незавершеного будівництва (рисуюнок 2). З цією метою виявлено

передумови, необхідні для прийняття рішення введенні в експлуатацію об'єкта незавершеного будівництва. Виявлені технічні, стратегічні, економічні, фінансові та соціальні мотиви вибору певного виду реновації, що дозволять забезпечити ефективно використання об'єкта.

Висновки

1. З аналізу наведених теоретичних визначень об'єкта незавершеного будівництва можна вивести його ознаку: об'єкт незавершеного будівництва скла дається з незавершеного будівництвом майна (фундамент, стіни тощо), а також із будівельних матеріалів, які були використані в процесі будівництва цього об'єкта та стали його невід'ємною складовою.

Незалежно від ступеня готовності, незавершений будівництвом об'єкт приваблює інвесторів вже в силу наявності земельної ділянки, але як об'єкт оцінки істотно відрізняється від завершеного об'єкта, оскільки на вартість впливають зовсім інші фактори. Застосовувані методи оцінки повинні відображати повною мірою ці особливості, що забезпечить об'єктивну оцінку.

2. У вітчизняній і зарубіжній літературі з організації будівництва недостатньо уваги приділяється проблемам об'єктам незавершеного будівництва, практично відсутні розробки щодо вирішення ряду нових завдань, які з'явилися у зв'язку з переходом України до ринкової економіки.

Складається досить чітка картина на будівельному ринку Запоріжжя: недостатній контроль за узгодженням і розробкою об'єктів на стадії проектування, нечесні на руку забудовники, неграмотне планування будівельного процесу - всі ці фактори разом створюють сприятливий ґрунт для проблемної ситуації на ринку. Будівництва стоять в стані заморозки, сучасні офіси пустують, спортивні комплекси і споруди зводяться набагато довше заявлених термінів.

3. Аналіз обсягів незавершеного будівництва показує, що в Запорізькій області вони досить суттєві. Зокрема, обсяг незавершеного житлового будівництва з року в рік зростає, і становить по об'єктах нерухомості, будівництво яких законсервовано, остаточно припинено або тимчасово призупинено, 45,3% від їх загальної кількості.

4. Проблема організаційно-технічної підготовки для об'єктів незавершеного будівництва є складною і потребує комплексного

підходу з глибоким опрацюванням варіантів і оцінкою економічної ефективності інвестицій в добудову цих об'єктів, відтворення або диверсифікацію.

1. Козлов Р. Ю. Правовий статус об'єкта незавершеного будівництва//Держава і право. Юридичні і політичні науки: 36. наук, праць. — К., 2002. — Вип. 17. — С. 228—234.

2. Експрес-випуск від 20.04.2015, №830 Головного управління статистики у Запорізькій області.

3. Козловская М.А. Современное состояние достройки объектов незавершенного строительства и вопросы собственности- Вестник университета(ГУУ). – М.: ГУУ, 2006, №3(19), 0,7 п.л.

4. Barton P. Modeling in the economic evaluation of health care: selecting the appropriate approach / P. Barton, S. Bryan, S. Robinson // Journal of health services research & policy. – 2004. – № 9(2). – P. 110–118.

5. Городнова Н.В. Методический подход к оценке сроков завершения строительства объектов государственно-частными партнерствами / Н.В. Городнова, А.В. Байковская // Стратегический управленческий анализ. – 2011. – № 3.

6. Давиденко О.А. Прогнозування ціни об'єктів незавершеного будівництва на ри-нку нерухомості// Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.14. – К.: Тех-ніка, 1998. – С.188-190

7. Стефанчук О.Р. Цивільне право України: навч. посібник / О.Р. Стефанчук. – К. : Прецедент, 2005. – 536 с

8. Гогунский, В. Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов [Текст] / В.Д. Гогунский, С. В. Руденко, П. А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. – 2012. - № 8. – С. 13 – 15.

9. Тесля Ю. М. Інформаційна технологія управління проектами на базі ERPP (enterprise resources planning in project) та APE (administrated projects of the enterprise) систем / Ю. М. Тесля, А. О. Білощицький, Н. Ю. Тесля // Управління розвитком складних систем. – 2010. - № 1. – С. 16 – 20.

УДК 504.75

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

ASSESSMENT OF POLLUTION ATMOSPHERIC AIR OF SETTLEMENTS

Коваленко Л.О., к.т.н., доцент, (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Kovalenko L.O., Ph. D., Associate Professor, (Kharkov National Automobile and Highway University)

Наведені дані о забрудненні атмосферного повітря стаціонарними джерелами та автомобільним транспортом. В статті розглянуті питання забруднення навколишнього середовища автомобілями транспортного потоку. Розглянуто динаміку зміни екологічного стану та структури забруднення атмосферного повітря у великих містах на прикладі міста Харкова.

The data of pollution of atmospheric air by stationary sources and by automobile transport are shown. The article discusses the pollution of the environment by automobiles of traffic. The dynamics of changes in environmental conditions and air pollution patterns in large cities on the example the city Kharkova.

Ключові слова: автомобільний транспорт, навколишнє середовище, викиди, забруднюючі речовини, атмосферне повітря.

Key words: automobile transport, environment, emission, contaminating matters, atmospheric air.

На сьогоднішній день екологічний стан великих міст України характеризується як стабільно напружений, хоча спад виробництва і виконання ряду першочергових заходів організаційного та технічного характеру частково стримують наростання негативних процесів деградації навколишнього природного середовища [1]. Значна кількість суб'єктів господарювання, розташованих у місті Харкові та області, а також збільшення числа транспортних засобів, що експлуатуються тривалий час, призводять до значного

забруднення атмосферного повітря. Внаслідок цього в окремих районах міста спостерігаються підвищені концентрації забруднюючих атмосферне повітря речовин, про що свідчать дані щорічних спостережень за забрудненням повітряного басейну, що проводяться Харківським регіональним центром з гідрометеорології.

Кожен забруднювач має свій пороговий рівень, реакція на нього окремих організмів індивідуальна. Пороговий рівень залежить від наявності інших забруднювачів або стресових чинників. Коли забруднювачі змішуються з великим об'ємом повітря, їх концентрація може знизитися до порогового рівня. Потім внаслідок діяльності мікроорганізмів, ґрунту та впливу інших природних процесів відбуваються поглинання та асиміляція забруднювачів. Зелені рослини виділяють у повітря легкі речовини – фітонциди, які мають антимікробні властивості. Під впливом деяких речовин, що входять до складу фітонцидів, у повітрі знижується концентрація шкідливих забруднювачів: СО на 10 – 30 %, сірчистого газу на 50 %, оксидів нітрогену на 15 – 35 % [2].

Всі шкідливі речовини за характером дії на організм людини поділяються на шість груп [3]:

I – загальнотоксичні або загальносоматичні речовини – речовини, які діють на центральну нервову систему, кров і кровотворні органи (сірководень (H_2S), ароматичні вуглеводні, чадний газ (СО), ціаністий водень (HCN), хлор (Cl_2), бром (Br_2). За концентрацією цих речовин у повітрі повинен бути забезпечений безперервний контроль із сигналізацією про перевищення гранично допустимих концентрацій;

II – подразнюючі речовини – речовини, які діють на слизові оболонки очей, носу, гортані, шкіри (пари кислот, лугів, оксид нітрогену (NO_2), оксиди сульфуру (SO_2 і SO_3), тощо);

III – сенсibiliзуючі або алергени – речовини, які призводять до виникнення алергії (альдегіди, аміносполуки, зокрема, акрилонітрил, берилій, нікель, хлорофос);

IV – канцерогенні або бластомогенні речовини – речовини, що призводять до виникнення ракових пухлин. Це продукти перегонки нафти і кам'яного вугілля (похідні антрацену, бензпірен, мазути, гудрони, бітуми, асфальти, мастила, дьоготь, бензол, хлористий вініл), пил азбесту, арсен (As), меркурій (Hg), плюмбум (Pb), цинк (Zn), молібден (Mo), нікель (Ni), радіоактивні речовини;

V – мутагенні речовини – речовини, які призводять до зміни спадкової інформації (Pb, Mn, радіоактивні речовини);

VI – такі, що пригнічують репродуктивну функцію (меркурій, плумбум, манган (Mn), радіоактивні сполуки, хлоропрен, нікотин).

Важливими елементами моніторингу є визначення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин і домішок у повітрі, воді, ґрунті та продуктах харчування. Гранично допустима концентрація (ГДК) – це максимальна кількість шкідливих речовин в одиниці об'єму або маси середовища повітря, води або ґрунту, яка практично не впливає на стан здоров'я людини. ГДК встановлюється компетентними установами, організаціями, комісіями як норма [1,3].

Для оцінки якості атмосферного повітря встановлено три категорії ГДК: середньодобова (ГДК_{с.д.}), максимально разова (ГДК_{м.р.}) та гранично допустима концентрація в робочій зоні (ГДК_{р.з.}).

ГДК_{с.д.} – встановлена для попередження загально токсичного, канцерогенного, мутагенного й іншого впливу речовини на організм людини. Речовини, що оцінюються по цьому нормативу, мають здатність тимчасово або постійно накопичуватися в організмі людини.

ГДК_{м.р.} – основна характеристика небезпеки шкідливої речовини, встановлена для попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття запаху, світлової чутливості, біоелектричної активності головного мозку) при короткочасному впливі атмосферних домішок (до 20 хвилин). По цьому нормативу оцінюються речовини, що мають запах або впливають на інші органи почуттів людини.

Концентрації забруднюючих речовин порівнюються з гранично-допустимими концентраціями в повітрі робочої зони ГДК_{р.з.}. ГДК_{р.з.} – це така концентрація, вплив якої на людину в разі її щоденної регламентованої тривалості (щоденна дія при 8-годинній роботі, але не більш ніж 40 годин протягом тижня) не призводить до зниження працездатності чи захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя. Вміст шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у виробниче приміщення не повинен перевищувати 0,3 ГДК.

Вимірюється ГДК у мг/м³. Перелік ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони наводиться у нормативній літературі [У

державних стандартах наведено більше 700 речовин, для яких встановлені значення ГДК (ГДК бензпірена дорівнює $0,00015 \text{ мг/м}^3$, ГДКВе = $0,001 \text{ мг/м}^3$, ГДКРв = $0,01 \text{ мг/м}^3$).

Для всіх об'єктів, які забруднюють атмосферу, розраховують і встановлюють гранично допустимі викиди (ГДВ). ГДВ – це кількість шкідливих речовин, яка не повинна перевищуватися під час викиду в повітря за одиницю часу, щоб концентрація забруднювачів на межі санітарної зони не була вищою, ніж ГДК.

Гранично допустимий викид шкідливих речовин визначається за формулою [1]:

$$ГДВ = k_p \cdot ГДК, \quad (1)$$

де k_p – коефіцієнт розсіювання викинутого за 1 с забруднення до допустимої норми;

$ГДК$ – гранично допустима концентрація шкідливої речовини, мг/м^3 .

При розрахунку ГДВ необхідно враховувати ефект розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосфері. Розсіювання викидів в атмосфері залежить від: висоти джерела викида шкідливих речовин; секундного об'єму викинутих забруднень; різниці температур викинутої газової суміші та атмосферного повітря; умов вертикального та горизонтального розсіювання (температурної стратифікації); швидкості осідання забруднювальних речовин, їхньої фонові концентрації [4].

Згідно з нормативно-технічною документацією, нормування якості навколишнього природного середовища здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу на це середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду, забезпечує раціональне використання та відтворення природних ресурсів за умов сталого розвитку господарської діяльності. В Україні розроблені та діють нормативи ГДК, перевищення яких за певних умов негативно впливає на стан здоров'я людини.

За наявності в атмосферному повітрі декількох речовин, які здатні діяти спільно, сума їхньої концентрації не повинна перевищувати одиниці [1]:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_3}{ГДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (2)$$

де C_1, C_2, C_3, C_n – фактичні концентрації речовин в атмосферному повітрі;

$ГДК_1, ГДК_2, ГДК_3, ГДК_n$ – гранично допустимі концентрації даних речовин.

Ефект сумачії мають: ацетон та фенол; озон, діоксид азоту та формальдегід; оксид вуглецю, діоксид азоту, гексан; сірчистий ангідрид та аерозоль сірчаної кислоти; сірководень; сірчистий ангідрид і діоксид азоту; сірчистий ангідрид, окис вуглецю, пил; сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, діоксид азоту та фенол; аміак та оксиди азоту; сильні мінеральні кислоти (сірчана, соляна та азотна).

Для того щоб визначити стан забруднення повітря, спричинений одночасно декількома речовинами, часто використовують комплексний показник – індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Для його розрахунку нормовані на відповідні значення ГДК, середні концентрації домішок за допомогою розрахунків приводять до концентрації діоксиду сірки, а отримані значення додають. Отриманий таким чином показник ІЗА вказує, у скільки разів сумарний рівень забрудненості атмосфери кількома речовинами перевищує ГДК діоксиду сірки. Для кожного населеного пункту визначено конкретний перелік п'яти пріоритетних домішок, за якими розраховується індекс забруднення атмосфери ІЗА. Викиди характеризують за кількістю забруднювальних речовин, їхнім хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.

Контролюють забруднення атмосфери за допомогою стаціонарних і пересувних станцій. Усередині компактно розміщена складна апаратура, призначена для вимірів кількості забруднюючих речовин. Основна програма контролю якості повітря включає 4 види забруднення: пил, двоокис сірки, окисли азоту й окис вуглецю, тобто речовини, що присутні в повітрі, а також ряд специфічних речовин (у разі потреби). До контрольованих речовин відносяться сажа, пари сірчаної кислоти, аміаку, сірководень, сірковуглець, фенол, фтористий водень, хлор, і ін. Важливе місце приділяється визначенню концентрації важких металів у повітрі деяких міст

(ртуть, свинець, залізо, марганець, нікель, хром, олово, ванадій, цинк і ін.)

Харківський обласний центр з гідрометеорології проводить спостереження за забрудненням атмосферного повітря міста на 10 стаціонарних пунктах спостереження (ПСЗ), обладнаних лабораторіями «ПОСТ-1» та «ПОСТ-2». Найпоширеніші речовини, які надходять до атмосферного повітря від стаціонарних джерел, це пил, діоксид сірки, діоксид азоту, оксид вуглецю. Контролюється вміст 20 забруднюючих речовин [4].

Середньорічна концентрація пилу в цілому по місту становить $0,09 \text{ мг/м}^3$, гранично допустима концентрація (ГДК) середньодобова дорівнює $0,15 \text{ мг/м}^3$, тобто середньорічна концентрація пилу в цілому по місту не перевищує середньодобову гранично допустиму норму. Індекс забруднення атмосферного повітря пилом – 0,60. Середньорічна концентрація оксиду вуглецю в цілому по місту збільшилась і становить $1,9 \text{ мг/м}^3$. Індекс забруднення атмосфери міста оксидом вуглецю 0,67.

Аналізуючи в цілому стан атмосферного повітря міста відмічаємо незначне зменшення вмісту пилу, діоксиду сірки, середньорічна концентрація $0,007 \text{ мг/м}^3$, заліза $0,99 \text{ мг/м}^3$, міді $0,12 \text{ мг/м}^3$, нікелю $0,02 \text{ мг/м}^3$, цинку $0,10 \text{ мг/м}^3$. Спостереження за станом атмосферного повітря м. Харкова за 5 останніх років відзначають тенденцію до погіршення по діоксиду азоту, сажі, нікелю, свинцю, хрому та оксиду вуглецю. Максимальні концентрації перевищували відповідні гранично допустимі максимально разові по сажі в 3,7 рази, діоксиду азоту в 2,4 рази, фенолу в 2,1 рази, оксиду вуглецю в 1,8 рази. Намітилась незначна тенденція покращення якості атмосферного повітря по сірководню, залізу, марганцю, міді та бенз(а)пирену.

Викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин підлягають періодичній інвентаризації, тобто систематизації відомостей про розподіл джерел викидів на території об'єкта, їхню кількість та склад. Метою інвентаризації є: визначення викидів шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу від об'єктів; оцінювання впливу викидів на навколишнє середовище, встановлення ГДВ або ТПВ; вироблення рекомендацій з організації контролю викидів; оцінювання стану очисного обладнання та екологічності технологій і виробничого обладнання; планування черговості природоохоронних заходів.

Послідовність виявлення джерел забруднення атмосфери :

- визначення виду шкідливих речовин у джерелах викидів їх координування;
- встановлення контрольних точок і розмірів санітарно-захисної зони;
- отримання даних про метеорологічні умови і фонові забруднення;
- заміри параметрів джерел викидів: висоти, температури, швидкості, вологості газів, концентрації небезпечних речовин у шкідливих викидах;
- розрахунок параметрів викидів і їх розсіювання в просторі та часі;
- отримання дозволу на викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Закон про охорону атмосферного повітря створює необхідні умови для підвищення ефективності системи спостереження за станом атмосферного повітря. Такий контроль здійснюється в багатьох містах. Він є складовим елементом загальнодержавної служби спостереження і контролю за рівнем забруднення природного середовища.

Література:

1. Стольберг Ф. В. Экология города: учебник / Ф. В. Стольберг. – Киев: Либра, 2000 – 464 с.
2. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров'я людини та екологія: Учебное пособие. – К.: Вища школа, 2000. – 143с.
3. Луканин В.М. Промислово - транспортна екологія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В.М. Луканин, Ю.В. Трофименко – К.: Вища школа, 2001. – 273 с.
4. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря: навч. посібник / В. Г. Клименко, О. Ю. Цигічко. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010 – 127 с.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Хавківській області. Харківська обласна державна адміністрація. – Харків 2015.

УДК 69:624.05

ВИКОРИСТАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ СТРІЛОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЗВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

USING SMALL SIZED JIB EQUIPMENT FOR CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Мудрий І.Б., к.т.н. (НУ"Львівська політехніка", м. Львів)

I.B. Mudryj, Ph.D. (National University "Lviv Polytechnic")

У статті проведено аналіз особливості застосування малогабаритної стрілової техніки в сучасних умовах зведення будівель та споруд. Показано, що міні крани можуть бути ефективно використані на процесах зведення фундаментів у громадсько-житловому будівництві.

In the article are conducted analysis of feature of application a small jib machinery in the modern conditions of construction a buildings and structures. Proved that the mini-cranes type "spider" may be effectively used in the process of construction of foundations in civil building and housing while placing tape and columnar foundations in monolithic and prefabricated versions. We can determine the main dimension of mini cranes by carrying capacity according to current standards. Using of mini cranes in construction can solve the problem associated with the creation of additional mechanized jobs and execution of works within a dense urban areas where classical large cranes couldn't find application because of their geometrical characteristics.

Ключові слова - міні крани, кран типу "павук", максимальна вантажопідйомність, мінімальна вантажопідйомність, маса крана, вантажний момент, максимальний виліт стріли, максимальна висота підймання, розмірна група міні крана

Keywords – mini-cranes, cranes of type "spider", minimum carrying capacity, mass of cranes, load moment, maximum radius, maximum lifting height, size group mini crane.

Постановка проблеми. Аналіз ринку вантажопідйомної техніки [1] у сегменті стрілових автокранів показує відсутність моделей нових машин 1 та 2-ї розмірної групи за вантажопідйомністю. Більшість моделей закордонного виробництва (Liebherr, Sennebogen, Luna, TCM) мають вантажопідйомність починаючи з 35 т, вітчизняні (ДАК, ВАТ "КБФ Стріла") та країн СНД (торгових марок "Ульяновець", "Улиглич", "Галичанин", "Ивановец", "Донэкс" та ін.) мають нижчу межу від 16 т. В практиці будівництва крани малої вантажопідйомності замінюють, як правило, краново-маніпуляторні установки (КМУ) та міні крани. Досвід застосування КМУ показує їх ефективність для робіт з малим плечем перевезень та відповідними умовами будівельного майданчика, а міні кранів в умовах щільної міської забудови та реконструкцій.

Легкі краново-маніпуляторні установки мають відносно обмежені технічні характеристики у порівнянні з кранами 1...3 розмірної групи, так вантажопідйомність їх складає до 3,3 т при максимальному вильоті стріли до 8,0 м. Здатність суміщати транспортні та вантажопідйомні операції робить ефективними ці машини при невеликих обсягах транспортно-монтажних робіт. За технічними характеристиками з кранами можуть конкурувати важкі КМУ з максимальним вантажним моментом більше 380 кНм, але вартість таких установок без шасі співрозмірна із вартістю 16-ти тонного автокрана [2], що значно обмежує їх застосування у вітчизняній практиці зведення.

Мета роботи. Визначити можливість використання міні кранів в практиці будівництва в сегменті стрілових кранів 1-2-ї типорозмірної групи.

Виклад основного матеріалу. Проведений скупний аналіз вантажопідйомних характеристик стрілових кранів 1-2 типорозмірної та міні кранів показує, що останні мають навіть більші технічні можливості за вильотом стріли (рис. 1) та можуть повністю замінити самохідні крани на процесах зведення. Практичний інтерес, через ширші технічні можливості та більшу модельну лінійку, мають крани "павуки". Такі крани випускаються на базі гусеничної платформи, до якої прикріпиться телескопічна стріла, система аутригерів та елементи керування. Випускаються від малих вантажопідйомністю - 0,62 т (Hoeflon C05, $L_{\max}=4,0\text{м}$) до великих моделей UNIC URW-1006 при $Q_{\max}=10\text{т}$, $L_{\max}=21,9\text{м}$.

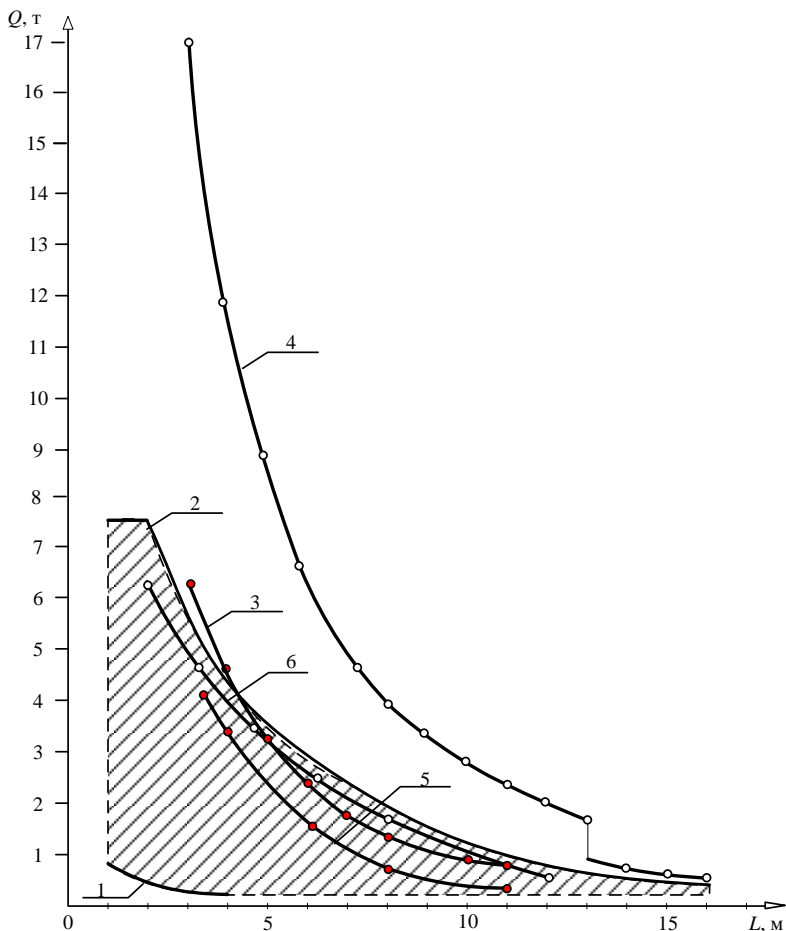


Рис. 1. Розподіл вантажних характеристик вантажопідіймних машин: 1 міні-крана C05 (Ноефлон (Голандія)); 2 міні крана SPX1275CDH (Jekko (Італія)); 3 автомобільного крана КС-2561; 4- автомобільного крана КС-35719-3; 5- автокран КС-1562А; 6- автокран КС-2571А

Для таких механізмів характерна:

- сучасна системи дистанційного керування з можливістю виведення на дисплей детальної інформації про вагу вантажу,

заданих «віртуальних стінах», небезпечних робочих зон, стан двигуна та ін.;

- системи гідравлічного змінного обладнання (гідравлічний гусак, гідровакуумний маніпулятор-захват та ін.), для виконання різні маніпуляції з вантажем;

- режимом «міліметрового ходу», що дозволяє проводити роботи з максимальною точністю;

- легкість у транспортуванні, кран має можливість власним ходом піднятись на причеп по апарелях під кутом 20-35°.

- функція «віртуальні стіни», що забезпечує безпеку при роботі в стиснених умовах;

- можливість працювати в умовах де використання вантажопідійомних машин з двигунами внутрішнього згорання з ряду причин неможливе;

- довжину та розташування кожної ноги крана-павука можна налаштувати окремо, що дозволяє встановлювати його на будь-яку нерівну поверхню без втрати стійкості.

Головними параметрами міні кранів, як і стрілових автокранів, є: вантажний момент M , тм; максимальна вантажопідійомність Q , т; максимальний виліт стріли L_{max} , м; максимальна висота піднімання H , м; маса крана m_k , т. Аналіз технічних характеристик таких машин показує, що Q_{max} для більшості моделей не перевищує 3т (рис. 2а), але існують одиничні моделі з відносно високою вантажопідійомністю, зокрема UNIC URW-1006 для якого $Q_{max}=10т$, $L_{max}=21.9м$, що відповідає вітчизняним кранам 3-ї розмірної групи. За величиною вантажопідійомності Q_{max} крани-павуки можна умовно розділити на три групи:

- 1 - вантажопідійомністю до 4-х т з вантажним моментом $M=0,6-10$ т·м, це фактично 90% всіх існуючих на світовому ринку моделей (1-а розмірна група);

- 2- вантажопідійомністю до 6,3-х т з вантажним моментом $M=10-16,2$ т·м, 5% (2-а розмірна група);

- 3 - вантажопідійомністю до 10 т з вантажним моментом $M=7,5-11$ т·м, 5% (3-а розмірна група).

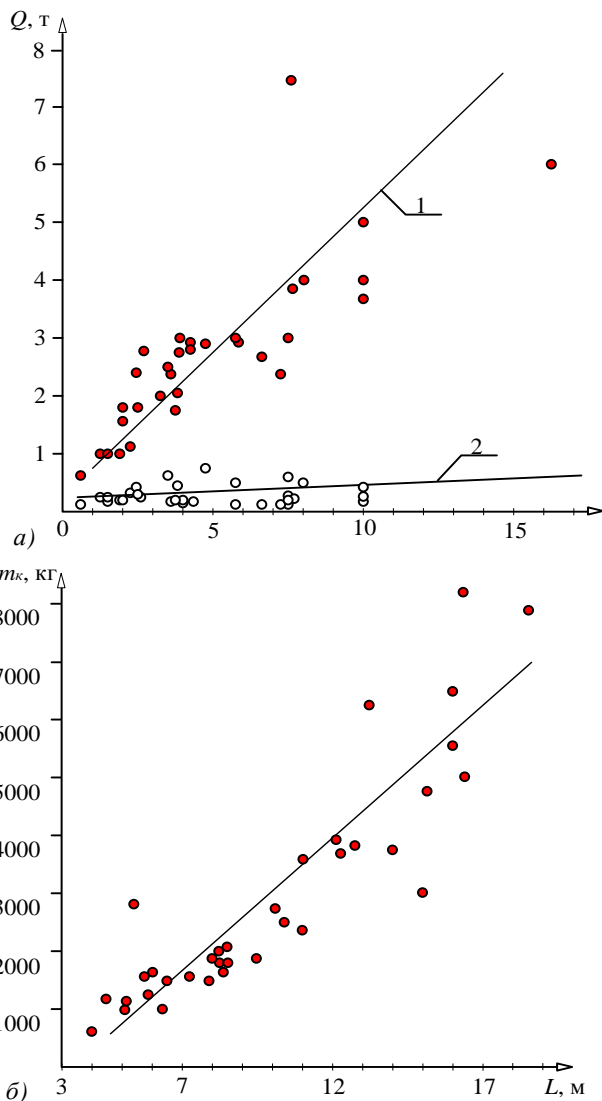


Рис. 2. Залежність основних технічних параметрів кранів-павуків: а) вантажопідйомності Q від вантажного моменту M ; б) маси крана m_k від вильоту стріли L ; 1 - максимальна вантажопідйомність крана Q_{max} ; 2 - мінімальна вантажопідйомність крана Q_{min} .

Проведений аналіз показав, що міні крани можуть бути ефективно використані у процесах зведення фундаментів у громадсько-житловому будівництві під час облаштування стрічкових та стовпчастих фундаментів, для яких максимальна маса фундаментних блоків становить 1,2...1,3 т, а блоки масою 0,3...1,0 т становлять 79,5 % від загальної їх кількості [3], чи зведенні монолітних конструкцій для яких максимальна маса елементів опалубки коливається у межах 0,3т [4]. За статистичними даними [5], котловани за шириною змінюються у межах від 5 до 35 м, із середньою глибиною подачі конструкцій 12 м [6], з відповідно середнім вантажним моментом 3,6-12 т·м при зведенні збірних чи монолітних фундаментних конструкцій. Як видно з рис. 2,б влаштування таких конструктивних рішень можуть забезпечувати значна група міні кранів різної вантажопідйомності.

Висновки. Досвід застосування закордоном міні-кранів показує ефективність їх використання на будівельних майданчиках у межах щільної міської забудови, де класичні великогабаритні крани не знайшли б свого застосування через свої геометричні характеристики. Проведені розрахунки показали, що вартість машино-години роботи, наприклад міні крана МС305-2 CRM (Е) складе -198,9 грн, що є суттєво нижчою у порівнянні із експлуатацією стрілових чи баштових кранів мінімальної вантажопідйомності.

1. <http://www.autocranes.com/katalog-avtokranov>. 2. Малютин Л.: Основные средства/ Л.Малютин/ Придет ли КМУ на смену автокрану?/ №7. 2009. 3. Чебанов Л.С. Универсальное применение машин в строительстве / Л.С Чебанов, А.В. Фролов. – К.: Будівельник, 1994. – 288 с. 4. Осипов О.Ф. Технология применения бетоноукладочных машин при реконструкции промышленных предприятий. Дис. ... канд. тех. наук: 05.23.08 / Осипов Олександр Федорович К., 1989. - 156 с. 5 Коций Я.Й. Технология экскаваторной разработки котлованов с учетом сложности их геометрии. – Дис. ... канд. тех. наук: 05.23.08/ Коций Ярослав Йосипович – К., 1989 – 158 с. 6. Иванейко И.Д. Ресурсосберегающая технология устройства котлованов с учетом затрат на последующие процессы. – Дис. ... канд. тех. наук. – К.: КИСИ. 1993 –195

УДК 528.486.023: 625.72

**ВПИСАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАДИУСОВ В
ТАНГЕНЦИАЛЬНЫЙ ХОД ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ
ДОРОГИ ПРИ ПОЛЕВОМ ТРАССИРОВАНИИ**

**MAXIMUM RADIUS ENTERING IN TANGENTIAL ROAD
ROUTE DURING TRACING IN THE FIELD**

**Мусяненко И.В., к.т.н., доц. (Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет)**

**Musiienko I.V., Ph.D., associate professor (Kharkiv National
Automobile and Highway University)**

У статті розглядається випадок польових вишукувань, коли автомобільна дорога проектується і розбивається в польових умовах. Для системної оцінки траси пропонується додавання операції попереднього вимірювання відстаней і кутів повороту траси, робиться наголос на вписанні можливо максимальних радіусів в кути повороту.

In the article the field road design case has been considered. Angle and distance measurement for system evaluation has been offered. Maximum radius entering in tangential road route during tracing has been described.

Ключевые слова: проектування автомобільної дороги, радіус траси автомобільної дороги у плані, вимірювання кутів та відстаней.

Keywords: road design, road route radius in horizontal alignment, angle and distance measurement

В практике трассирования автомобильных дорог (особенно низких технических категорий) имеет место быть случай отсутствия камерального трассирования, т.е. предварительного трассирования по топографическим картам крупных масштабов. В данном случае при полево м трассировании идёт не вынос в натуру трассы, а трассирование на местности «с нуля». В качестве исходной

информации проектировщики и геодезисты имеют исходный и конечный пункт автомобильной дороги, а также полосу местности, вдоль которой пройдёт будущая дорога. При такой постановке вопроса вносится определённая относительно приблизительного положения вершин углов поворота, но остаётся открытым вопрос какой радиус для круговой кривой в плане вписывать в угол поворота.

Украинские нормы регламентируют минимальные радиусы (в зависимости от типа рельефа и технической категории автомобильной дороги), а также регламентируют рекомендуемый радиус (3000 м) [1]. Если не удаётся вписать минимальный радиус круговой кривой, регламентируемый нормативами, необходимо изменять положение вершин углов поворота. Если минимальный радиус круговой кривой вписывается в угол поворота, по традиционной схеме радиус подбирается итерационно, без учёта ограничений следующего угла поворота.

В работе [2] показана необходимость вписания максимально возможного радиуса круговой кривой в плане с целью увеличения безопасности дорожного движения. Геодезист должен знать, какой максимальный радиус он может вписать в данный угол поворота. Решение этого вопроса при полевом трассировании осложняется отсутствием данных по последующим расстояниям между вершинами углов и самим значениям углов поворота. Другими словами, в данной ситуации можно констатировать отсутствие системного подхода при решении задачи вписания максимального радиуса, т.е. формирование характеристик элементов закругления без системного учёта влияний «соседних» элементов закруглений.

В связи с вышесказанным целесообразно в этап рекогносцировки местности добавить измерение расстояний между углами поворота и углы поворота. Данные измерения удобно производить при помощи электронных тахеометров. Эта предварительная информация крайне важна для системной оценки трассы автомобильной дороги, оценки возможности вписания в трассу максимально возможных радиусов.

Вопрос вписания в трассу автомобильной дороги максимально возможного радиуса целесообразно решать, рассматривая три схемы:

1 схема – вписание максимально возможного радиуса в трассу с одним углом поворота;

2 схема – вписание максимально возможного радиуса в трассу с двумя углами поворота;

3 схема – вписание максимально возможного радиуса в трассу с n -м количеством углов поворота.

В рамках данного исследования рассмотрим первые две схемы.

В первой схеме возможны три случая:

1) первое расстояние между вершинами углов поворота S_1 (между началом трассы и вершиной первого угла поворота) больше второго расстояния S_2 (рисунки 1а);

2) первое расстояние между вершинами углов поворота S_1 (между началом трассы и вершиной первого угла поворота) меньше второго расстояния S_2 (рисунки 1б);

3) первое и второе расстояние между вершинами углов поворота равны между собой.

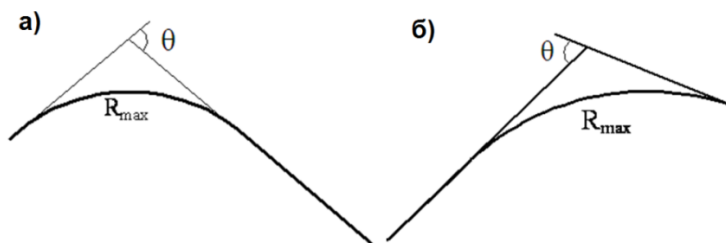


Рис. 1 Вариант трассы с одним углом поворота:
а) ($S_1 < S_2$); б) ($S_1 > S_2$)

В первом случае максимальный радиус будет при условии равенства тангенса (T) и первого расстояния между вершинами углов поворота S_1 , т.е. $S_1 = T \Rightarrow R_{\max}$. Во втором случае $S_2 = T \Rightarrow R_{\max}$ и в третьем случае $S_1 = S_2 = T \Rightarrow R_{\max}$ соответственно.

Тангенс находим по формуле:

$$T = R_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

где R_{\max} - максимальный радиус, который можно вписать в вершину угла, м;

θ - угол поворота, градусы.

Исходя из вышеприведенных условий:

$$S_1(S_2) = R_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}. \quad (2)$$

Тогда максимальный радиус будет равен:

$$R_{\max} = \frac{S_1(S_2)}{\operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}. \quad (3)$$

Во второй схеме возможно несколько случаев, но рамках данной работы рассмотрим один ключевой случай, когда вписание максимального радиуса ограничивается расстоянием между вершинами углов поворотов, которое является общим для двух смежных углов поворота (рисунок 2).

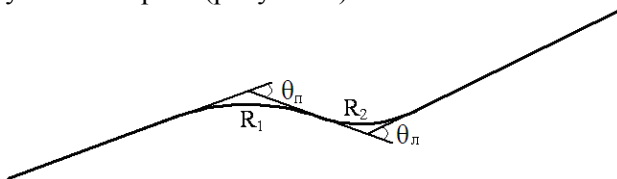


Рис. 2 Вариант трассы с двумя углами поворота: вписание максимального радиуса ограничивается расстоянием между вершинами углов общим для двух смежных углов поворота

В этом случае второй схемы мы имеем общее расстояние для двух углов поворота, которое нужно как-то «поделить» между двумя тангенсами. Очевидно, что радиусы между первым и вторым углом поворота должны быть равны, и тогда для этого случая они будут максимальны: $R_1 = R_2 = R_{\max}$.

Тангенсы для двух точек поворота будут находиться по формуле:

$$T_i = R_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta_i}{2}, \quad (4)$$

где θ_i – угол поворота, градусы.

Два тангенса T_1 и T_2 должны «лечь» в пределах расстояния между вершинами углов (S , м).

$$T_1 + T_2 = S, \quad (5)$$

Подставляем правые части формулы 4 в левую часть формулы 5:

$$R_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} + R_{\max} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} = S. \quad (6)$$

Преобразуем формулу 6 в следующий вид:

$$R_{\max} \left(\operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} + \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2} \right) = S. \quad (7)$$

Находим максимальный радиус R_{\max} , м:

$$R_{\max} = \frac{S}{\operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} + \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2}}. \quad (8)$$

При необходимости написания определённой прямой вставки (P , м), формула 8 примет вид:

$$R_{\max} = \frac{S + P}{\operatorname{tg} \frac{\theta_1}{2} + \operatorname{tg} \frac{\theta_2}{2}}. \quad (9)$$

Получено математическое решение для двух основных схем вписания максимального радиуса в тангенциальный ход трассы. Эти две схемы являются «кирпичиками» для реализации третьей схемы – трассы с n -ым количеством углов поворота (рисунок 3).

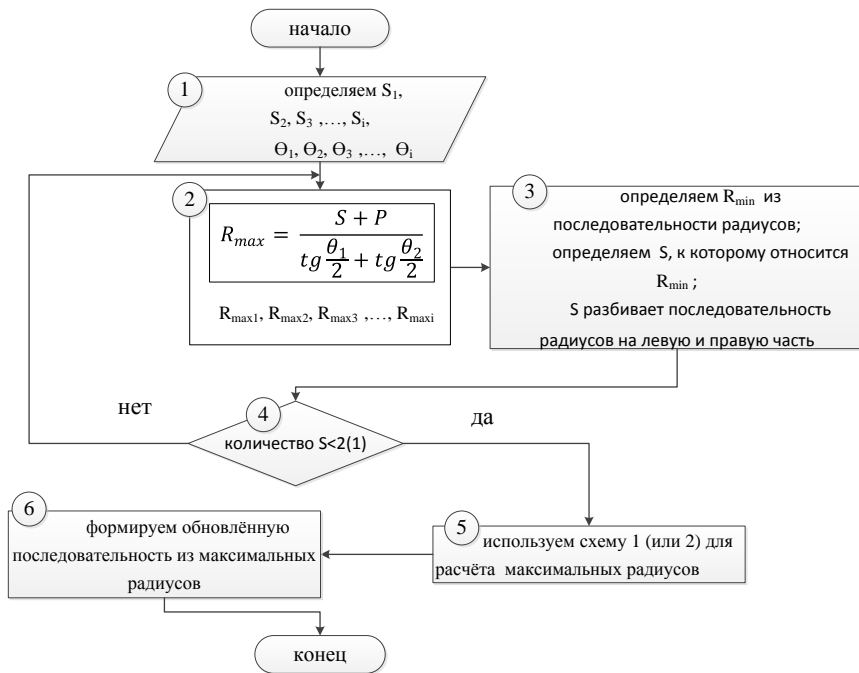


Рис. 3 Схема алгоритма вписания максимальных радиусов для третьей схемы – трассы с n-ым количеством углов поворота

Литература

1. http://www.ukravtodor.gov.ua/uploads/files/2014-09-08-10-10-48-.dbn_v.2.3-4-201kh_2014.07.28.pdf (ссылка действительна на 1.10.2016).

2. Мусієнко І.В. Лосьєв В.А. Необхідність вписання максимального радіусу у тангенційний хід траси автомобільної дороги // Наукові праці міжнародної науково-практичної конференції "Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті". -Харків: ХНАДУ, 2015. – С. 148-149.

УДК 528.4

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ РОЗВ'ЯЗОК НА ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ СМУГИ ВІДВЕДЕННЯ ЗЕМЛІ НА СТАДІІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF ROAD JUNCTIONS ON THE DEFINITION OF THE BOUNDARIES OF LAND ALLOTMENT ON THE STAGE OF ENGINEERING AND GEODESY

Павленко Н.В., к.т.н., доц. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків),

Pavlenko N.V, PhD. (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv.)

Розглянуті особливості проектування транспортної розв'язки для доріг високої категорії. Розглянуто декілька типів перехідних кривих, їх переваги та недоліки. Запроектвані ліво та правоповоротні зїзди на транспортній розв'язці з використанням різних типів кривих у системі CREDO та проаналізовано вплив проектного рішення на ширину смуги відведення землі під будівництво.

The features of the transport interchange design for the highest category of roads. We consider several types of transition curves, their advantages and disadvantages. Projected to the left and right turn to go on a road junction with the use of different types of curves in the CREDO system and analyze the effect of project decisions on the width of the strip of land acquisition for construction.

Ключові слова: транспортна розв'язка, дорога, перехідні криві, автоматизоване проектування, смуга відведення землі, вишукування.

Keywords: transportation, road, spirals, computer-aided design, the strip of land acquisition, exploration.

Нині в Україні проектування транспортних розв'язок і окремих зїздів зокрема регламентується існуючими нормами на проектування доріг [1], проте досі відсутнє керівництво для завдання і визначення рівнів обслуговування (LOS - Level of Service) транспортних споруд. Рівень обслуговування показує безпеку, комфортність, свободу і

швидкість руху (час в дорозі) водія. Для завдання необхідного рівня обслуговування, а також для оцінки рівня обслуговування існуючого або ж проектного рішення в Німеччині використовуються два документи. Це, відповідно, Норми для інтегрованого планування транспортних мереж (RIN 2008) [2,3] і Керівництво для оцінки дорожніх інженерних споруд (HBS 2001) [4]. У RIN 2008 окрім основ формування автодорожньої мережі, функціонального розділення транспортної мережі вказані важливі принципи оцінки рівня обслуговування в транспортній мережі. Всього в цій класифікації існує 6 рівнів: від "Учасники руху мають бажану свободу дій" до: "Транспортний потік характеризується високим навантаженням, який призводить до значних порушень свободи руху учасників руху". Дуже часто відбувається взаємодія між учасниками руху. У випадку якщо необхідного рівня обслуговування не досягається, робляться заходи по підвищенню рівня обслуговування відповідних частин транспортної розв'язки. Це може бути, наприклад, збільшення кількості смуг на з'їзді, розділення одного в'їзду на дві частини або облаштування напівпрямого лівоповоротного з'їзду.

З узагальнення досліджень режимів руху автомобілів на розв'язках, викладених в працях В.Ф.Бабкова, В.М. Візгалова, В.А. Гохмана, Е.М. Лобанова, А.Л. Мілашечкіна, І.Л. Полякова, В.В. Сильянова, В.А. Федотова, А.П. Шевякова та ін. впливає, що ключовими елементами, що визначають їх ефективність, є так названі міжпетлеві ділянки (МПД) і зв'язані з ними ділянки відгалужень. Параметри конструкції цих елементів визначають пропускну здатність, безпеку і зручність руху не тільки на «лист конюшини», а й на інших типах розв'язок. З ростом інтенсивності руху короткі і, як правило, односмугові МПД, а також зв'язані з ними ділянки відгалужень і примикань вичерпують можливості безконфліктного переплетення, відгалуження і злиття автомобілів з транзитним транспортним потоком [5].

В Україні з часу затвердження діючого ДБН В.2.3-16 [6] внесені зміни в Земельний кодекс України, Закони України «Про автомобільні дороги», «Про дорожній рух», прийняті нові національні та галузеві стандарти, положення яких необхідно врахувати в новому документі. У зв'язку з цим перегляд ДБН В.2.3-16 [6] є актуальним завданням, вирішення якого дозволить раціонально використовувати державний земельний фонд за рахунок використання мінімальної ширини смуги відведення під автомобільну дорогу.

Перегляд ДБН В.2.3-4 [1] відбувався двічі – у 2007 та 2015 роках. Не зважаючи на більш пізніший термін розроблення ДБН В.2.3-16 [6], в ньому не були враховані положення з рекомендацій Р В.2.3-218-020 70915-206 [7], які набули чинності 2003 року. Як наслідок, спостерігаються неузгодженості між ДБН В.2.3-16 [6] та ДБН В.2.3-4 [1] і рекомендаціями Р В.2.3-218-020 70915-206 [7]. Крім того, неузгодженості мають місце між окремими положеннями в самому ДБН В.2.3-16 [6]. Переважно, неузгодженості стосуються основних геометричних параметрів автомобільної дороги.

В даній статті розглянуто види перехідних кривих і вибір найбільш вдалих варіантів в наш час, а також методика побудови головних елементів транспортної розв'язки та їх вплив на визначення межі смуги відведення на стадії інженерних вишукувань.

Основною перехідною кривою, що застосовується на автомобільних дорогах на території країн СНД є клотоїда, що відповідає умовам руху автомобіля з постійною швидкістю. На слайді наведені основні залежності кривизни та найменшої довжини клотоїди. Крива типу кадїоїда запропонована проф. О.О.Білятинським та Тарановим із умови гладкості графіка відцентрових прискорень при, знов таки, постійній швидкості руху автомобіля.

Оскільки на криволінійних ділянках в багатьох випадках неможливо, а інколи і не потрібно, забезпечити постійну швидкість руху автомобіля, проф. Федотовим були запропоновані криві сімейства ПЕРС. Про необхідність розрахунку кривих на змінну швидкість говорили іще німецькі дослідники першої половини ХХ сторіччя, ними була запропонована, так звана, гальмівна крива – Bremskurve [8].

Крива змінної швидкості руху – VGV Kurve, запропонована Г.В. Величко, передбачає закономірність зміни кривизни для забезпечення безпечного і зручного руху з гальмуванням і розгоном. Ця крива нормується за трьома критеріями: коефіцієнт поперечної сили має бути меншим, ніж розрахунковий; обов'язкове забезпечення стійкого руху автомобіля без проковзування й бічного заносу; забезпечення рівномірної зміни діючих на автомобіль прискорень. Головна відмінність даної кривої від раніше розглянутих полягає в тому, що її кривизна залежить не від довжини пройденої ділянки l , а від часу проїзду по ній t [8].

В даний час проектувальниками ведеться пошук раціональних траєкторій, які забезпечують мінімальний час маневрів і максимальну зручність і безпеку руху в місцях розгалуження і злиття транспортних потоків не тільки для транзитних перевезень, а й для транспортних потоків, відгалужуються і вливаються в основний потоку.

Для досягнення високої якості цих розв'язок радіуси з'їздів не є ключовими параметрами. Довжини, форми траєкторій розгонів і гальмувань, число смуг руху, способи їх відділення від транзитного транспортного потоку істотно відрізняються від аналогічних елементів транспортних розв'язок, побудованих в країнах СНД. Встановлено, що радіуси з'їздів, застосовуваних за кордоном в ряді випадків істотно (в 1,5-2 рази) менше, а ділянки траєкторій для руху зі змінною швидкістю, як правило, криволінійні, і навпаки, істотно (також, в 1, 5 2 рази) довше, ніж в країнах СНД.

Основні проблеми, що існують при проектуванні транспортних розв'язок наступні:

- формальне застосування принципів і норм проектування, виходячи з концепції і елементної геометричної бази для постійної швидкості (на розв'язках застосовують ту ж методику нормування і ті ж перехідні криві, і при звичайному трасировке доріг;
- відсутність методик обґрунтування таких показників, як кордони зміни швидкостей розгону і гальмування, розрахункових коефіцієнтів поперечної сили, швидкості наростання загальних і відцентрових прискорень.

В результаті склалася ситуація, при якій необхідна для безпеки і зручності руху плавність трас може підвищуватися:

- або клоотоїди, в основному тільки за рахунок збільшення радіусів і кутів закруглений, що далеко не завжди можливо за умовами місцевості або з економічних міркувань;
- або з іншими перехідними кривими, теоретичне обґрунтування яких має враховувати всі актуальні для безпеки і зручності критерії.

У роботі пропозиції проаналізувати функціональні властивості різних перехідних кривих в програмі VGV_Kurve.exe і в результаті аналізу показати користувачам системи ДОРОГИ можливість проектування осей ліво- і правоповоротних з'їздів по готовим координатам обриси будь-якого типу кривої. Дана методика дозволить проектувальникам розширити можливості варіантного проектування осей з'їздів, що призведе в кінцевому підсумку до функціонального підходу при проектуванні транспортних розв'язок

Виконано порівняння розглянутих перехідних кривих за наступних вихідних умов: кінцевий радіус – 35 м; довжина – 110 м при змінній швидкості руху : швидкість на початку кривої $v_0=90$ км/год; швидкість в кінці кривої $v_1=32$ км/год. Як бачимо, в таблиці 1 наведені розраховані для даних умов руху коефіцієнти поперечної сили μ для всіх типів перехідних кривих, розраховані в програмі CREDO. Так, для клоатоїди та кадїоїди значення коефіцієнта поперечної сили набагато перевищує нормативні 0,15 [1]. Крива VGV Kurve відповідає вимогам безпеки рухи.

Таблиця 1

Зміна коефіцієнтів поперечної сили при русі по кривій

Пройдений шлях, l , м	Швидкість, v , км/год	Коефіцієнт поперечної сили, μ				
		Клоатоїда	Кадїоїда	ПЕРС	Bremskurve	VGV_Kurve
0	90,00	0,020	0,020	0,020	0,02	0,02
10	86,35	0,167	0,054	0,028	0,028	0,068
20	82,54	0,287	0,143	0,060	0,037	0,086
30	78,55	0,382	0,257	0,107	0,046	0,100
40	74,34	0,450	0,371	0,162	0,057	0,111
50	69,88	0,492	0,467	0,219	0,068	0,121
60	65,12	0,507	0,529	0,271	0,081	0,131
70	59,98	0,496	0,547	0,309	0,095	0,141
80	54,35	0,459	0,519	0,327	0,111	0,152
90	48,07	0,396	0,445	0,319	0,131	0,162
100	40,83	0,306	0,331	0,275	0,155	0,175
110	32,00	0,190	0,190	0,190	0,19	0,190

Зовнішній вигляд перехідних кривих у плані та їх кути також проаналізовано і представлено у вигляді зображення на рисунку 1. Результати моделювання кривих ілюструють істотні відмінності в їхніх обрисах. Ці відмінності говорять про те, що настільки ж порізному ці криві будуть забезпечувати зручність та безпеку руху із заданим уповільненням. На етапі варіантного проектування елементів транспортної розв'язки обов'язково буде актуальним питання

визначення межі відведення землі під будівництво об'єкту, тому були змодельовані вибрані геометричні елементи для зображення їх у плані наряду з моделюванням функціональних властивостей.

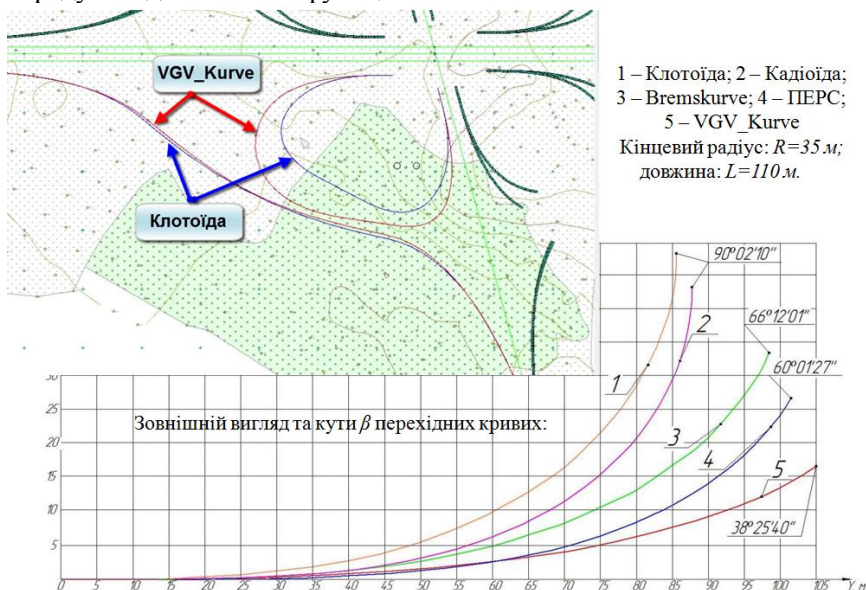


Рис.1 – Зовнішній вигляд перехідних кривих у плані та їх кути β

Розглянемо можливість вдосконалення конструкції транспортних розв'язок з використанням різних кривих. Одна із ділянок транспортної розв'язки, що має складність при проектуванні – міжпетлева ділянка, що розташована між початками осей суміжних відгалужень на якій відбувається переплетення траєкторій руху з'їжджаючих з основної дороги і в'їжджаючих на неї автомобілів, що здійснюють маневр відгалуження. Потенційна небезпека вживаних в розв'язках односмугових міжпетлевих ділянок обумовлена конфліктами швидкостей усіх автомобілів, які вимушені як уповільнювати, так і прискорювати рух на одній і тій же смузі. Ці конфлікти загострюються у випадках, коли конструкції зв'язаних з міжпетлевою ділянкою примикань і відгалужень не пристосовані для руху зі змінною швидкістю.

Для проектування елементів транспортної розв'язки необхідно використати основні структурні основи автоматизованого проектування доріг: для побудови вузла транспортної розв'язки одна з

напрямку дороги були політрасовим об'єктом – дорога з розділювальною смугою, а перехресний напрямок – дорога у вигляді монотрасового об'єкту.

Розглянемо послідовність дій для проектування транспортної розв'язки

Перед проектуванням поздовжнього профілю необхідно призначити параметри розділювальної смуги та чорний профіль на цифровій моделі місцевості. Поздовжній профіль осей політраси проектувався за допомогою ескізної лінії та керівних точок. Для того, щоб під майбутнім шляхопроводом позначки бровки в обох напрямках руху були однаковими, використано метод побудови поздовжнього профілю зустрічного напрямку. Поздовжній профіль дороги другої категорії, що проходить поверх політраси та має позначку керівну у вигляді шляхопроводу проектується також способом оптимізації "не нижчу ескізної лінії". Після проектування поздовжнього та поперечних профілів перехресних доріг та обґрунтування необхідності використання різних кривих в програмі CREDO ДОРОГИ запроєктовано координатне положення осей майбутніх право та лівозворотних з'їздів транспортної розв'язки. В результаті проектування маємо головні осі нашої розв'язки (рисунк 2).

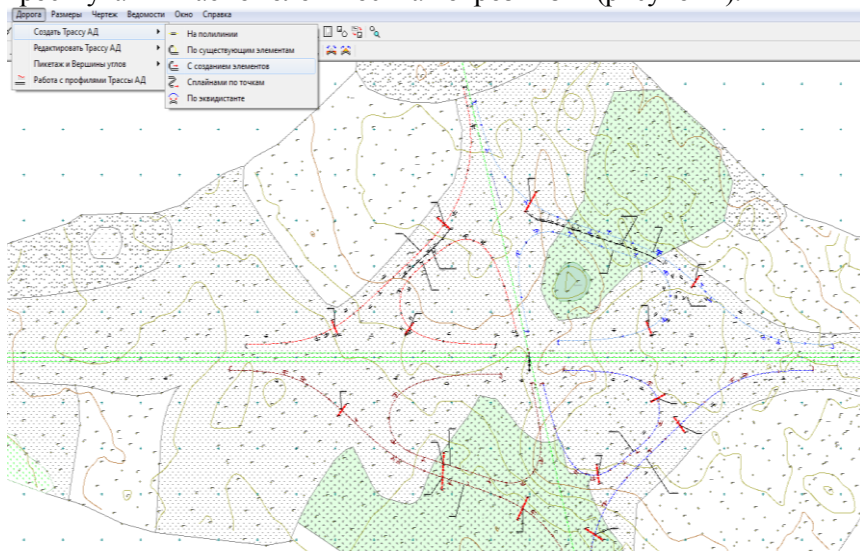


Рис. 2 – Загальний вигляд основних осей елементів транспортної розв'язки, побудованих в системі CREDO ДОРОГИ

Стає очевидним, що при функціональному проектуванні міжпетлевих ділянок і відгалужень, планування центральної частини лівозворотних з'їздів практично завжди включатиме ділянку сполучення дуг двох досить віддалених одне від одного кіл. Враховуючи значну довжину цієї ділянки і високу вірогідність його подолання зі змінною швидкістю, його доцільно конструювати також кривими змінної швидкості руху типу VGV_Kurve. Там же, де незначна довжина цієї ділянки і подовжній ухил не дозволяють рухатися зі змінною швидкістю, його можна конструювати з клотоїдами. Виходячи з міркувань такої функціональності, в тупому куту кола відгалуження були зв'язані розгінними і гальмівними кривими типу VGV_Kurve з довжинами кривих по 120 м, а в гострому - клотоїдами завдовжки по 50 м (рисунок 2).

У першому випадку конструктивні властивості кривих типу VGV_Kurve дозволяють здійснити це сполучення без небажаної прямої вставки. Аналогічне сполучення з клотоїдами конструктивно нездійсненно із-за великого кута їх дуги $\beta_{\text{клот}} = 230^\circ$, який перевищує максимально допустимий для цього прикладу кут $\beta_{\text{max}} = 209^\circ$. Неминуча з клотоїдами пряма вставка створить умови для підвищення швидкості, яка не може бути безпечно погашена на клотоїді, а також необгрунтовано збільшить зміщення осі відгалуження відносно пропонованого рішення з VGV_Kurve (у цьому прикладі до 15 м), що приведе до істотного збільшення площі розв'язки і довжин правозворотних з'їздів.

Розглянута можливість використання різних типів перехідних кривих на елементах транспортних розв'язок. З'ясовано, що використання традиційних типів кривих для лівозворотних з'їздів та правозворотних з'їздів, а також міжпетлевих ділянках не є ефективним з точки зору безпеки руху. Використання нового типу кривої призводить до зниження коефіцієнту поперечної сили майже вдвічі. Для їх якісного проектування необхідне розширення існуючої елементної бази більш досконаліми, ніж клотоїда, перехідними кривими, які відповідають умовам руху зі змінною швидкістю та можуть влаштовуватися набагато більшої довжини, ніж клотоїда. Порівняння декількох типів перехідних кривих за коефіцієнтом поперечної сили показало, що клотоїда є найменш зручною для руху автомобілів зі змінною швидкістю. Також влаштування клотоїдних перехідних кривих неможливе при малих кутах повороту та коротких відстанях між ними. На стадії варіантного проектування геометричних

елементів транспортної розв'язки постане питання про вписування в тулі кути повороту кривих. Запропоноване використання та наглядна демонстрація переваг кривих змінної швидкості руху дозволить зменшити площу відведення землі, але збільшить вартість будівництва за рахунок використання кривих більшої довжини. Це зумовить перепробіг транспортних засобів, але значно зменшить небезпеку руху на міжпетлевих ділянках та збільшить відстань видимості на них при обранні маневру.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – Київ: Мінрегіон України, 2015. – 108 с.
2. Richtlinien für die Anlage von Autobahnen, Ausgabe 2008.
3. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Richtlinien für integrierte Netzplanung (RIN), Ausgabe 2008.
4. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen, Ausgabe 2001, Fassung 2009.
5. Величко Г.В. Функциональное проектирование транспортных развязок // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – №3.
6. ДБН В.2.3-16:2007. Норми відведення земельних ділянок для будівництва (реконструкції) автомобільних доріг. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 27 с.
7. Р В.2.3-218-020 70915-206-2003 Рекомендації по призначенню розмірів смуги відведення для доріг різних категорій. – Київ: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2003. – 16 с.
8. Величко Г.В. Развитие методологии нормирования и проектирования переходных кривых переменной скорости движения. «Наука и техника в дорожной отрасли», 2009, № 2.

УДК 7.012:693.7

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ПОКРИТТІВ ПІДЛОГ ДЛЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ І ПРОМИСЛОВИХ СПОРУД

THE USE OF MODERN COATINGS FOR FLOORS, WALLS, CIVIL BUILDINGS AND INDUSTRIAL BUILDINGS

Пасічник О.С. к.арх., доцент, Пасічник Р.В. к.т.н., доцент, Мельник О.В. студент (Луцький НТУ, м. Луцьк)

Pasichnyk O.S. Candidate Architecture, associate professor, Pasichnyk R.V. Candidate of technical science, associate professor, Melnik O.V. Student (Lutsk national technical university)

Підлога, як архітектурний елемент, має великий вплив на загальне враження від інтер'єру. У статті виявлені естетичні особливості матеріалів для підлоги, розглянуті і проаналізовані інноваційні підходи до проектування покриттів підлог у сучасній дизайнерській практиці. В процесі дослідження питання визначені основні види інноваційних підлог – 3D підлога, інтерактивна підлога, скляна підлога та жива плитка. Результати дослідження можуть бути використані як у навчально-методичній роботі так і на практиці.

The floor, as an architectural element, has a great influence on the overall impression of the interior. The article revealed the aesthetic features of the material for the floor, examined and analyzed innovative approaches to design floors coverings in modern design practice. The study questions the basic types of innovative flooring - 3D floor, interactive floor, glass floor and live tiles. Results of the study can be used in teaching work and practice.

Ключові слова: 3D підлоги, інтерактивна підлога, інноваційні підлоги

Keywords: 3D floor, interactive floor, innovative floor

Сьогодні підлоги значно впливають на загальне враження від приміщення і на якість житла. Як архітектурний елемент підлога є

частиною інтер'єру та виконує декоративні функції. Тому вибір покриття підлоги є важливим етапом формування внутрішнього простору будь-якого приміщення. Все більш популярними стають «інноваційні підлоги». Нові види оформлення підлоги в житлових та громадських приміщеннях – 3D підлога, інтерактивна підлога, скляна підлога та жива плитка.

Проблема даного наукового дослідження полягає у тому, що застосування інновацій до проектування покриттів підлоги є ще не розглянуті, проте стаття розкриває нові можливості для їх використання.

Метою статті є виявлення інноваційних підходів до проектування покриттів підлоги та їх аналіз у сучасній дизайнерській практиці.

Для досягнення поставленої мети та завдань у ході наукового дослідження було використано порівняльно-історичний метод, який дозволив простежити процеси виникнення і розвитку підлогового покриття у світовому та вітчизняному контекстах та встановити основні фактори впливу на його формування. Використано емпіричні методи: метод пасивного наукового спостереження, порівняння, статистичний метод, що дають змогу виявити особливості дизайнерських проектних рішень. Метод узагальнення та систематизації використаний для визначення проблем дизайну підлогового покриття у цивільних і промислових комплексних спорудах на сучасному етапі розвитку архітектури. Прогностичний метод був застосований для опису сучасних інноваційних тенденцій розвитку підлогового покриття та особливостей їх застосування в інтер'єрі. В результаті проведеного дослідження зроблені висновки на основі методу узагальнення.

Проблема історії розвитку покриття для підлоги піднімається Деборою Нідман і Фей Світом. Загалом Нідман керувалася загальноприйнятими рамками – дерев'яна і бетонна підлога [1]. А Світ звернув увагу на естетичний аспект підлог, досліджуючи їх різноманітність в інших країнах [2]. Після тривалого вивчення і вдосконалення почали з'являтися технології виготовлення та складові елементи наливних підлог [3; 4]. Питання вдосконалення не лише основних складових, а й термінології, розкривається в інтернет-джерелах. Технологія виготовлення інтерактивних підлог стає важливим аспектом досліджень [5]. Дослідники звертались до

історії розвитку підлог та технології виготовлення, проте оминали естетичний аспект інноваційних покриттів підлоги.

Покриття підлоги – один з найважливіших елементів дизайну середовища різних за призначенням просторів. Сьогодні, у дизайнерській практиці акцентується увага на поєднанні практичності покриття для підлоги та його естетичну сторону.

Нині існує тенденція до застосування новітніх технологій при створенні підлогового покриття – наливна 3D підлога, інтерактивна підлога, скляна підлога (підлогова інсталяція) та «жива» підлога.

Наливна 3D підлога – це полімерна заливка, яка наноситься на зображення і утворює суцільне безшовне покриття. Сьогодні наливні підлоги є досить різноманітними за своїм складом та процесом виготовлення. Зокрема, покриття декоруються попередньо-узгодженими кольоровими вкладками, завдяки яким в одному приміщенні можна створити підлогу різного кольору з різним зображенням чи текстурою.

За естетичним критерієм підлоги розрізняють за нанесенням графічних композицій та імітацій текстур.

В якості декоративного шару наливної 3D підлоги застосовується підкладка. Це може бути: малюнок, намальований на базовому покритті 3D підлоги; зображення або фото, надруковане на вініловій плівці за допомогою спеціального принтера; художня композиція з предметів; комбінація малюнка або візерунка з елементами декору; світлодіодна декоративна стрічка, укладена на підлоги 3D.



Рис. 1. Наливна 3D підлога: 1 – пісок із мушлями;
2 – бурхливий водоспад

Інтерактивна підлога – це зображення, яке проектується на підлогу й активно взаємодіє з людиною. Наприклад, дотиком до

поверхні підлоги можна виростити казкові квіти, розігнати хмари й грати у футбол. Інтерактивна підлога з легкістю може перетворити будь-який непрезентабельний простір в унікальний рекламний носій чи розвиваючий та ігровий простір для дітей. Винахід є джерелом творчого натхнення.

Характеристики інтерактивної підлоги: покриття працює в режимі реального часу; картинка встановлюється автоматично; одночасно реагує на рух групи осіб; доскональна точність переходу до наступного ефекту; доступний інтерфейс для експериментального використання нових ефектів; використання звукових ефектів; просте управління через Інтернет; якість відповідає реальності; автоматичне управління.

Особливості конструкції: модуль відеозахвату; проектор; програмне забезпечення.

Сфера застосування інтерактивної підлоги. Незвичайний пристрій можна використовувати в таких приміщеннях і об'єктах: в магазинах і торгових центрах (доступна навігація); вокзалах і аеропортах; медичних центрах (реабілітація певних категорій пацієнтів); дитячих кімнатах, ігрових залах; готельно-ресторанних комплексах; виставках і музеях.

На практиці доведено ефективність застосування пристрою в якості реклами. Вартість інтерактивної підлоги виправдає себе протягом короткого проміжку часу, при цьому ефект буде неймовірний: інтерес відвідувачів; сучасне оформлення приміщення; відмінність від конкурентів.

Залежно від побажань надана можливість: проектувати картинку або відео; додати функцію взаємодії з зображенням. Винахід функціонує за аналогією з планшетом, від якого відрізняється більшою площею. Інтерактивне покриття для дитячого садка, як і для інших навчальних закладів, представляє ефективний спосіб розвитку для дітей.

Якісне зображення позитивно впливає на дитячу психіку (сприяє адаптації дитини до нових умов, дозволяє в ігровій формі пізнавати світ). Незалежно від пори року і кліматичних умов діти можуть опинитися на футбольному полі, на березі океану. Вони мріють, фантазують. Інтерактивна підлога для дітей – своєрідний стимул для відвідування установи освіти.

Система дозволяє організовувати незабутні святкові заходи, які надовго залишаються в пам'яті дітей і дорослих. Також дана підлога

актуальна не тільки в дошкільних установах. Різноманітні ефекти здатні зацікавити підлітків. Кращого способу організації дискотеки при мінімальних витратах, без попередньої підготовки не існує.

У домашніх умовах пристрій допоможе в ненав'язливій формі розвивати дитину. Реакція зображення позитивно впливає на дітей незалежно від темпераменту. Для батьків гіперактивних дітей придбання системи стане справжнім порятунком.

Монтаж системи. Систему встановлюють під стелею, до моменту включення пристрою її практично не видно. В ідеалі варто монтувати пристрій в проміжку між підвісною стелею і основою. Чим вища стеля, тим більш об'ємне зображення на підлозі.

Система є універсальним пристроєм, якість зображення гарантовано на будь-якій поверхні. Економія забезпечена відсутністю необхідності в монтажі нового підлогового покриття. На якість зображення не впливає і колір поверхні, але для досягнення бездоганного результату рекомендується купувати проектор з функцією коригування кольорів.



Рис. 2. Різновиди інтерактивної підлоги: 1 – підлога з рекламним носієм; 2 – підлога ігрового характеру

Скляна підлога в дизайні приміщень застосовується для візуального виділення окремих предметів або груп предметів. Декоративні властивості скляної підлоги посилюється за допомогою різнокольорового підсвічування, яке дає можливість створити химерну гармонію навколишнього інтер'єру і скляної підлоги.

Існує декілька різновидів скляних підлог: «скляні стрічки» - розташовані на підлозі по периметру стін. При використанні підсвічування є елементом прикраси та частиною декоративного освітлення приміщення.

- «скляні ніші» - являють собою поглиблення різної форми, які роблять на поверхні підлоги і покривають скляними плитами, а самі заглиблення заповнюють декоративними елементами. Такий підхід підсилює образне рішення проектованого середовища.

- *скляні конструкції* (сходи, декоративні містки) створюють відкритий, вільний простір і «легкість» у приміщеннях.

- *суцільноскляна підлога*.



Рис. 3. Різновиди скляної підлоги: 1 – скляна стрічка;
2 – скляна ніша

Плитка 3D (рідка плитка, жива чи інтерактивна плитка) є сучасним покриттям підлоги. У моменти контакту з поверхнею плитки, всередині матеріалу немов відбувається рух, гель постійно переміщується, тим самим змінюючи візерунки і кольори.

Природно нічого живого в будові цієї плитки немає. Однак назва не дається просто так і деяка схожість з живою істотою у рідкій плитці все ж є. Вона відчуває найменший дотик і відразу ж реагує на нього, змінюючи свій малюнок. Кожен раз, проходячи по цій плитці, буде змінюватися її забарвлення. І підлогове покриття завжди буде ексклюзивним!

Жива плитка м'яка і вологостійка, тому область її застосування нічим не обмежена. Особливо рекомендується класти таку плитку там, де часто ходять босоніж: в дитячій кімнаті, в спальні, ванній. Ефект інтерактивності можна обіграти у вітальнях, створюючи дизайнерський інтер'єр. Дуже часто незвичайну плитку застосовують для оформлення танцполів на дискотеках, у нічних клубах, барах. Головне, щоб це приміщення обігрівалося, так як рідка плитка втрачає всі свої властивості при температурі нижче нуля.

По периметру плитки встановлений компенсаційний паз. Через це гель елемента не тисне на краї і не впливає за її межі (при правильній експлуатації). Даний матеріал може бути однотонним або двоколірним. Він практично прозорий і приємно відображає світло. На сьогоднішній день існує понад 15 варіантів забарвлення живої плитки.

Плитку встановлюють на спінений скоч. На плитах є пази для з'єднання елементів між собою. Силікон використовується для герметизації швів. «Живу» плитку можна встановити по всій поверхні приміщення, але цього робити не рекомендується. Краще використовувати матеріал для декору покриття. Живе покриття прикрасить ламінат, ковролін і, природно, звичайну плитку. Дане покриття можна встановлювати декількома способами: на клейову суміш, скоч (для тимчасової установки) і за допомогою г-подібних профілів.

До переваг 3D плитки відноситься екологічність, зносостійкість, гіперелегантність, безпека, простота в догляді і монтажі. Така плитка не втратить свій початковий колір, при впливі прямих сонячних променів, протягом 8 років.

При ходьбі, створюється ефект амортизації, може навіть здатися, що вона дуже м'яка. Інтерактивна плитка виготовляється з високоміцного ПВХ, він виступає в ролі основи, а лицьова частина матеріалу виготовляється з полімерного шару (до 4 мм завтовшки), який здатний без неприємних наслідків, витримувати величезні навантаження.

В цілому, плитка складається з декількох шарів: полімерного - протиударного і зносостійкого шару, пластикової лінзи, світловідбиваючого матеріалу, спеціальних полімерів, гелевого з'єднання, амортизаційного і базового шару. При випуску, на стадії виробництва, кожна жива плитка обов'язково проходить тести-випробування: на 1/2 частину матеріалу впливає верстат з тиском до 500 кг. З чого можна зробити висновок, що 3D плитка чудово витримує різні механічні дії, до того ж на поверхні матеріалу практично неможливо залишити подряпини.

Технологія укладання. Для цього використовують два види металевих профілів: П-подібний - це крайній профіль, призначений для завершення монтажу, укладається близько стін, і Н-подібний - це проміжний кріпильний профіль.

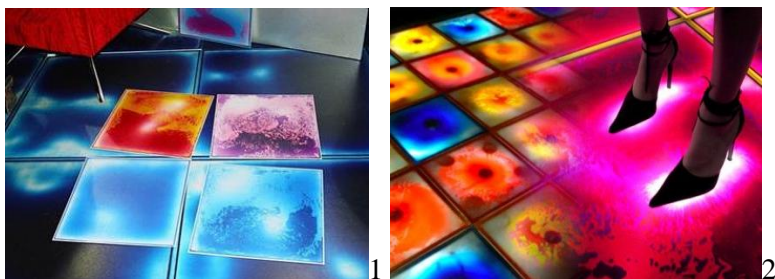


Рис. 4. Рідка (жива) плитка.

В результаті дослідження тенденцій застосування інноваційних підходів до проектування покриттів підлоги у сучасній дизайнерській практиці були проаналізовані та виявлені наступні підлогові покриття – наливна 3D підлога, інтерактивна підлога, скляна підлога (підлогова інсталяція) та «жива» підлога. За допомогою наведених покриттів в інтер'єрі можна досягти гармонії тонів і кольорів палітри, просторості та візуальної легкості.

1. Нидлман Д. Дом, милый дом. Иллюстрированное руководство по дизайну интерьера / Дебора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mann-ivanov-ferber.ru/books/dom_milyj_dom/

2. Свит ФДетали интерьера / Фей Свит [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.labirint.ru/books/148240/>

3. Наливні підлоги [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/statya/nalivnye-3d-poly-4100>

4. Наливні підлоги характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nashremont.com/remont_komnat/nalivnie-poli-vibor-primenenie-ukladka

5. Результат новітніх технологій - інтерактивна підлога [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroyka-gid.com.ua/roboty-po-domys/76-interaktyvna-pidloga.html>

6. Скляна підлога [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroica.in/sklyana-pidloga/>

7. Рідка плитка, 3D плитка або інтерактивна підлога [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zrobymo.com.ua/ridka-plitka-3d-plitka-abo-interaktivnij-pidlogu.html>

УДК 624.042.5.

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ПОЖЕЖНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ

A REVIEW ON RESEARCH OF FIRE LOAD IN ROOMS

**Пасічник Р.В., к.т.н., доцент, Пасічник О.С., к. арх., доцент,
Войтович П.О. студент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Pasichnyk R.V. Candidate of technical science, associate professor,
Pasichnyk O.S. Candidate Architecture, associate professor,
Voytovich P.O. Student (Lutsk national technical university)**

У статті проведено огляд сучасних методів розрахунку дослідження впливу пожежного навантаження на розвиток пожежі в приміщеннях, та визначення необхідної межі вогнестійкості конструкції перекриття даних приміщень під впливом розрахункової пожежі. Досліджено найбільш поширені методи прогнозу температурного режиму.

This article provides an overview of current research methods for calculating the fire load impact on the development of a fire in the premises and determine the required fire resistance design of these overlap areas influenced by the estimated fire. Investigated the most common methods of forecasting temperature. For more in-depth understanding of the processes that occur during fires in buildings and investigation of their effects on structures, studies used different software systems which is based finite element method.

**Ключові слова: метод скінченних елементів, вогнестійкість
Keywords: finite element method, fire resistance**

Забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд є однією з основних вимог, які необхідно виконати на етапі їх проектування, для подальшої їх безпечної експлуатації.

Забезпечення пожежної безпеки залежить від межі вогнестійкості будівельних конструкцій, які використовуються в будівлях та спорудах.

В Україні нормативно затвердженим методом визначення вогнестійкості будівельних конструкцій за ДБН В. 1.1.7-2002 [2] є визначення межі вогнестійкості розрахунковими методами. Першим етапом виконання розрахунків на вогнестійкість є проведення теплотехнічного розрахунку у перерізах будівельних конструкцій з метою визначення розподілу температур. Основні інженерні методи визначення розподілу температур в перерізах залізобетонних конструкцій, що реалізовані в “Рекомендациях по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций [6] ” не враховують багатьох факторів: залежності теплофізичних характеристик матеріалів від температури конструкцій, а саме теплопровідності і теплоємності, можуть використовуватись тільки для стандартного температурного режиму [1, 2], який не відображає реального режиму розвитку пожежі у приміщенні.

Для більш поглибленого розуміння процесів, які відбуваються підчас пожежі в приміщеннях та дослідження їх впливу на будівельні конструкції, застосовуються різноманітні програмні комплекси в основу яких входить метод скінчених елементів. Щоб детально визначити температурне поле в перерізі будівельних конструкцій в умовах розрахункової пожежі потрібно розглядати невід’ємно від процесів конвективного та променевого обміну загальний теплообмін у приміщенні.

Основною перевагою польових моделей розвитку пожеж є можливість з їх допомогою визначити поля температур, швидкостей, тиск, компоненти газового середовища, частинок диму по всьому об’ємі приміщення в довільний момент часу. Вона також дає змогу найбільш точно описати фізичні властивості пожежного навантаження та адекватно оцінити його вплив на розвиток пожежі.

В якості прикладу програмних комплексів, що реалізують польовий метод моделювання, які дають досить велику точність розрахунків можна привести такі програмні продукти, як PNOENICS, JASMINE, SOFIE, FDS.

Основним законом який використовується при визначенні температури в приміщенні підчас пожежі є закон збереження енергії. Збереження енергії для кожної зони, яка розглядається виражається в тому, що енергія, яка добавляється в досліджувану зону, рівна енергії, яка витрачається даною зоною.

Оскільки енергія, яка виділяється при пожежі і температура в приміщенні змінюються з часом, то використання закону

збереження енергії приводить до утворення диференціальних рівнянь. З метою дослідження компонентів рівняння збереження маси, використовується стаціонарне вираження енергії для зони нагрітого газу. Принцип стаціонарного збереження енергії для зони нагрітого газу в приміщенні може бути виражений наступним чином: енергія, яка виділяється при пожежі додається в цю зону, рівна енергії, яка втрачається зоною через радіацію та конвекцію, плюс енергія, втрачена зоною через прорізи приміщення.

Температурні режими пожежі в приміщеннях різних за призначенням споруд та будівель, можуть значною мірою відрзнятися одне від одного (рис. 1.1).

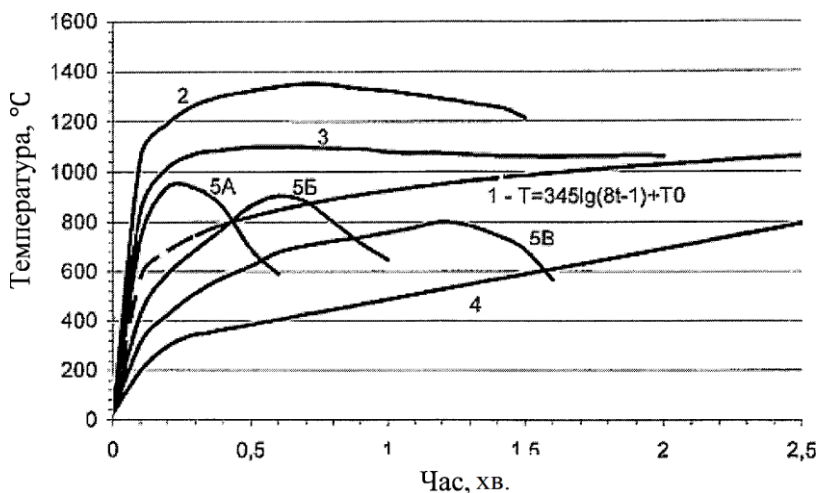


Рис. 1.1. Температурні режими пожежі в приміщеннях будівель та споруд різного призначення [8,9]: 1-режим “стандартної” пожежі; 2-режим пожежі в тунелях; 3 -режим пожежі, характерний для будівель та споруд нафтопереробної та нафтохімічної промисловості; 4 -режим пожежі в підвальному приміщенні; 5 - режим пожежі в житловому приміщенні з різною площею прорізів F (5A - $F = 2,0 \text{ м}^2$; 5Б- $F = 7,5 \text{ м}^2$; 5В - $F = 1,0 \text{ м}^2$;) при пожежному навантаженні $q = 58 \text{ кг/м}^2$ (986 МДж/м²).

Найбільш “потужні” температурні режими пожежі можуть спостерігатись в дорожніх та залізничних тунелях, шахтах, лініях метро. На відміну від пожежі в звичайних будівлях, при виникненні пожежі в тунелі, відвід тепла від джерела пожежі утруднений, в

результаті чого температура пожежі може досягати величини до 1350°C. На об'єктах нафтопереробки та нафтохімії температурні режими пожежі також характеризуються швидким підвищенням температури до 1100°C та більше. Криві на рис. 1.1 дають уявлення про можливі температурні режими пожежі в приміщеннях житлових та адміністративних будівель при різних площах прорізів.

В [3] приведені результати вогневого випробування фрагменту житлової будівлі. Фрагмент житлового приміщення представляв собою частину збірної будівлі і включав житлову кімнату розмірами 6,0x3,5x,75 м. та міжповерховий коридор довжиною 6 м. Коридор зв'язаний з житловою кімнатою дверним прорізом (П2), розмір дверного прорізу - 2,0x0,8.

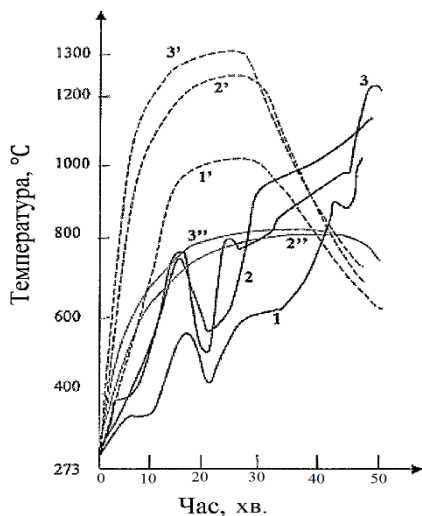


Рис. 1.2. Залежність температури від часу: 1- температура на поверхні міжкімнатної перегородки; 2 - температура на поверхні міжповерхового перекриття; 3 - середньо об'ємна температура; 1,2,3 - по експерименту; 1', 2', 3' - по [3] при П=16%; 1'', 2'', 3'' - по [8] при П=7,6%.

Житлова кімната мала віконний проріз розмірами 1,24x1,4 м. з потрійним склінням. В якості пожежного навантаження використовувались: два столи; шафи, встановлені вздовж бокової стіни приміщення, дерев'яні брусочки, складені у вигляді штабелів.

Загальна маса горючих матеріалів склала 1050 кг. (50 кг. На 1 м підлоги). В ході проведення вогневого випробування. Результати випробування та чисельного моделювання по методу викладеному в [3], представлені на рис. 1.2.

На рис 1.3 приведені результати дослідження температурного режиму пожежі в приміщеннях житлової будівлі в м. Іркутськ.

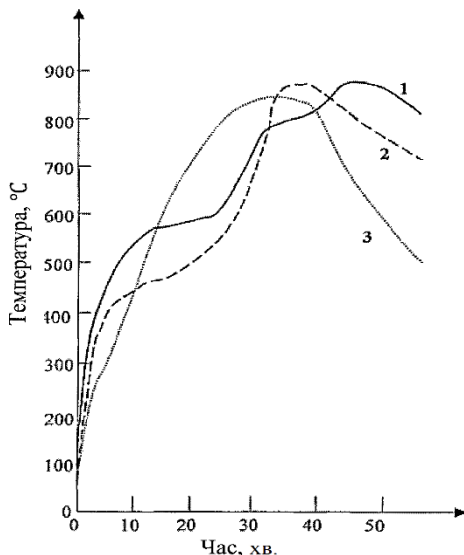


Рис. 1.3. Залежність температури від часу: 1,2,3 - дані експериментального дослідження відповідно для випробувань 1,2,3.

Вогневі випробування проводились в 6... 10 поверховому блоці будівлі в 10-ти поверховій частині. В плані 10-ти поверхова частина будівлі має розміри 84,0x12,6 м. На відстані 60,0 м. одна від одної в будівлі розміщені дві сходові клітки. Вогневі випробування проводились з метою дослідження температурного режиму пожежі. Пожежа створювалася в однокімнатній квартирі 5,0x2,3 м на 1-му і 4-му поверхах. Відношення площі прорізів до площі підлоги складало 27%. Вогневі випробування розпочинались при закритих віконних прорізах. Перший дослід проводився з джерелом займання на 1-му поверсі з верхнім надмірним тиском в одній із сходових кліток. Другий дослід проводився з джерелом займання на 4- му поверсі при роботі системи підпору повітря в обидві сходові клітки і видаленні продуктів згоряння з внутрішньої сходової клітки. Трете

випробування проводилось з джерелом займання на 4-му поверсі при роботі системи підпору повітря в коридорі та видалення продуктів згоряння з внутрішньої сходової клітки. В всіх випробуваннях в якості пожежного навантаження використовувались бруски деревини розмірами 5,0x5,0x80,0 см., відносною вологістю не більше 10%, пожежне навантаження складало 37,5 кг/м.

Характер зміни значень середньо об'ємних температур не має істотних відмінностей для трьох випробувань і відповідає звичайній збіжності крупномасштабних натурних випробувань. Середнє значення максимальної середньооб'ємної температури для цих випробувань складає 870°C.

В Національному бюро стандартів США було проведено 16 вогневих випробувань в сучасних приміщеннях житлових будівель різноманітних розмірів та типовим пожежним навантаженням [4]. Чотири експерименти проведені в приміщеннях 3,3x3,3x2,4 м. з пожежним навантаженням із стандартної мебелі в кількості 23 кг/м, відношення площі прорізів до площі підлоги складало 14,5%. Максимальне значення середньооб'ємної температури із чотирьох випробувань склало: $T=1012, 1019, 991, 1022^{\circ}\text{C}$. Експерименти показали, що швидкість розвитку та інтенсивність пожежі в перші 20 хвилин можуть бути значно вищими ніж по стандартній кривій. Після чого температура газу розпочинає знижуватись і досягає приблизно 350°C.

Для прогнозу температурного режиму найбільш часто використовуються шведський метод [5], метод ВНИИПО-ВИПТШ МВД СССР [7] та методи приведені в [3].

Шведський метод [5] ґрунтується на аналізі та узагальненні великої кількості експериментальних випробувань температурних режимів пожежі в реальних приміщеннях, з різним пожежним навантаженням. Результати цих випробувань були систематизовані і отримані узагальнені графіки-монограми "температура-час" процесу розвитку пожежі (рис. 1.4) в приміщеннях, в яких матеріали будівельних огорожуючих конструкцій мають "нормальні" теплові властивості.

Використання шведського метода реалізується наступним чином:

Визначається значення площі вертикальних A_0 прорізів в приміщенні, площу поверхні огороження A_1 , середню висоту вертикальних прорізів H_0 , пожежне навантаження Q_1

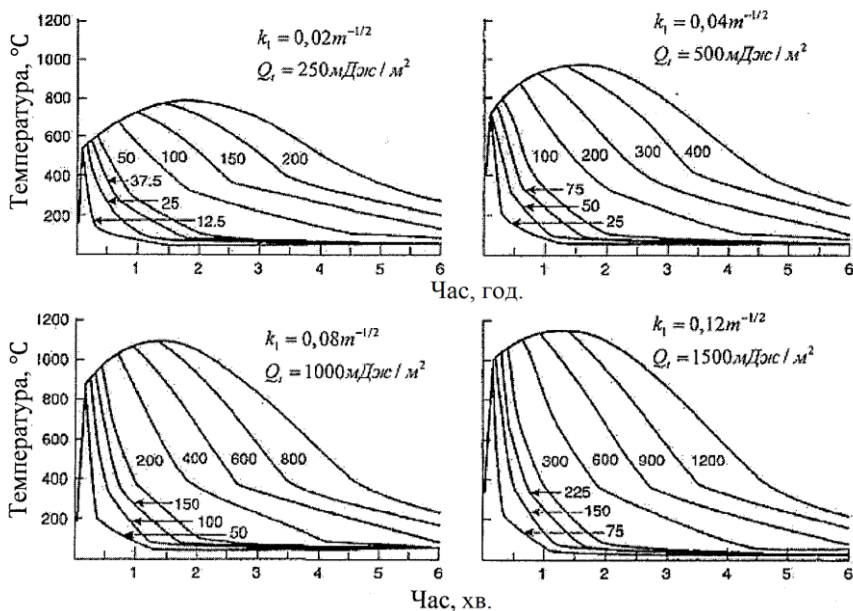


Рис. 1.4. Розрахункові графіки температурно-часової залежності середньооб'ємної газового середовища приміщень від пожежного навантаження та коефіцієнта прорізів [5].

Визначається значення коефіцієнта прорізів:

$$k_1 = A_0 \cdot \sqrt{\frac{H_0}{A_1}}$$

Визначається температурний режим пожежі в приміщенні, в залежності від значення пожежного навантаження Q_1 і коефіцієнта k_1 із графіків (рис. 1.4), та інших даних приведених в [5].

Метод ВНИИПО-ВИПТШ [7] - інженерний розрахунок температурного режиму при пожежі в приміщенні, складається з наступних етапів: аналізу конструктивно-планувальних

характеристик приміщень і визначення виду, кількості та розміщення пожежного навантаження; визначення виду можливої пожежі; вибір визначальних характеристик пожежі; вибір методу розрахунку та проведення самого розрахунку; розрахунку можливих характеристик пожежі; з рішення практичних задач пожежної профілактики.

Розрахунок середньооб'ємної температури по цьому методі [7] виконується наступним чином:

Значення максимальної температури T_{\max} визначається:

$$T_{\max} = 940 \cdot e^{4.7 \cdot 10^{-3} (g - 30)}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже на даний час найбільш оптимальним шляхом для отримання детального опису процесів теплообміну в умовах розрахункової пожежі є застосування польових, або диференціальних математичних моделей. Разом з тим польові моделі найбільш складні щодо їх математичного опису та як правило складаються із системи нестационарних диференціальних рівнянь в часткових похідних, що вимагає застосування потужного обчислювального обладнання для їх використання. Найбільш поширене програмне забезпечення: FEMAP, ПК ЛИРА, SCAD, ANSYS, Nastran

1. ДСТУ Б В. 1.1-4 “Пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги” - Київ: Держбуд України, 2005 - 15с.
2. ДБН В. 1.1.7-2002 “ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ’ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА” - Київ: Держбуд України, 2003 - 33с.
3. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. и др. Термогазо-динамика пожаров в помещениях. / - М.: Стройиздат, 1988. - 448 с.
4. Fang J. B., Repeteability of Zarge - Scale room Fire test. - The Technology. -V. 17. -№1.-1981 . - P. 5 - 16.
5. ISO 5657. Fire Tests-reaction to fire-ignitability of building materials.
6. СТО 36554501-006-2006. Привила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. -М.:,2006. - 81с.
7. Методи расчета температурного режима пожара в помещениях различного на-значения (рекомендации). / Под ред. И.С. Молчадского. - М.: ВНИИПО МВД РФ, 1988.-56с.
8. Шалумов А.С., Ваченко А.С., Фадеев О.А., Багаев Д.В. “Введение в ANSYS. Прочностной и тепловой анализ. Учебное пособие”. - Ковров: КГТА, 2002. - 33с.
9. Конюхов А.В. “Основы анализа конструкций в ANSYS”. - Казань: Казанский государственный университет, 2001. - 101с.

УДК 625.717.2

**АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ
ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ НА ЗЛІТНО-
ПОСАДКОВІЙ СМУЗІ**

**ANALYSIS USING MOBILE SENSOR FOR MEASURING THE
TRACTION ON RUNWAY**

Перова О.С. асистент (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Perova O. (Kharkiv National Automobile and Highway University)

В роботі проаналізовано можливість використання нового приладу для визначення коефіцієнта зчеплення «Дата Спектр Аеро». Наведені та порівняні експериментальні дані вимірювань коефіцієнта зчеплення авіаційним гальмівним візком АТТ-2 та мобільним датчиком «Дата спектр Аеро» на злітно-посадковій смузі Міжнародного аеропорта "Харків".

The paper analyzes the possibility to use the new device to determine the coefficient of adhesion "Data Spectr Aero." These experimental and comparable measurements of the coefficient of adhesion truck air brake АТТ-2 mobile sensor "Data Spectr Aero" on the runway of the International Airport "Kharkiv".

Ключові слова: злітно-посадкова смуга, повітряне судно, коефіцієнт зчеплення, зчіпні властивості, мобільний датчик «Дата Спектр Аеро»

Keywords: taxiway, aircraft, traction coefficient, coupling qualities, mobile sensor "Data Spectr Aero".

Постановка проблеми. Безпека і регулярність польотів сучасних літаків в значній мірі залежать від стану поверхні ЗПС. Це є наслідком росту злітно-посадочних характеристик літаків, необхідності дотримання розкладу польотів і експлуатації літаків на "критичних" ВПП, тобто смугах, які не мають запасу щодо розрахункових довжин для забезпечення зльоту і посадки.

Наявність на покриттях води, снігу або сльоти значно погіршує зчеплення авіашин. Відповідно зменшується ефективність

гальмування коліс літаків, що призводить до збільшення довжин пробігу. При зльоті з ВПП при таких станах покриттів зростає і довжина розбігу за рахунок підвищення опору руху літака. Погіршується і шляхова стійкість, і керованість літаків при русі по землі.

Коефіцієнт зчеплення поверхні наземного покриття, який визначає ступінь зчеплення його з колесами транспортного засобу, у всьому світі є предметом дослідження і виробництва робіт по його вимірюванню.

Передпосадковий вимір властивостей зчеплення поверхні покриттів з колесами повітряних суден здійснюється в даний час в аеропортах усього світу, шляхом прокатування, з постійним ковзанням, вимірювальних коліс за допомогою мобільних (буксируваних або самохідних) установок. Дати оцінку умов гальмування на ЗПС досить складно, тому що важко створити прості, надійні і точні прилади, розраховані на роботу в експлуатаційних умовах. Вони повинні в процесі руху по ЗПС зі швидкістю близько 60 - 100 км/год здійснювати безперервний вимір, запис і автоматичний підрахунок та реєстрацію їх середніх значень для всієї ЗПС і окремо для кожної третини. У вітчизняній авіації для визначення коефіцієнта зчеплення використовуються різні прилади (аеродромний гальмівний візок (АТТ-2), Skidometr і Mu-Metr), їх недоліком є те, що на одній і тій же області вони видають різний результат, так як вимірювання проводять на різних швидкостях.[1]

Виходячи з цього, актуальність теми полягає в тому, що вітчизняна авіація вимагає єдиного методу вимірювання для всіх вищенаведених приладів. Цього можна досягти, удосконаливши існуючий метод вимірювання коефіцієнта зчеплення. Отже проаналізувавши всі відомі засоби вимірювання коефіцієнта зчеплення на ЗПС, виникла ідея застосувати мобільний датчик «Дата Спектр Аеро».

Аналіз досліджень. Дати оцінку умов гальмування на ЗПС досить складно, тому що важко створити прості, надійні і точні прилади, розраховані на роботу в експлуатаційних умовах. Вони повинні в процесі руху по ЗПС зі швидкістю близько 60 – 100 км/год здійснювати безперервне вимірювання, запис і автоматичний підрахунок та реєстрацію їх середніх значень для всієї ЗПС і окремо для кожної третини.

Існуючі методи оцінки зчіпних властивостей покриттів засновані на вимірі коефіцієнтів зчеплення двома основними способами за допомогою гальмування автомобіля і з використанням спеціальних приладів. У свою чергу вимірювання, залежно від їх тривалості, поділяються на два види: дискретні та циклічні. [2]

Принцип вимірювання коефіцієнта зчеплення за допомогою деселерометра

Вимірювання за оцінкою умов гальмування на ЗПС з використанням деселерометрів виконуються шляхом короткочасних інтенсивних гальмувань автомобіля, що рухається зі швидкістю 40 км / ч. Таких гальмувань робиться не менше трьох на кожній третині довжини ЗПС в процесі двох проїздів по смузі на відстані 5-10 м в обидві боки від її осьової лінії. Потім, на основі отриманих даних, підраховуються середньоарифметичні значення коефіцієнтів зчеплення для кожної третини довжини і всієї ВПП.

Принцип вимірювання Кзч гальмівний візком АТТ-2, як і у зарубіжних вимірювачів коефіцієнта зчеплення заснований на кінематичному жорсткому зв'язку вимірювального колеса з опорним колесом через карданну передачу без збереження сталості режиму вимірювання Кзч через відсутність можливості витримування заданого коефіцієнта прослизання вимірювальних коліс при неоднорідності поверхні аеродромного покриття штучної злітно / посадкової смуги (лід, сніг, вода, забруднення і т. п.). Здійснюється опосередковане вимірювання нормативних значень Кзч. В силу цих причин похибка нормативних значень Кзч становить до 30%.

З усіх пристроїв подібного роду найбільш досконалою є шведський візок "Скіддометр BV 11: 2" Він являє собою триколісний напівпричіп вагою 360 кг, розрахований на буксирування легковим автомобілем. Ефект гальмування створюється за рахунок руху середнього вимірювального колеса з постійним прослизанням близько 17% при всіх станах покриттів. Це дозволяє отримувати значення коефіцієнтів зчеплення дуже близькі до їх граничних величин. [3]

Професійний мобільний датчик для визначення стану дороги встановлюється на транспортному засобі для оптимізації витрат реагентів і маршрутів спецтехніки для зимового утримання злітно-посадкових смуг. Мобільний датчик в захисному кожусі, який здійснює 100 вимірювань в секунду, надійно функціонує навіть в екстремальних умовах навколишнього середовища. Принцип вимірювання: (оптичний / спектроскопічний): вода по-різному

поглинає певні довжини хвиль. Якщо на поверхні дороги знаходиться вода, то спектральні показники змінюються. Існує безліч матеріалів дорожнього покриття. «Дата Спектр Аеро» автоматично адаптується до матеріалу поверхні дороги незалежно від типу покриття (включаючи пористий асфальт, бетон і ін.).

Використовуючи дану безконтактну технологію можна визначити такі стани поверхні дороги як сухо, волого, мокро, лід, сніг / лід, мокро і реагенти.

Датчики встановлюються на транспортному засобі. Для визначення водяної плівки, снігу, льоду, а також коефіцієнта зчеплення, датчик «Дата Спектр Аеро» може бути встановлений на відстані 1-2 метри від поверхні дороги. «Дата Спектр Аеро» дозволяє визначити наступні дані:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- температура точки роси;
- стан поверхні дорожнього полотна: сухо / волого / мокро / сніг / лід;
- процентне змісту льоду;
- коефіцієнт тертя (зчеплення). [4]

Таблиця 1

Характеристика мобільного датчика «Дата Спектр Аеро»

Умови експлуатації	Напруга живлення	= 10...28 В
	Споживана потужність	≈ 3 ВА без обігріву, ≈ 50 ВА з обігрівом
	Температура	-40...60°
	Тип захисту	IP66
Температура повітря	Діапазон вимірювань	-40...60°C
	Точність	±0,2 при 0°C
	Роздільна здатність	0,1 К
Відносна вологість	Діапазон вимірювань	0...100%
	Точність	±0,2 при 0°C
	Роздільна здатність	0,5%
Температура поверхні покриття	Принцип	Пірометр
	Діапазон вимірювань	-40...70°C
	Точність	±0,8°C при 0°C
	Роздільна здатність	0.1°C
Стан поверхні покриття	Сухо, волого, мокро, лід, сніг / лід, мокро і реагенти	
	Тертя	0...1 (слизько...сухо)



Рис. 1 - Мобільний датчик «Дата Спектр Аеро»

Мета дослідження. Сучасні аеродромні покриття являють собою складні інженерні споруди, до експлуатації яких пред'являються високі вимоги. Основою технічної експлуатації аеродромних покриттів є дотримання експлуатаційних вимог, зокрема своєчасна діагностика стану покриттів і виконання будівельних заходів з проведення планово-попереджувальних ремонтів.

В області методів засобів вимірювання фрикційних властивостей покриттів найбільш затребуваною сьогодні є техніка передпосадкового оперативного контролю покриттів аеродромів цивільної авіації, так як від стану злітно-посадкових смуг залежить безпека посадки пасажирських повітряних суден, а значить, здоров'я і життя одночасно десятків і навіть сотень людей. [5]

Результати дослідження. Протягом зимового періоду 2015-2016 року було проведено дослідну експлуатацію системи безконтактної оцінки стану аеродромних покриттів «Дата Спектр

Аеро». Під час експлуатації виконувались одночасні заміри коефіцієнту зчеплення аеродромним гальмівним візком АТТ-2 та вищезгаданим приладом. Результати замірів фіксувалися за допомогою об'єктивного запису. До АТТ-2 під'єднували регістратор «НЮКІ», а дані приладу «Дата Спектр Аеро» записувалися в цифровому вигляді та роздруковувалися на папері.

Коефіцієнт зчеплення в Міжнародному аеропорту «Харків» вимірювався за допомогою аеродромного гальмівного візка АТТ-2 і мобільного датчика «Дата Спектр Аеро». За допомогою даних приладів були виміряні коефіцієнт зчеплення при швидкості 40 км / год на бетонному покритті в місці зльоту / посадки повітряного судна.

Заміри виконувалися на чотирьох станах полкриття – сніг, сніг з льодом, дощ та сухо. Перед випробуванням, прилад «Дата Спектр Аеро» було відкалібровано на сухій ділянці покриття злітно-посадкової смуги, яка слугувала еталоном.

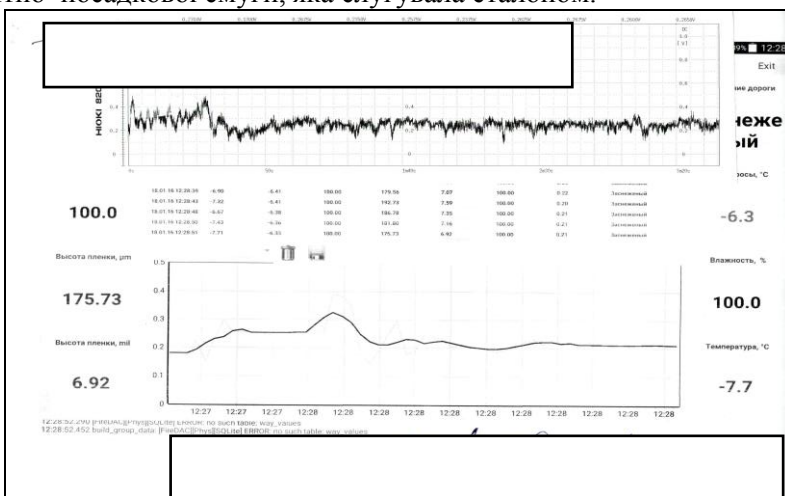


Рис. 2 - Результати вимірювань Кзч за допомогою АТТ-2 та «Дата Спектр Аеро» Міжнародний аеропорт «Харків» на засніженому покритті

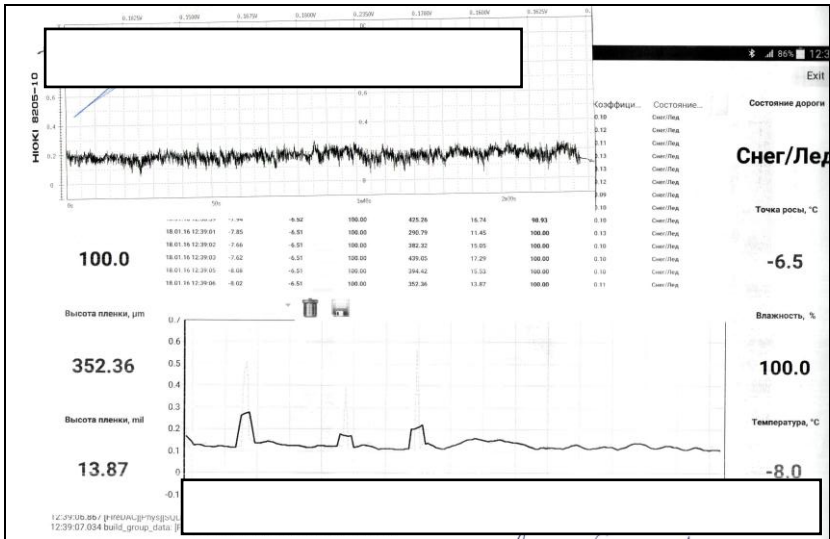


Рис. 3 - Результати вимірювань Кзч за допомогою АТТ-2 та «Дата Спектр Аеро» Міжнародний аеропорт «Харків» на покритті зі СНІГОМ ТА ЛЬДОМ

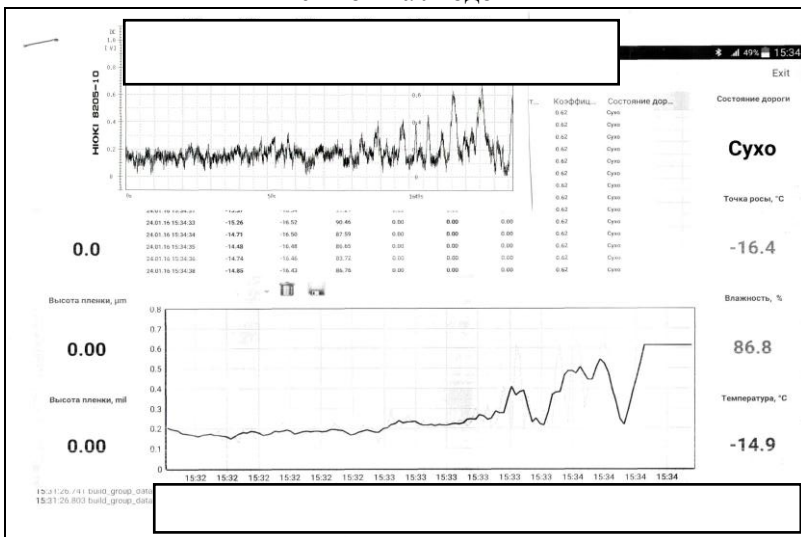


Рис. 4 - Результати вимірювань Кзч за допомогою АТТ-2 та «Дата Спектр Аеро» Міжнародний аеропорт «Харків» на сухому покритті

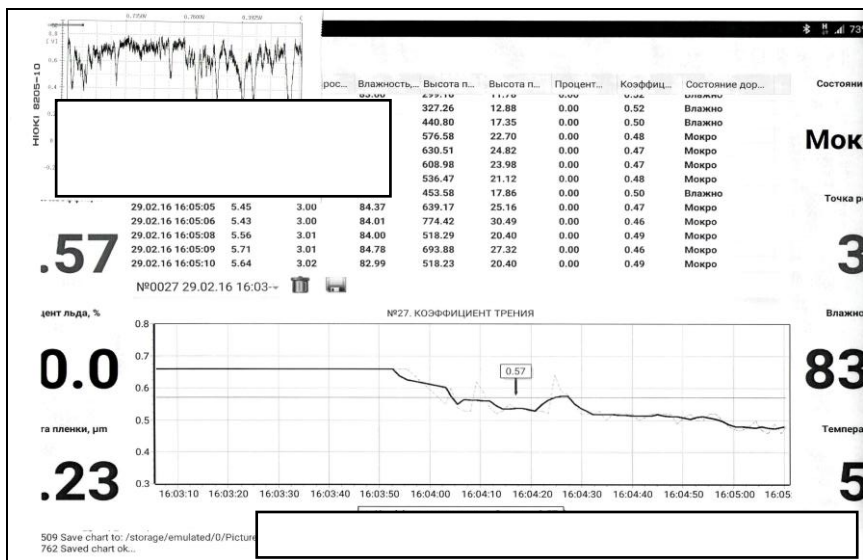


Рис. 5 Результати вимірювань Кзч за допомогою АТТ-2 та «Дата Спектр» Аеро Міжнародний аеропорт «Харків» на мокрому покритті

Як видно з рисунків, представлених вище, вимірний коефіцієнт зчеплення за допомогою АТТ-2 та «Дата Спектр Аеро» майже ідентичні. У приладі «Дата Спектр Аеро» показники трохі завищені, це обумовлено більшою точністю приладу, та кількості замірів у часі. Також, АТТ-2 має більшу похибку, так як під час випробувань, мало місце прослизування вимірюючого колеса, а це впливає на середній показник коефіцієнта зчеплення.

Під час дослідної експлуатації виконувалися тестування та уточнення програмного забезпечення для його адаптації та узгодження з показниками гальмівного візка АТТ-2. дослідни проводилися за різних погодних умов стану покриття. За результатами спільних замірів склалися протоколи.

В експлуатації система «Дата Спектр Аеро» простіша за АТТ-2. Немає необхідності підключати кабелі до автомобіля та візка, які під час експлуатації нерідко виводять з ладу з'єднувачі блоку АВР та заважають роботі. Рухатись з гальмівним візком по аеродрому незручно, не має можливості підвезти інструмент та обладнання для очистки аеродрому від снігу. У зв'язку з цим візок АТТ-2 чіпляють

за автомобіль тільки під час замірювання зчеплення. Під час заміру навантаження на автомобіль, витрата пального та зношення шини на АТТ-2 збільшується. Система «Дата Спектр Аеро» менша за розмірами, не заважає виконувати інші роботи. Це дає можливість неперервного контролю зчеплення під час опадів та очищення аеродрому.

Висновки. З проведених експериментальних досліджень можна зробити такі висновки, що результати вимірювання коефіцієнта зчеплення мобільним датчиком «Дата Спектр Аеро» більш точні ніж показники аеродромного гальмівного візка АТТ-2. Даний прилад дає можливість швидко і оперативно виконувати заміри і передавати їх безпосередньо диспетчеру аеропорта.

Слід зазначити, що в даний час в області фінансування методів оцінки зчепних властивостей аеродромних і дорожніх покриттів склалося складне становище. Воно полягає в тому, що в кожній країні, в тому числі і в СРСР, створено багато приладів, що мають абсолютно різні принципи роботи і основні технічні характеристики. Тому виміряні за допомогою кожного з цих пристроїв коефіцієнти зчеплення різко відрізняються між собою. Все це вносить плутанину при використанні результатів оцінки гальмування на ЗПС.

Література

- 1.** Проектування аеропортів: підруч. Для студ. вищ. Навч. закл./ М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрієв, О.М. Папченко [та ін.]. – К.: НТУ, 2010. – 248 с.
- 2.** А.П. Степушин Оценка эксплуатационно-технического состояния аэродромных покрытий : учебное пособие для студентов вузов - Москва : Московский автомобильно-дорожный ин-т, 2008. - 111 с
- 3.** Руководство по аэропортовым службам 9137-AN/898. Часть 2 Состояние поверхности покрытия. – чинний від 2002 р.
- 4.** <http://data-lufft.com/p170192757-marwis-mobilnyj-datchik.html>
- 5.** Белинский И.А., Смородов Ю.А., Соколов В.С. Зимнее содержание аэродромов. – М.: Транспорт, 1982.

УДК 697.7

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ПАЛЬ У ЯКОСТІ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ
ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕПЛО-ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ**

**THE ANALYSIS OF POSSIBILITY OF USE OF ENERGY PILES
AS LOW-GRADE ENERGY SOURCES FOR HEAT AND
COOLING**

Приймак О.В., д.т.н., професор, КНУБА, м. Київ, Задорожнікова І.В., к.т.н., доцент Луцький НТУ, Дмитрук О.І., магістрант, Луцький НТУ, м.Луцьк, Кузицький І.Т., аспірант КНУБА, м. Київ

Przymak O., Doctor of technical sciences, professor, Kiev national university of Construction and Architecture, Kyiv, Zadorozhnikova I., Ph.D in Engineering, associate professor, Lutsk National Technical University, Lutsk, Dmytruk O., master, Lutsk National Technical University, Lutsk, Kuzytskyi I. PhD student, Kiev national university of Construction and Architecture, Kyiv

В статті проаналізовано застосування термодинамічних методів для попередніх енергетичних і техніко-економічних розрахунків застосування у якості нижнього джерела – енергетичних палів теплових насосів для теплохолодопостачання. Встановлено що для геологічних і кліматичних умов України техніко-економічно виправдано застосування вказаного обладнання з терміном окупності близько 10 років для теплохолодопостачання і близько 15 років для теплостачання.

The paper analyzes the application of thermodynamic methods for earlier energy and technical-economic calculations used in lower quality sources – energy piles heat pumps for driving heating and cooling. It was established that for geologic and climatic conditions of Ukraine feasibility justified the use of specified equipment with a payback period of about 10 years for heating and cooling supply and about 15 years for heating.

Ключові слова: теплові насоси, енергетична ефективність, термодинаміка, енергетичні палі.

Keywords: heat pumps, energy efficiency, thermodynamics, energy piles.

Постановка проблеми. У зв'язку з різким підвищенням тарифів на енергоносії, захистом навколишнього середовища від шкідливих викидів все актуальнішим стає екологічне енергоощадне будівництво на основі раціонального техніко-економічного аналізу, у тому числі підсистем енергоресурс созабезпечення. Аналіз зарубіжного досвіду в галузі опалення і гарячого водопостачання показує, що досить давно і, в даний час, дуже широко використовуються теплові насоси (ТН). Сьогодні в світі працює понад 10 млн. ТН різної потужності - від декількох кіловат до сотень мегават. Ринок теплонасосних систем досить стійкий до кон'юнктурних коливань і становить приблизно мільйон продажів в рік. За прогнозом Світового Енергетичного Комітету, до 2020 року в передових країнах частка опалення та гарячого водопостачання від ТН складатиме не менше 75%. Наведені приклади свідчать про те, що в світовій практиці змінюється стратегія теплопостачання. Відбувається перехід від традиційного спалювання органічного палива до використання енергоефективних технологій на основі використання розсіяної або скидуваної низько потенційної теплоти. Тому наукові дослідження з впровадження ТН для теплохолодопостачання будівель є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу літературних джерел та патентних досліджень [1-6] встановлено, що фундаментальні і прикладні наукові дослідження направлені на підвищення термодинамічної та енергетичної ефективності ТН, зменшення їх собівартості, зменшення терміну окупності, вартості і простоти експлуатації, можливості повної утилізації після закінчення терміну роботи одночасно із терміном служби будівлі.

ТН перетворює низькопотенційну відновлювальну і скидну вторинну теплову енергію у більш високу теплоту, придатну для практичного використання. У якості нижніх джерел теплоти широко використовують скидну відпрацьовану воду, природну глибинну та приповерхневу воду (рис.1), тепловий потенціал глибини землі (рис.2).

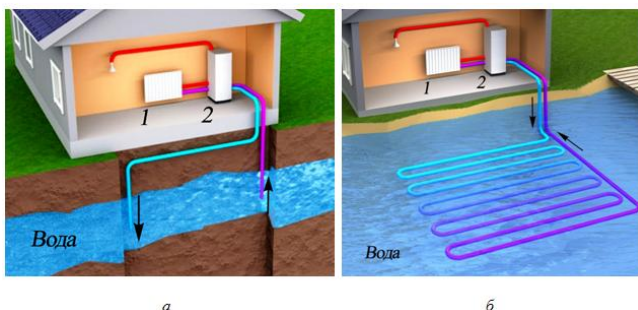


Рис.1. Схеми використання води у якості нижнього джерела теплоти для ТТН: а) вода з глибинних шарів (відкрита схема); б) вода з поверхневих шарів (закрита схема).

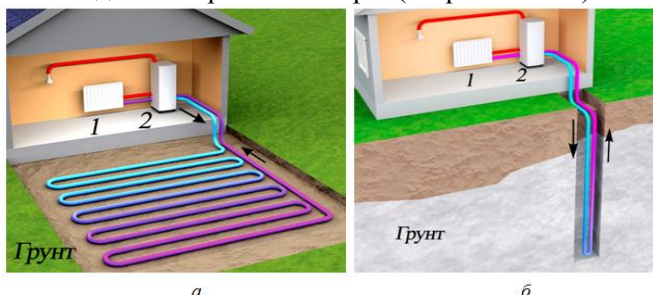


Рис.2. Схеми використання теплоти ґрунту у якості нижнього джерела теплоти для ТН: а) горизонтальне розташування теплообмінника; б) вертикальне розташування теплообмінника.

Вертикальні колектори (вертикальні теплообмінники) - це система довгих труб, які опущені в глибоку свердловину (40-150 м). Тепловий насос ґрунт-вода з використанням вертикального теплообмінника потребує невеликої площі землі, але роботи з буріння є дорогими. На глибині завжди однакова температура - близько 10°C , тому вертикальні колектори є потужнішим джерелом від горизонтальних. Один метр довжини вертикального теплообмінника дає від 30 до 100 Вт теплової енергії, в залежності від теплофізичних властивостей ґрунту (еквівалентні коефіцієнт теплопровідності та теплоємності). Відомо близько десяти різних конструкцій вертикальних колекторів [3,4], навіть досить незвичайних, наприклад, у вигляді прямих чи витих трубок, забетонованих в палі фундаменту будинку (енергетична паля), перекриття підвалу і т.д., тобто суміщення з елементами будівельних конструкцій (рис.3.) Перевагою такого конструктивного

рішення є зменшення собівартості облаштування теплообмінника при деякому зростанні вартості облаштування конструкцій.



Рис.3. Суміщення теплообмінника випарника ТН з будівельними конструкціями залізобетонного перекриття і папі.

Проте наведені у літературних джерелах дані вказують на значний вплив на теплову і техніко-економічну ефективність використання ТН як конкретних фізико-хімічних властивостей ґрунтів, так і архітектурно-планувальних і конструкторських рішень, кліматичних та технологічних умов експлуатації.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). На основі термодинамічних методів аналізу встановити термодинамічну і, відповідно, теплову ефективності використання у якості джерела теплоти ТН енергетичних палів з використанням низькопотенційної теплоти глибини землі для тепlopостачання в холодний період року і холодопостачання в теплий період з урахуванням кліматичних і геологічних умов України.

Основний матеріал дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Принципи дії, конструктивні особливості ТН і холодильної машини (ХМ) співпадають і відрізняються температурними межами роботи. Наприклад ТН працює в температурному діапазоні від плюс 10°C до плюс 50°C , а ХМ від плюс 15°C до мінус 30°C . Такі температурні умови накладають певні обмеження на застосування різних робочих тіл з різними температурами насичення, кипіння, конденсації і відповідними тисками, питомими об'ємами, ентальпіями, а також з відповідними змінами у елементах конструкцій. Принципову схему ТН і зображення циклу в TS-координатах представлено на рис.4. ТН діє за рахунок механічної роботи підведеної із зовні на привод компресора від електричного або теплового двигуна. У компресорі тиск робочого тіла, що знаходиться в пароподібному стані, підвищується від P_1 до P_2

(процес 1-2). Потім в конденсаторі при постійному тиску відбувається конденсація робочої тіла (процес 2-3) з відведенням теплоти при температурі T_2 , наприклад нагріваючи воду через теплообмінник, яка подається в систему опалення. У дроселі відбувається розширення робочого тіла до тиску P_1 з його частковим випаровуванням (процес 3-4). Далі, робоче тіло повністю перетворюється в пару при температурі T_1 в випарнику, де теплота відбирається від низькопотенційного джерела через теплообмінник, наприклад, від ґрунту, який оточує залізобетонну палю.

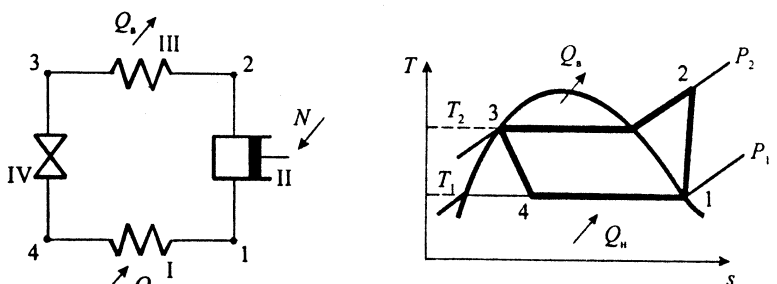


Рис.4. Принципова схема ТН парокомпресійного типу і його цикл в TS- діаграмі: I – випарник; II – компресор; III – конденсатор; IV – дросельний пристрій.

Основними термодинамічними і теплоенергетичними характеристиками ТН є коефіцієнт перетворення (трансформації) теплоти ε , термодинамічний ККД і питома вартість, тобто вартість, віднесена до теплової потужності ТН. Коефіцієнт перетворення теплоти рівний відношенню одержуваної теплової потужності Q_B до затраченої із зовні потужності на привод компресора N . Він більший від одиниці, істотно залежить від температури холодного джерела теплоти T_1 і температури одержуваного гарячого теплоносія T_2 . В результаті роботи теплового насоса можна отримати приблизно в 2-8 разів більше теплоти, ніж в разі безпосереднього підігріву теплоносія в електрокалорифері. Коефіцієнт перетворення теплоти ε визначається з рівняння

$$\varepsilon_T = \frac{Q_B}{N} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

Ступінь перетворення теплоти в роботу характеризується

працездатністю або ексергією потоку теплоти і істотно залежить від температурного рівня потоку теплоти, а також від температури навколишнього середовища.

Термодинамічна досконалість теплового насоса визначається його ексергетичним ККД. Він може бути обчислений за формулою

$$\eta_e = \frac{Q_B \omega}{N} \quad (2)$$

де ω - температурна функція або коефіцієнт працездатності теплоти, яка визначається як

$$\omega = \frac{T_2 - T_{oc}}{T_2} \quad (3)$$

Як видно, ексергетичний ККД ТН завжди менший від одиниці. На основі представлених понять і визначень технічної термодинаміки виконано розрахунки термодинамічної ефективності застосування енергетичних палів для ТН та наближених техніко-економічних розрахунків.

Висновки. Встановлено що для кліматичних, геологічних умов України використання енергетичних палів для опалення та охолодження (інтегрований показник) є економічно обґрунтовано та екологічно ефективно. Термін окупності застосування енергетичних палів для теплопостачання складатиме близько 15 років, а для теплоохолодопостачання близько 10 років. Для попередніх приблизних розрахунків на основі методів технічної термодинаміки можна оцінити ефект впливу теплового потенціалу ґрунту на теплові і техніко-економічні характеристики енергетичних палів.

1. Амерханов Р.А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат 2005. — 160 с., ил.
2. Шеремет Е.О. Применение тепловых насосов в системах централизованного теплоснабжения в целях повышения экономичности энергоэффективности тепловых сетей / Е.О. Шеремет, А. С. Семиненко // Современные наукоемкие технологии. – 2013 – № 8 – с. 54-57.
3. Бондарь Е. С. Тепловые насосы: расчет, выбор, монтаж / Е.С. Бондарь // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011 – № 4 (112) – с. 62-37.
4. Райх В. Геотермальные тепловые насосы / В. Райх // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2011 – № 1 (109) – с. 80-83.
5. Geotherm [Электронный ресурс]: Геотермальные тепловые насосы – свободный доступ <http://www.geotherm.com.ua/about/closedloop/heatbasket.html>.
6. Тепло сервис [Электронный ресурс]: Спиральные и вертикальные геозонды – новейшие технологии сбора тепла грунта для тепловых насосов – свободный доступ <http://teplo-v-dome.net/spiralnye-vertikalnye-geozondy-novejshie-texnologii-sbora-tepla-grunta-dlya-teplovyx-nasosov/>

УДК 625.7

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ГЕОРАДІОЛОКАЦІЇ В ДІАГНОСТИЦІ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

PHYSICAL BASIS OF GPR METHOD IN PAVEMENT DIAGNOSTICS

**Процюк В.О., асистент (Луцький національний технічний
університет, м. Луцьк)**

Protsiuk V.O., assistant (Lutsk national technical university, Lutsk)

В статті розглянуті та порівняні існуючі методи діагностики дорожніх одягів. Описано метод діагностики, що заснований на випромінюванні електромагнітних імпульсів у конструкцію дорожнього одягу. Охарактеризовано фізичні основи методу георадіолокації.

The article considered and compared to existing diagnostic methods of pavements. The method of diagnosis, based on the emission of electromagnetic pulses in the construction of pavement. Characterized physical basis of the georadiolocation method.

Ключові слова: діагностика, георадіолокація, дорожній одяг, електромагнітна хвиля, відбиття, заломлення, дифракція, загасання.

Keywords: diagnostic, georadiolocation, pavement, electromagnetic wave, reflection, refraction, diffraction, attenuation

Вступ

Діагностика дорожнього одягу є основною складовою в процесі експлуатації автомобільних доріг. Від точної і оперативної інформації про стан шарів покриття, основи та земляного покриття залежить призначення «правильних» заходів щодо утримання автомобільної дороги у задовільному стані. А це дозволяє забезпечувати всі необхідні транспортно-експлуатаційні характеристики дороги.

Найбільш поширеними в Україні методами по діагностиці стану конструкції дорожнього одягу є методи, що базуються на

візуальному (поверхневому) обстеженні, а також методи, що базуються на інструментальних вимірюваннях.

Згадані методи набули свою популярність через простоту і економічність. Проте мають ряд недоліків (відсутність можливості дослідити деформаційні та механічні характеристики і товщини шарів конструкції без їх руйнування). На зміну їм приходять методи оперативної діагностики (відеореєстрація, вібродіагностика, підповерхнева георадіолокація).

Георадіолокація є безконтактним високочастотним електромагнітним методом, що володіє рядом переваг перед іншими геофізичними методами. Основними перевагами є велика продуктивність методу і швидкість отримання достовірної якісної інформації.

Аналіз останніх досліджень

Значний внесок у розвиток інженерних задач методів георадіолокації внесли такі вчені: М.Л. Владов, В.В. Капустін, В.В. Копейкін, О.М. Куліжніковим, Г.П. Почанін, А.В. Старовойтов, М.І. Фінкельштейн, З.Б. Хакієвим, В.А. Явна, Т. Saarenketo та інші.

Постановка мети і завдань досліджень

Робота георадара заснована на використанні класичних принципів радіолокації [1]. Передавальною антеною георадара у конструкції дорожнього одягу випромінюються електромагнітні надширокосмугові імпульси метрового і дециметрового діапазону електромагнітних хвиль, які мають тривалість в одиниці і долі наносекунди. Випромінюваний імпульс у середовищі відбивається від границь об'єктів або неоднорідностей, які мають різні електричні властивості, а саме: електропровідність, магнітну провідність і діелектрична проникність. Такими границями в досліджуваних середовищах є, контакти між шарами нового і старого асфальтобетонів, контакти між сухими і водонасиченими ґрунтами, рівень ґрунтових вод, контакти між породами різного літологічного складу, між породою і матеріалом штучного походження, між мерзлими і талими ґрунтами, між корінними і осадовими породами і т.д. Імпульси, які відбиті від границь середовищ, проходять зворотно через середовище і сприймається приймальною антеною георадара. Георадар перетворює їх в цифровий вид і вони записується у цифровий файл на електронний носій портативного комп'ютера [2, 3]. Принцип георадіолокації схематично зображений на рис. 1.

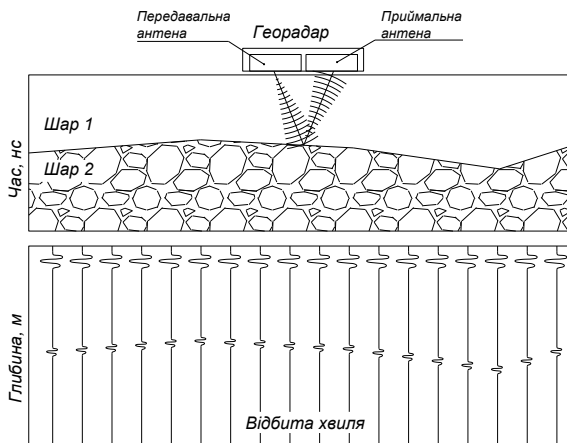


Рис. 1 – Принцип роботи георадару

Основними величинами, які вимірюються під час георадарних досліджень, є час проходження електромагнітної хвилі від джерела до границі середовищ (або об'єкту) і назад до приймальної антени георадару, а також амплітуда цього імпульсу.

Найбільш важливими параметрами середовищ, що характеризують поширення електромагнітних хвиль в них, є швидкість поширення хвиль в середовищі і питоме загасання.

Для кожного матеріалу притаманна різна швидкість поширення електромагнітної хвилі, а тому за вимірним часом проходження хвиль і відомими фізичними властивостями матеріалу досліджуваних середовищ, є можливість дізнатися про будову об'єкта.

Швидкість поширення електромагнітних хвиль залежить від відносної діелектричної проникності і відносної магнітної проникності досліджуваного середовища. Частота прикладеного електромагнітного поля також впливає на швидкість. Швидкість поширення описується рівнянням [4]:

$$V = \frac{C}{\sqrt{\mu_{відн.} \cdot \epsilon_{відн.}}}, \quad (1)$$

де V – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі в середовищі, м/нс;

C – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі у вакуумі ($C=0,3$ м/нс);

$\mu_{відн.}$ – магнітна проникність середовища, од.;

$\varepsilon_{\text{відн.}}$ – діелектрична проникність середовища, од.

Для більшості середовищ, що зустрічаються під час діагностики дорожніх одягів, відносна магнітна проникність дорівнює одиниці ($\mu_{\text{відн.}}=1$), а впливом частоти можна знехтувати (враховуючи припущення про малі втрати у середовищі). Таким чином отримаємо спрощену формулу для визначення швидкості поширення хвиль в середовищі [5]:

$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (2)$$

де ε – дійсна частина відносної комплексної діелектричної проникності в середовищі, од.

Ще одним важливим параметром є питома загасання в середовищі – це загасання електромагнітної хвилі на одиницю пройденого шляху. В залежності від частоти випромінювання георадару сигнал по-різному може загасати в середовищі і суттєво може впливати на глибину дослідження. А тому це потрібно враховувати для вирішення різних завдань дослідження.

Для практичних розрахунків під час дослідження ґрунтового середовища питома загасання електромагнітної хвилі визначається за формулою [5]:

$$A = 1637 / (\rho_{\omega} \cdot \sqrt{\varepsilon'}), \quad (3)$$

де A – питома загасання, дБ/м;

ρ_{ω} – питомий опір для центральної частоти спектру випромінювального імпульсу, Ом/м.

Важливими характеристиками швидкості електромагнітних хвиль є те, що відбиті хвилі, які приймає георадар, виникають на границях середовищ з різними швидкостями. Окрім того роздільна здатність хвильових методів визначається довжиною хвилі λ , яка знаходиться за формулою:

$$\lambda = V/f, \quad (4)$$

де f – частота розповсюдження електромагнітної хвилі, Гц.

Здебільшого в георадіолокаційних дослідженнях використовують хвилі з діапазоном частот від 50 до 3000 МГц, а тому довжина хвиль в геологічному середовищі варіюється від 1 см до 2 м. При цьому роздільна здатність георадіолокаційного зондування становить $\frac{1}{2}$ довжини хвилі, тобто, приблизно, від 1 см

до 1 м [5].

У георадіолокаційних досліджень дорожніх одягів розрізняють такі основні типи хвиль:

- пряма хвиля – хвиля, яка проходить від передавальної антени безпосередньо до приймальної по повітрю зі швидкістю $V=30$ см/нс і по ґрунті зі швидкістю $V=V_1$, яка буде різною для кожного типу ґрунту. Перше відображення на радарограмі буде прямою хвилею. Пряма хвиля залежить від конструкції антени і поверхні середовища;

- відбита хвиля – це хвилі відбиті від границь шарів або локальних об'єктів в шарах дорожнього одягу або ґрунті земляного полотна. Відбита хвиля йде від границі розділу середовищ з різними електричними властивостями в напрямку, зворотному до випромінюваної хвилі;

- дифрагована хвиля – хвиля, яка утворюється в результаті явища дифракції. Дифракція – це явище, яке виникає в тому випадку, коли розмір перешкоди менший за довжину хвилі, що розповсюджується. Дифракція найчастіше спостерігаються коли хвиля перетинає в поперечному напрямку витягнуті об'єкти (труби, арматуру, кабелі).

Дифракція на радарограмі зображується у вигляді характерної гіперболи дифракції. Об'єкт, від якого виникла дифрагована хвиля, знаходиться в точці, що відповідає вершині гіперболи (Рис. 2).

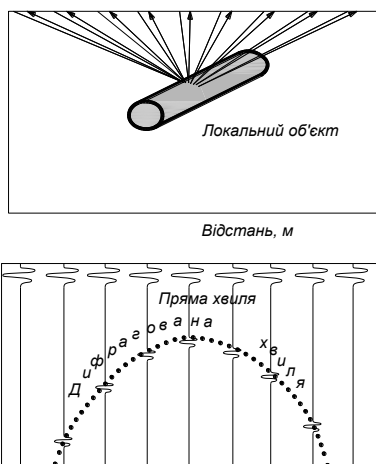


Рис. 2 – Процес утворення дифрагованих хвиль

Визначивши швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі в середовищі і вимірявши час проходження хвилі, можемо визначити товщину цього шару h за формулою [5]:

$$h = \frac{(V \cdot t)}{2}, \quad (5)$$

де h – товщина шару, см;

V – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі, см/нс;

t – час проходження хвилі, нс.

У практиці, поширення хвиль розглядається в рамках законів геометричної оптики. Для цього методу притаманні принципи Ферма, принцип Гюйгенса – Френеля і закон Снелліуса [5]. Відповідно, під час розповсюдження в середовищі з електромагнітною хвилею відбуваються наступні процеси:

- відбиття від границь розділу середовищ з різною відносною діелектричною проникністю.

- заломлення на границі розділу середовищ з різною відносною діелектричною проникністю. Важливим випадком заломлення є заломлення під критичним кутом, коли заломлена хвиля розповсюджується паралельно межі розділу середовищ.

- дифракція – явище виникає коли розмір перешкоди менший за довжину хвилі, що розповсюджується. На цьому явищі заснований пошук локальних об'єктів.

- загасання – загальне зменшення амплітуди зонduючого сигналу під час проходження його в середовищі.

Тепер більш детально зупинимось на кожному процесі.

Відбиття електромагнітних хвиль характеризується коефіцієнтом відбиття. Під час нормального падіння хвилі на границю двох шарів з різною діелектричною проникністю коефіцієнт відбиття обчислюється за формулою [5]:

$$K_{\text{від.}} = \frac{(\sqrt{\varepsilon'_1} - \sqrt{\varepsilon'_2})}{(\sqrt{\varepsilon'_1} + \sqrt{\varepsilon'_2})}, \quad (6)$$

де ε'_1 і ε'_2 – діелектрична проникність відповідного першого і другого шарів середовища.

Заломлення електромагнітних хвиль характеризується коефіцієнтом заломлення. Коефіцієнт заломлення (або проходження через границю) дорівнює [5]:

$$K_{зал.} = 1 - K_{від.} = 2 \cdot \sqrt{\varepsilon'_2} \cdot (\sqrt{\varepsilon'_1} + \sqrt{\varepsilon'_2}). \quad (7)$$

Під час дворазового проходження через границю, наприклад, при відбитті від глибшої границі сумарне зменшення амплітуди сигналу дорівнює коефіцієнту проходження в квадраті:

$$K_{зал.}^2 = 1 - K_{від.}^2. \quad (8)$$

Дифракція електромагнітних хвиль.

Суть дифракції полягає в тому, що відповідно згідно з принципом Гюйгенса, кожна точка фронту хвилі являє собою елементарне вторинне джерело хвиль. На невеликій (меншій за довжиною хвилі) розміром поверхні об'єкта ці елементарні джерела додаються. У результаті весь об'єкт являє собою вторинне джерело електромагнітних хвиль в середовищі [5]. Це надзвичайно важливе для георадіолокаційних досліджень явище, так як дозволяє проводити пошук локальних об'єктів за допомогою виявлення на радарограмі вторинних джерел випромінювання. Також дифракція дозволяє визначити глибину залягання локального об'єкта і швидкість поширення електромагнітних хвиль у середовищі над об'єктом [5].

Загасання електромагнітних хвиль. Під загасанням найчастіше розуміють загальне зменшення амплітуди зонduючого сигналу під час проходження його через середовище до відбиття з границею і назад до приймача.

Фактори, що викликають зменшення амплітуди сигналу [5]:

- відбиття і заломлення на проміжних границях;
- втрати, пов'язані з провідністю середовища;
- геометрична розбіжність фронту хвилі.

Висновок

У сучасній практиці застосування георадарних технологій в процесі діагностики дорожнього одягу є важливим питанням, так як дозволяє отримати більш точну і оперативну інформацію про існуючий стан шарів та матеріалів конструкції. Проте на даному етапі застосування георадарних технологій існує ще багато обмежень, які необхідно вирішувати для досягнення поставлених задач по діагностиці.

Література

1. Изюмов В.К. Теория и методы георадиолокации: Учеб. пособие / В.К. Изюмов, С.В. Дручин, А.С. Вознесенский. – М. : Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 196 с.
2. Георадары, дороги - 2000: Материалы Международного научно-технического семинара. – Архангельск: Изд-во Архангельск, гос. техн. ун-та, 2000. – 104 с.
3. Велли Ю.Я. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах / Велли Ю.Я., Докучаева В.В., Федоров Н.Ф., Л.: «Стройиздат», 1977. – 652с.
4. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / [О.В. Сытник, И.А. Вязьмитинов, А.Ю. Гринев и др.] ; Под ред. А.Ю. Гринева. – М. : Радиотехника, 2005. – 416 с.
5. Владов М.Л. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. – М.: МГУ, 2004. – 153 с.

УДК 625.7.003.1

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЛАТИ ЗА ПРОЇЗД НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

ECONOMIC EXPEDIENCE OF INTRODUCTION OF THE FARE ON HIGHWAYS

Романюк Н.Г., студент БДН-42 (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Процюк В.О., асистент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Romaniuk N.G., student BDN-42 (Lutsk national technical university, Lutsk), Protsiuk V.O., assistant (Lutsk national technical university, Lutsk)

У даній статті розглянуто економічну ефективність введення плати за проїзд швидкісними автомагістралями, мостами, тунелями, шляхопроводами і естакадами, а також будівництва та введення в експлуатацію платних доріг.

The economic efficiency of introduction of the fare on highways, bridges, tunnels, overpasses and flyovers and the construction and operation of roads are considered in this article.

Ключові слова: концесія, оплата за проїзд, тариф, автомагістраль.

Keyword: concession, fare, tariff, highway.

Дорожня галузь відіграє надзвичайно важливу роль у розвитку країни в цілому та її регіонів зокрема. Фінансування будівництва доріг є сьогодні одним з визначальних питань для розвитку усієї української економіки, адже інвестиції в дорожню інфраструктуру є стратегічними – тільки під час існування розгалуженої мережі доріг і дорожньої інфраструктури належної якості Україна зможе повністю використовувати свій експортний та логістичний потенціал, розвивати віддалені території, заохотити зовнішнього і внутрішнього інвестора капітал у різноманітні промислові і сільськогосподарські проекти.

Платні автомобільні дороги набувають у світі дедалі більшого поширення. Якщо простежити їх появу в тій чи іншій країні, то можна відзначити кілька спільних передумов. По-перше, їх поява

відповідає певному рівню автомобілізації всієї країни або якогось із регіонів; по-друге, умови руху на якомусь найбільш завантаженому напрямку заходять у невідповідність із технічними можливостями сучасних автомобілів і побажаннями їх водіїв щодо швидкості, комфорту, безпеки та економічності руху дорогами; по-третє, задовольнити ці вимоги держава не може, тому що існує цілий ряд не менш соціально важливих проблем, які потребують термінового вирішення.

Європейські країни володіють значно більшим досвідом у залученні та використанні джерел для фінансування дорожньої галузі. В залежності від країни значення та внесок у дороги, кожного окремого податку, може змінюватися. Фінансування дорожньої галузі здійснюється за рахунок різноманітних джерел [1]:

- податок з платних доріг;
- податок на паливо;
- ліцензійні збори;
- податок на паркування;
- податок за затори;
- податок з конкретних видів транспортних засобів.

В більшості розвинених країнах обсяги фінансування дорожнього господарства складають приблизно 4% від ВВП. Виключенням є такі країни як Японія та США, де ця цифра коливається близько 2%, однак ці країни мають більш сучасну дорожню систему та більш високий рівень ВВП.

У світі налічується 25 мільйонів кілометрів автомобільних доріг [2]. Із них 150 тисяч кілометрів більше ніж в 30 країнах світу є платними для користувачів. Платний проїзд, як правило, запроваджується на швидкісних автомагістралях, мостах, тунелях, шляхопроводах і естакадах. На сьогоднішній день у Західній Європі сформувалася досить щільна мережа платних автомобільних доріг, і розпочався процес її інтеграції в єдину мережу, для координації і управління якою створена Європейська асоціація платних доріг. Вона об'єднує 17 країн і більше ніж 23 тисячі кілометрів платних автомагістралей [2].

У європейських країнах платні магістралі становлять 0,5-3% від загальної протяжності автомобільних доріг у країні [3], зокрема у Хорватії – 3,3%, Сербії – 2,7%, Швейцарії – 2,7%, Італії – 1,8%, Португалії – 1,3%, Словаччині – 1,1%, Франції – 0,9%, Греції – 0,7%. Однак, якщо порівняти протяжність автомагістралей, збудованих на

умовах концесії, із загальною протяжністю магістралей у Європі, то близько 70% усіх таких доріг збудовані на умовах концесії і більшість із них експлуатуються у платному режимі. Вартість за проїзд по платній дорозі в кожній країні відрізняється. Найдорожчими є дороги у Франції (0,07 євро за кілометр). В деяких країнах плату беруть за проїхану кількість кілометрів (Угорщина, Польща, Франція та ін.), в інших – просто за проїзд цією дорогою. Оплата також здійснюється по-різному. Сама довершена система оплати в Австрії. Там продаються наклейки на скло з поденним трафіком – це великий плюс для туристів. Але в більшості країн перед в'їздом на платну дорогу стоять пункти оплати, на яких здійснюється оплата. Платити можна готівкою, пластиковими картками або, як це зроблено у Норвегії, на заправці ESSO, якщо немає при собі грошей. У Німеччині взагалі немає платних доріг, плата стягується лише з вантажних автомобілів у розмірі 0,15 євро за кілометр. Електронний збір плати вигідний і для водіїв. Водії транспортних засобів, для яких внесення електронної плати є обов'язковим, помітили, що обминання платних доріг для них і їх фірм просто не вигідне. Простої в пробках, збільшена витрата палива, рух дорогами гіршої якості, а тим самим адміністративні штрафи та втрата часу – це в результаті коштує дорожче, ніж рух мережею платних доріг.

Наприклад, прибутки, які отримує система і які поступили в липні 2011 року на рахунок Національного дорожнього фонду Польщі, склали 26,718 млн.зл [1]. Ця сума складається з прибутків від електронної і ручної системи збирання плати, а також адміністративні штрафи в розмірі 1,014 млн.зл., накладені на перевізників і водіїв, разом з відсотками. До суми прибутків треба додати зобов'язання користувачів, які мають договори з післяплатою в розмірі 8,008 млн.зл. Повний прибуток від дії системи viaTOLL у липні 2011 року склав 34,727 млн.зл.

Дослідження закордонного досвіду [3] свідчить, що у світі існує декілька методик визначення розміру плати за послуги проїзду платними дорогами чи дорожніми об'єктами. Найпопулярнішою є західноєвропейська модель розрахунку тарифів на проїзд, яка ґрунтується на витратному методі ціноутворення, дозволяє концесіонеру повернути капіталовкладення і отримати прибуток від експлуатації дороги, проте вона частково ігнорує інтереси споживачів, бо інколи плата за послуги проїзду дорогою дорівнює

половині витрат на паливе необхідного для проїзду нею. Орієнтованою на інтереси споживача є методика, що використовується у пострадянських країнах (Росія, Білорусь), адже згідно до неї тарифи на проїзд платною дорогою тотожні економії, яку отримує споживач послуг внаслідок проїзду платною автомобільною дорогою порівняно з альтернативною. Проте, така модель формування тарифів не створює сприятливих умов для залучення приватного сектора у дорожню галузь, адже, розмір плати за проїзд може не покривати у повному обсязі витрат навіть на будівництво автомобільної дороги, що порушує інтереси концесіонера, а також держави, яка змушена виділяти кошти з бюджету на дотації концесіонеру. У Сінгапурі розмір плати за проїзд платними дорогами взагалі розраховується, виходячи із швидкої окупності проектів, проте платоспроможність населення є високою. Проведений аналіз тарифів на проїзд платними дорогами у цих країнах показав, що у Європі вартість проїзду складає приблизно 0,3 дол./км, у Білорусі – 0,04 дол./км, а Сінгапурі взагалі 1 дол./км. Звідси випливає, що жодна з методик не є досконалою і пристосована до національних особливостей країн, у яких вони застосовуються. Кожна з них порушує інтереси або концесіонера, або держави, або споживача. Основними проблемами, що потребують вирішення є гармонізація інтересів усіх суб'єктів ринку платних автомобільних доріг: держави, концесіонера і споживача, шляхом визначення справедливого тарифу за проїзд платними дорогами чи дорожніми об'єктами. Це вимагає розробки універсальної комплексної методики розрахунку тарифів на проїзд платними дорогами. З урахуванням поставлених завдань, пропонуються методичні основи розрахунку тарифів на послуги проїзду платними дорогами, яка ґрунтується на поєднанні двох методів ціноутворення [4]: витратного методу і методу економії споживача послуг при проїзді платною автомобільною дорогою порівняно з альтернативною. Згідно запропонованої схеми формування тарифу на проїзд платною автомобільною дорогою порядок розрахунку такий:

1. Визначення витратної складової тарифу.
2. Визначення прибуткової складової тарифу.
3. Визначення розрахункового тарифу для усіх груп автотранспортних засобів.
4. Визначення економічної вигоди споживача послуг.

5. Визначення тарифу економічної вигоди споживача послуг для усіх груп автотранспортних засобів.

6. Порівняння розрахункових і тарифів економічної вигоди споживача послуг.

7. Затвердження розміру тарифу залежно від соціально-економічної політики держави.

8. Диференціація тарифів.

Запропоновані методичні основи формування тарифу на проїзд платними дорогами включають переваги існуючих методик, оскільки дозволять врахувати інтереси усіх суб'єктів ринку платних автомобільних доріг за різних умов розвитку держави. До того ж, пропонується розширена диференціація тарифів, яка призведе до росту попиту на нові послуги для України. Перспективи подальших розвідок у даному напрямку полягають у дослідженні ефективності концесійних проектів за різних умов господарювання, визначенні окупності платних доріг та розробці положень щодо проведення тендерів вибору концесіонера для будівництва дороги.

В Україні багатьох людей необхідність оплати проїзду дорогами лякає. Але питання не повинно стояти — сплачувати чи не сплачувати, говорити треба про те, щоб плата була посильною для кожного власника автомобіля і щоб у нього був вибір між ціною та якістю обслуговування. Звичайно, в Україні зараз може йтися лише про окремі платні автомагістралі, з посильною вартістю проїзду для пересічного громадянина. Тож слід звикати до думки, що платити потрібно не лише за автомобіль, пально-мастильні матеріали, його ремонт і обслуговування, а й за ті дороги, якими їздить автомобіль, за їх ремонт і експлуатаційне утримання, за землі, які ці дороги займають.

1. Іванченко А.М. Зарубіжний досвід розвитку платних автомобільних доріг / А.М. Іванченко, М.М. Дубровський // Вісник НУВГП. – Рівне : НУВГП – 2011. – №2 (54). – С. 92-100. **2.** Прокопенко В. Г. Закордонний досвід у розбудові платних доріг // Дорожня галузь України. – 2011. – № 2. – С. 22. **3.** Дослідження і аналіз світового досвіду концесійної діяльності та розробка пропозицій щодо її удосконалення в дорожньому господарстві України // Укравтодор, УДВТП “Укрдортехнологія”. – К., 2005. **4.** Пінішко В. С. Ціни і ціноутворення. Навчальний посібник. – Львів: Інтеллект-Захід, 2006. – 488 с.

УДК 627.737 : 624.016

РОЗРОБЛЕННЯ НОРМ НА ГАБІОННІ КОНСТРУКЦІЇ

DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR CONSTRUCTION GABIONS

Савенко В.Я., д.т.н., проф. (Національний транспортний університет, м. Київ), Петрович В.В., к.т.н., проф. (Національний транспортний університет, м. Київ), Каськів В.І., к.т.н., доц. (Національний транспортний університет, м. Київ), Каськів С.В., асист. (Національний транспортний університет, м. Київ)

Savenko V.Ya., Doctor of Engineering, Professor (National Transport University, Kyiv), Petrovych V.V., Ph.D. in Engineering, Professor (National Transport University, Kyiv), Kaskiv V.I., Ph.D. in Engineering, Associate Professor (National Transport University, Kyiv), Kaskiv S.V., Assis. (National Transport University, Kyiv)

Фахівцями із НТУ розроблені галузеві будівельні норми на проектування габіонних конструкцій при спорудженні автомобільних доріг. Норми встановлюють вимоги до конструкцій укріплення укосів земляного полотна із застосуванням габіонів. Розроблені схеми та методики розрахунку габіонних конструкцій.

Experts from NTU industry developed building codes for designing gabion structures in the construction of highways. The codes set requirements for structures subgrade strengthening of slopes using the Gabion. The schemes and methods of calculation gabion structures developed.

Ключові слова: автомобільна дорога, габіон, габіонна конструкція, підпірна стіна, зелена стіна, сітка дротова звивочна, армований ґрунт.

Keywords: road, gabion, gabion construction, retaining wall, green wall, wire mesh, reinforced soil.

Вступ

У світовій практиці габійні конструкції застосовуються понад 100 років. Перша споруда з габійнів була побудована у 1894 році на ріці Рено в містечку Козаляціо де Рено, недалеко від м. Болоньї. Основне їх призначення, на початку використання, було укріплення берегів річок і водотоків. Зараз ці конструкції використовують для влаштування водовідвідних, регуляційних та інших дорожньо-мостових споруд, а також укріплення укосів насипів, виїмок або природних схилів, як у цивільному, так і дорожньому і залізничному будівництві.

Габіон – це об'ємний сітчастий контейнер, наповнений камінням із щільних гірських порід. Іншими словами, габійна конструкція – це гравітаційна споруда з оцинкованої звичної сітки заповненої природним каменем, яка має просторову коробчату (циліндричну) конструкцію.

Їх застосування і на теперішній час є актуальним, у світлі універсальності конструктивних рішень із використання габійнів та відносної їх доступності і простоти технології збирання як габійнів, так і споруд із них.

Аналіз сучасних нормативних документів і технічних джерел свідчить, що на теперішній час в Україні в дорожній галузі відсутні норми, окрім [1], які б регламентували розрахунок підпирних стін із застосуванням габійнів, хоча ці конструкції дуже часто, з успіхом, застосовують при будівництві чи реконструкції автомобільних доріг (рис. 1).

Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах наведені у відповідному альбомі 89–2000.РУС [2], укріплення берегів річок і водойм регламентовані у ВБН В.2.4-33-2.3-03 [3] і [4], для залізниць розроблені тимчасові технічні вказівки [5].

Основна частина

Згідно з тематичним планом науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Державного агентства автомобільних доріг України у Національному транспортному університеті разом із ТОВ "Габіони Будпроект" розроблені галузеві будівельні норми ГБН В.2.3-37641918-558:2016 "Габійні конструкції. Проектування та будівництво". Сфера застосування яких поширюється на проектування та будівництво габійних конструкцій на автомобільних дорогах загального користування.



Рисунок 1 – Приклад використання габіонних підпірних стін

Нижче наведені основні положення цих норм.

Габіонні конструкції для укріплення укосів, посилення, стабілізації і захисту земляного полотна від небезпечних природно-техногенних процесів є габіонними підпірними стінками з армуючою панеллю із металевої сітки між габіонами або без неї і їх можна віднести до масивних підпірних стін гравітаційного типу.

Габіонні підпірні стінки – призначені для підтримання земляного укосу або схилу при крутизні значно більшій за кут природного укосу.

Габіонні підпірні стінки можна влаштовувати:

- при необхідності зменшення смуги відведення при будівництві;
- при реконструкції та капітальному ремонті з розширенням земляного полотна автомобільних доріг;
- при ремонті зсувів укосів та схилів рельєфу смуги відведення;
- при спорудженні насипів у гірській місцевості з метою забезпечення їх стійкості.

Проектування габіонних підпірних стінок включає конструювання (призначення геометричних розмірів стінки та габіонів, кількості габіонів тощо) і розрахунки їх за двома групами граничних станів. Геометричні розміри, що призначені на етапі конструювання, уточнюються подальшими розрахунками.

Розрахунок за першою групою граничних станів (за втратою несучої здатності, включає повну втрату стійкості або значні пошкодження) передбачає виконання розрахунків на:

- а) загальну стійкість (зовнішня стійкість)

- загальну стійкість укосу насипу із підпірною стіною за круглоциліндричною поверхнею ковзання;
 - стійкість положення стіни проти зсуву по основі;
 - стійкість положення стіни проти перекидання;
 - міцність ґрунтової основи;
- б) внутрішню стійкість:
- зсув одних габіонів відносно інших;
 - розрив каркаса габіона (міцність габіона, як конструктивного елемента).

Розрахунок за другою групою граничних станів (непридатність до нормальної експлуатації) включає перевірку на допустимі деформації при експлуатації споруди.

Усі розрахунки повинні виконуватись із використанням розрахункових значень характеристик ґрунтів, матеріалів і навантажень, які отримують шляхом множення або ділення нормативного або номінального значення величини на відповідний коефіцієнт надійності.

Розрахункове значення характеристик ґрунтів X_d визначають за формулою:

$$X_d = \frac{X_n}{\gamma_g}, \quad (1)$$

де X_n – нормативне значення характеристики;

γ_g – коефіцієнт надійності по ґрунту згідно з ДБН В.2.1-10 [6].

Розрахункове значення параметрів матеріалів визначають за формулою:

$$R_{ds} = \frac{R_{ns}}{\gamma_m}, \quad (2)$$

де R_{ds} і R_{ns} – розрахункове і номінальне значення міцності сітки на тимчасовий опір на розрив;

γ_m – коефіцієнт надійності по матеріалу, для розрахунків приймають $\gamma_m = 1,25$.

Розрахункове значення сил:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_n, \quad (3)$$

де F_d і F_n – розрахункове і номінальне значення сили;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням згідно з ДБН В.1.2-2 [7] і [8].

Стійкість укосу насипу разом із спорудою

Оцінюють стійкість укосів насипів в окремих її перетинах як для повної висоти укосу (загальна стійкість), так і для окремих частин укосів (місцева стійкість).

Згідно з ДБН В.1.1-24 [9] критерієм стійкості схилів (укосів) для найнебезпечнішої призми обвалення є умова:

$$\gamma_{fc} \cdot T \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (4)$$

де γ_{fc} – коефіцієнт сполучення навантажень;

T – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_f , кН;

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди;

R – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

При пошуку небезпечної поверхні сповзання призми обвалення визначається коефіцієнт запасу стійкості, який повинен бути більшим або дорівнювати нормативному коефіцієнту запасу стійкості K_{st} що відповідає настанню граничного стану рівноваги:

$$K_{st} = \frac{R}{T} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = [K_{st}] \quad (5)$$

де $\gamma_n = 1,25$ згідно з ДБН В.1.1-24 [9], ДБН В 1.2-14 [10], ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [11], для доріг державного значення (I – III категорії); $\gamma_n = 1,10$ для доріг IV – V категорії;

$\gamma_{fc} = 1,00$ (поєднання навантажень – основне) згідно з [9];

$\gamma_c = 0,95$ (наближені методи розрахунку) згідно з [9];

$[K_{st}]$ – допустима величина, коефіцієнта стійкості.

Стійкість габіонної стіни проти зсуву по основі

Стійкість стіни проти зсуву по поверхні основи, з врахуванням положень ДБН В.1.1-3 [12], ДБН В 1.1-24 [9] і СНиП 2.09.03 [13], буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st_зсув} \geq [K_{st}], \quad (6)$$

$$K_{st_зсув} = \frac{R_{зсув}}{T_{зсув}}, \quad (7)$$

де $R_{зсув}$ – узагальнені утримуючі сили при зсуві, кН/м;

$T_{зсув}$ – узагальнені сили зсуву, кН/м;

$$R_{зсув} = N \cdot f + c \cdot B, \quad (8)$$

$$T_{зсув} = E_{зсув} + F_{q_зсув}, \quad (9)$$

де $E_{зсув}$ – максимальна величина горизонтальної складової активного тиску E_{ah} або зсувного тиску E_n , кН/м;

$F_{q_зсув}$ – сила зсуву від транспортного навантаження, що розташоване на поверхні призми зсуву, кН/м.

Стійкість габіонної стіни проти перекидання

Стійкість стіни проти перекидання забезпечується при виконанні умови:

$$K_{st_п} \geq [K_{st}]. \quad (10)$$

$$K_{st_п} = \frac{M_{утр}}{M_{п}}, \quad (11)$$

де $M_{утр}$ – момент утримуючих сил, кН·м/м;

$M_{п}$ – момент сил, що діють на перекидання стінки, кН·м/м.

Міцність ґрунтової основи

Розрахунок фундаментів за несучою здатністю основи згідно з ДБН В.2.1-10 [6] виконують виходячи з умови:

$$\sigma \leq \sigma_u, \quad (12)$$

де $\sigma = F / (b l)$;

F – розрахункове навантаження на основу;

b, l – розміри в плані (ширина і довжина) сторін фундаменту;
 σ_u – напруження, що відповідає межі несучої здатності основи.

Міцність ґрунтової основи габіонної стіни буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st\ o} \geq [K_{st}], \quad (13)$$

$$K_{st\ o} = \frac{[\sigma]}{\sigma_v}, \quad (14)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_o}, \quad (15)$$

де $[\sigma]$ – допустимий тиск, під подошвою габіонної стіни, кПа;
 σ_v – максимальне вертикальне напруження, що діє в основі габіонної стіни, кПа;

γ_o – коефіцієнт надійності по основі, $\gamma_o = 3,0$;

Перевірка на зсув конструктивних елементів стінки

До розрахунку приймають всі можливі горизонтальні поверхні зсуву на межі габіон-габіон по висоті підпірної стінки. Розрахунок виконують аналогічно до розрахунку стійкості підпірної стінки проти проковзування по ґрунту основи.

При розгляді круглоциліндричної поверхні ковзання, що проходить через габіони підпірної стінки, розрахунки виконують за (4).

В'язальний дріт, яким з'єднують габіони між собою у розрахунках не враховують, його міцність на розрив іде у запас міцності конструкції.

Перевірка на міцність конструктивних елементів стінки

Міцність сітки габіона на розрив забезпечується при виконанні умови:

$$T_{dg} < R_d, \quad (16)$$

де T_{dg} – розрахункове максимальне розтягуюче зусилля в сітці габіона від дії ваги конструкції, кН/м;

R_d – розрахункова міцність сітки габіона на тимчасовий опір на розрив, кН/м.

Висновок

Світовий досвід використання габіонних конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких

споруд. Розроблений нормативний документ і положення, які у ньому викладені дозволять більш обґрунтовано приймати проектні рішення із застосування цих конструкцій.

Література

1. Р В.2.3–218–02070915–697:2007. Рекомендації із застосування габіонових конструкцій у дорожньому будівництві. – К. : Укравтодор, 2007. – 39 с. **2.** Альбом. Конструкції річкових укріплених споруд на гірських автомобільних дорогах. 89–2000.РУС. – І-Ф. : Державна служба автомобільних доріг України, 2002. – 149 с. **3.** ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел річок. Норми проектування. – К. : Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 150 с. **4.** Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габіонні конструкції протиерозійних споруд. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. “Регулювання русел річок. Норми проектування”. – К. : ВАТ «Укрводпрект», 2006. – 29 с. **5.** Тимчасові технічні вказівки із застосування габіонів для підсилення земляного полотна залізниць. – К. : [Б.В.], 2007. – 45 с. **6.** ДБН В.2.1-10-2009. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с. **7.** ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К. : Мінбуд України, 2006. – 77 с. **8.** ВСН 167-70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. – М. : Минтрансстрой СССР, 1970. – 56 с. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 73 с. **9.** ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 48 с. **10.** ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 (СНиП 3.02.01-87, MOD). Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 40 с. **11.** ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення. – К. : Держбуд України, 1998. – 47 с. **12.** СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. – М. : Госстрой СССР, 1985. – 101 с.

УДК 621.926

**ЦЕПНЫЕ АГРЕГАТЫ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ СЫРЬЕВЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

**CHAIN MULTIPURPOSE UNITS FOR PROCESSING OF WET
RAW MATERIALS**

Сиваченко Л.А., д.т.н., проф., Реутский И.А., аспирант, Ровский А.М., аспирант (Белорусско-Российский университет, г. Могилев, РБ)

Sivachenko L.A., PhD, prof., Reutsky I.A., graduate student, Rovsky A.M., graduate student (Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus)

В роботі викладені проблеми переробки вологих сировинних матеріалів і проведений аналіз існуючого обладнання для подрібнення цих матеріалів. Авторами запропонована схема ланцюгового агрегату багатофункціонального призначення, зокрема для подрібнення і сушки вологого сировинного матеріалу.

The paper describes the problem of processing of wet raw materials and promoted the analysis of the existing equipment to grind these materials. The authors proposed a scheme chain multifunctional machine, in particular for pre-drying and grinding wet raw material. Paying attention the process of drying in the process chain of equipment, thereby achieving significant energy savings. The scheme of the mobile unit of the chain crawler pretreatment material production area, as well as describes how it works. Such units can simultaneously produce grinding wet material to a certain size are removed from the working chamber, and large solid tramp on and produce pre-drying, thereby facilitating the entire production structure that will use less energy intensity or more efficient equipment in subsequent stages of processing. We describe the tasks and directions of the study of chain units.

Ключові слова: первинна переробка сировини, вологий сировинний матеріал, ланцюгові агрегати, подрібнення, сушіння.

Keyword: the primary processing of raw materials, wet raw material, chain actuator units, shredding, drying.

Проблема переработки влажных сырьевых материалов особенно остро она стоит в условиях производства сырья на основе глины, мела и мергеля при производстве цемента, извести и керамических изделий [1]. Перечисленное сырьё преимущественно относится к материалам с капиллярно-пористой структурой, для которой характерно наличие не только свободной и несвязной влаги, находящейся на поверхности, но и влаги заключённой в капиллярах, объём которой может достигать 60 % от объёма всей влаги, присутствующей в сырье. Высокая влажность, безусловно сопровождается колоссальными издержками на её удаление, однако ещё до осуществления процесса сушки материал измельчается и уже на этой стадии обработка сырья влажностью, достигающей 25-30 %, сопряжена с рядом негативных явлений, к числу которых можно отнести высокую степень адгезии на рабочие органы измельчителей, дробилок, комкование сырья после измельчения и налипание материала на поверхности рабочих камер [2].

В технологии производства цемента сухим способом важной составляющей является подготовка мелкодисперсного мела, его измельчение и сушка. Сложности с переработкой мела возникают уже при 20 % влажности: плохо дробится, замазывает рабочие органы дробилок и выводит их из строя. Существуют различные способы устранения описанных сложностей, такие как установка очистительных устройств, реконструирование рабочих органов с их регулярной заменой, а в комплексе с высокой энергоёмкостью сушки [3] выливается в огромные энергетические издержки.

Таким образом перед современной промышленностью стоит конкретная задача в разработке и создании адаптивных систем рабочего оборудования для переработки влажного сырьевого материала и агрегатов на их основе. Для этого необходимо учитывать свойства капиллярно-пористых структур, которые характеризуются тем, что движение жидкости в капиллярах зависит от их диаметра, и сила сопротивления этому движению тем больше, чем меньше диаметр капилляров [4]. Активизация процесса движения такой жидкости к поверхности твердых частиц интенсивными механическими воздействиями приведёт к вскрытию новой поверхности и удалению части влаги из капилляров. При этом, направив газовый агент в область измельчения материала, возможно снять часть поверхностной влаги, создав поверхность сырья, менее подверженную слипанию [5].

В настоящее время для дезинтераторной, т.е. связанной с измельчением, переработки влажных сред применяется большое количество различных по конструкции к принципу действия агрегатов. Это прежде всего дырчатые и дезинтеграторные валцы, бегуны, стругачи, глинорыхлители, глиноизмельчители, обширный класс, так называемых, среднеходных мельниц и многие другие измельчители. [6, 7]. Проанализировав принципы работы и конструкции этих машин, можно выделить следующие недостатки: затруднительна переработка неоднородного по составу сырья с наличием твёрдых включений, затруднительна переработка сырья влажностью выше 16-18 %, для большинства агрегатов характерно налипание сырья на рабочее оборудование, в следствие чего происходит постепенное снижение производительности. Подобные недостатки современного оборудования создали необходимость в разработке новых подходов к проектированию агрегатов для переработки влажных сырьевых материалов. Одним из таких решений стало исполнение рабочей камеры и измельчающих органов в виде подвижного цепного полотна, состоящего из отрезков отдельных цепей, соединённых между собой. Универсальность подобного рабочего оборудования позволяет приспособить, разработанные на его основе, агрегаты для применения по следующим технологическим направлениям: измельчении влажных материалов, гранулирование, селективное измельчение и механоактивация строительных смесей [8, 9]. Этот подход был воплощён в разработанном цепном агрегате [5] многоцелевого назначения, схема которого представлена на Рис. 1.

Цепной агрегат многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов состоит из дугообразно провисающего цепного полотна 1, закрепленного на раме 2 продольными краями и представленное множественными рядами цепей, соединенных между собой. Посредством работы привода 3 через кривошипно-шатунный механизм 4 штанга 5, расположенная в нижней точке провисания полотна 1 приводит его в движение. Для повышения эффективности работы агрегата в зоне провисания цепного полотна 1 установлен измельчитель 6, представляющий собой вал с зубьями, расположенными в различных направлениях. Вал устаивается посередине рабочей камеры параллельно штанге 5 цепного полотна 1 и располагается таким образом, что при его

работе не возникает соприкосновения зубьев вала со звеньями цепного полотна.

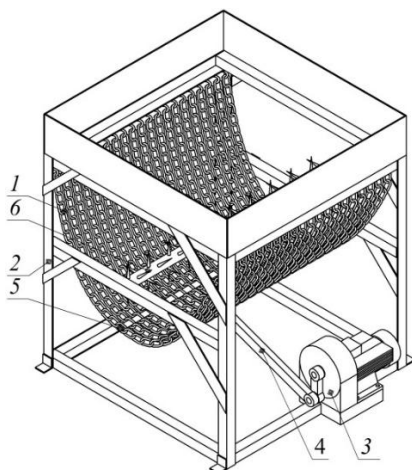


Рис. 1. Цепной агрегат

Для экспериментального исследования процесса измельчения влажного сырьевого материала на цепном агрегате был разработан опытный образец цепного измельчителя, фотографии которого представлены на рис. 2.



Рис. 2. Опытный образец цепного измельчителя

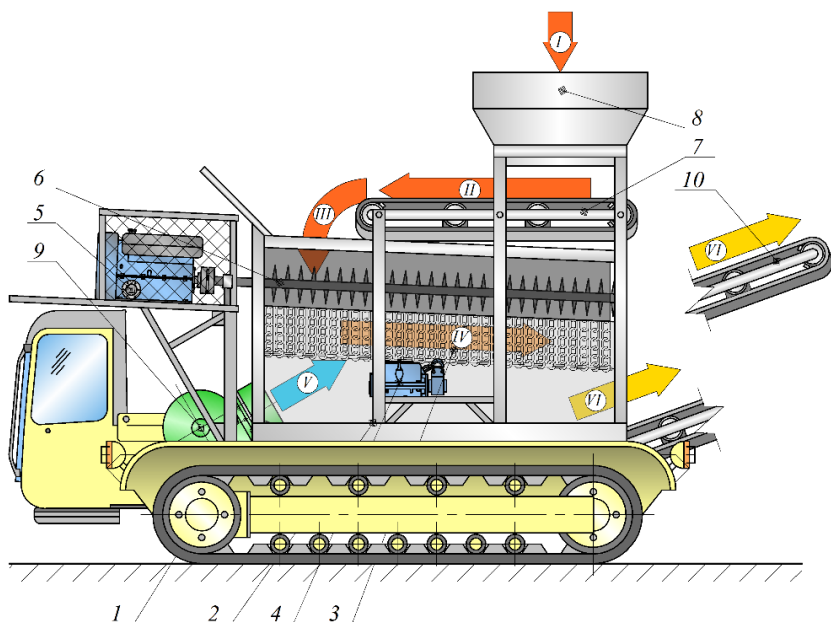
Поскольку в основу разрабатываемых агрегатов положен принцип совмещения нескольких технологических операций, реализации адаптивных методов воздействия на обрабатываемые материалы, важно обратить внимание на возможность осуществления предварительной сушки в дополнение к процессом

измельчения. Для этого целесообразно воспользоваться известным эффектом срыва влаги с угольных частиц воздушным потоком [10]. Суть его сводится к тому, что потоком воздуха механически происходит срыв влаги с поверхности частиц материала с интенсивной диспергацией «сорванной» влаги и с частичным удалением ее из сушильного аппарата в виде жидкой фазы, т.е. без перевода ее из жидкой фазы в парообразную.

Для реализации подобного решения на описанном ранее цепном агрегате на гусеничном ходу необходима установка воздуходувок, генерирующих воздушный поток скоростью не менее 30 м/с в зоне измельчения влажного сырьевого материала.

Удаление значительной части свободной влаги, содержащейся в материале, без затрат энергии на ее фазовое превращение дает значительную экономию тепловой энергии. Технически это обеспечивается продувкой слоя частиц холодным воздухом со скоростью свыше 30 м/с и позволяет снижать влажность по абсолютному показателю на 5-10 %. Расход воздуха при этом составляет порядка 10 м³/ч на 1 кг. Вне всяких сомнений, подобное усложнение технологической стадии, связанной с подсушиванием материала гарантирует улучшение условий и других стадий технологической переработки влажного сырья. Под этим подразумевается уменьшение слипания измельченного материала после обработки и, соответственно, повышение его сыпучести, а главное – снижение влажности сырьевого материала даже на 1 % экономит не менее 3 кг условного топлива на 1 т клинкера [11].

Описанное решение реализовано при разработке цепного агрегата многоцелевого назначения на гусеничном ходу. Что позволит применять его непосредственно в местах разработки влажных материалов, значительно уменьшив затраты, связанные с транспортировкой разработанного сырья и последующей его переработки. Это даст возможность осуществлять переработку влажных сырьевых материалов параллельно их разработки экскаватором или другими машинами и механизмами. Пример такого исполнения представлен на рис. 3



I – Загрузка материала в бункер; *II* – Транспортировка материала питателем к месту загрузки в рабочую камеру; *III* – Подача материала в рабочую камеру; *IV* – Измельчение и подсушивание материала; *V* – Подача воздушного потока в зону измельчения; *VI* – Выгрузка измельченного и подсушенного материала из рабочей зоны питателем.

Рис. 3. Цепной агрегат на гусеничном ходу

Цепной агрегат многоцелевого назначения включает в себя платформу гусеничного тягача *1*, с размещенной на ней рамой *2*, на которую подвешивается цепное полотно *3*, приводимое в движение гидравлическим приводом *4*. Стационарным двигателем внутреннего сгорания *5*, приводится в движение фрезерный измельчитель *6*, необходимый для совместной работы с цепным полотном *3*. В рабочую камеру материал подается пластинчатым питателем *7*, куда материал поступает из загрузочного бункера *8*. На раме *2* также установлены площадки обслуживания *7*. В процессе измельчения материал продувается воздушным потоком, генерируемый воздуходувкой *9*. Измельченный и подсушенный материал просыпается через цепное полотно *3* и удаляется из агрегата выгружающим пластинчатым питателем *10*,

расположенным вдоль платформы гусеничного тягача 1 под цепным полотном 2.

Более подробная схема распределения потоков указана на рис. 4, из которой видно, что генерируемый воздуходувкой 9 воздушный поток разделяется на два параллельных потока, направленных в зону измельчения. Такое решение обусловлено расположенной в нижней части провисания цепного полотна соединительной штанги, передающей колебательные движения от гидропривода 4, и препятствующий попаданию единого воздушного потока в зону измельчения материала.

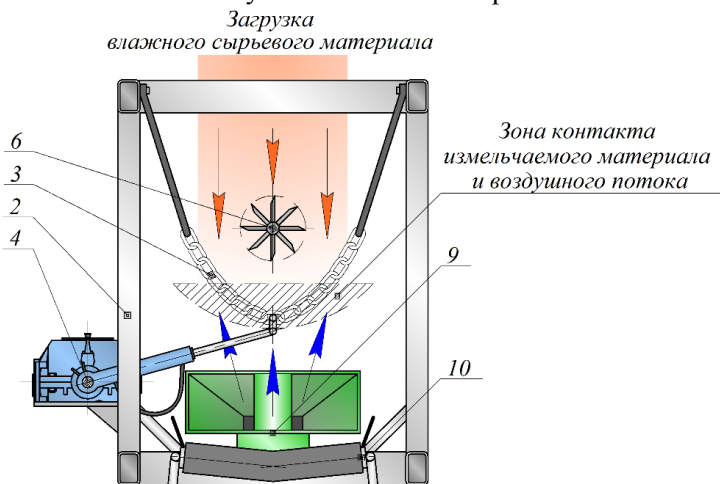


Рис. 4. Агрегат сушильный

Интенсификация измельчения фрезерным измельчителем 6, происходит в момент набрасывания материала цепным полотном 3 в процессе колебательного движения последнего. Важно отметить целесообразность направления воздушного потока именно в зону измельчения, заключающуюся в уносе поверхностной влаги материала вскрытой в результате измельчения. Таким образом зона контакта измельчаемого материала и воздушного потока, а также процессы, протекающие в ней и их эффективность, представляют особый исследовательский интерес.

Цепные агрегаты многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов являются перспективным направлением для исследования, что обусловлено их повышенной многофункциональностью, универсальностью. Подобного рода

установки способны одновременно производить измельчение влажного материала до определенной крупности, удалять из рабочей камеры крупные прочные и недробимые включения и производить предварительную сушку, облегчая тем самым всю технологическую структуру, что позволит использовать менее энергоёмкое и более эффективное оборудование в последующих стадиях переработки. Простота конструкции рабочего оборудования и, следовательно, низкая стоимость его изготовления определена тем, что цепное полотно легко собирается из широко используемых в технике элементов – цепей, скоб, крючьев, зубьев, пластин и других. Это, в свою очередь, позволяет снизить затраты на эксплуатацию, так как уменьшаются различного рода поломки и отказы, не требуется производить трудоёмкие чистки рабочего пространства и выполнять другие профилактические работы.

Описанные цепные агрегаты имеют широкий спектр технологических возможностей, что вызывает необходимость встраивания их в производственные комплексы на условиях обеспечения синхронности и совместимости выполняемых функций. Их основное предназначение – первичная обработка влажного сырьевого материала на предприятиях по производству цемента, извести, керамических изделий, при переработке торфа, трепела, угля, лигнина, а также для предварительной обработки в зоне их непосредственной добычи. Предлагаемые конструкции передвижных цепных агрегатов многоцелевого назначения базируются на проведенных ранее теоретических исследованиях цепных агрегатов [5, 8, 9, 12]. Экспериментальные исследования в этой области ведутся авторами в данный момент. Их задача состоит в разработке единой методики определения основных геометрических и энергетических параметров, а также определение функциональных возможностей и показателей надежности, прежде всего износостойкости цепных элементов.

1. Сиваченко Л.А. Проблемы переработка влажных сырьевых материалов и пути их решения / Л.А. Сиваченко, В.В. Кутузов, А.М. Ровский, И.А. Реутский, Инженер-механик, Минск. №1 2015. – С.16-20. **2.** Сиваченко Л.А. Технологические переделы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л.А. Сиваченко, У.К. Кусенбаев, И.А. Реутский, А.М. Ровский, Энергоэффективность, Минск, 2015, №10, – С.20-26. **3.** Боганов А.И., Механическое оборудование цементных заводов / А.И. Боганов, М: Промстройиздат, 1955. – 296 с. **4.** Колбасов В.М.

Технология вяжущих материалов / В.М. Колбасов, И.И. Леонов, Л.М. Сулименко, М. Стройиздат, 1987. – 432с. **5.** Сиваченко Л.А. Комплекс для измельчения и сушки влажного мела на основе цепного агрегата / Сиваченко Л.А., Реутский И.А., Ровский А.М. / Вибрация – 2016. Вибрационные технологии. Мехатроника и управляемые системы: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Том. 2, – Курск, 2016. – с. 265-270. **6.** Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение. 1981 – 324с. **7.** Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников, М., «Высшая школа», 1971. – 382 с. **8.** Сиваченко Л.А. Комплект технологических агрегатов с цепным рабочим оборудованием для технологии продуктов первичного передела / Сиваченко Л.А., Ровский А.М., Реутский И.А. / Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород, 2015. – С.310-316. **9.** Сиваченко, Л.А. Цепные технологические агрегаты многоцелевого назначения и их развитие / Л.А. Сиваченко, А.М. Ровский, И.А. Реутский / Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2016. – № 1(50) – с. 78-86. **10.** Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификации углей / В.А. Филиппов – М.: Недра, 1987 – 287 с. **11.** Юревич Т.К. Внедрение энергоэффективной технологии сушки сырья и материалов в перерабатывающей промышленности, машиностроении, строительстве / Т.К. Юревич, Минск. Энергоэффективность. №6, 2010. – С.12-14. **12.** Сиваченко Л.А. Цепной измельчитель влажных материалов / Л.А. Сиваченко, А.М. Ровский, И.А. Реутский / Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., – Белгород, 2015. – С.310-314.

УДК 621.926

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛИ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ С РЕЛЬЕФНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

SHREDDERS PERCUSSION WITH A RELIEF SURFACE WORKING BODIES

Сиваченко Т.Л., соискатель (Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород)

Sivachenko T.L., applicant (Belgorod State Technological University, VG Shukhov)

Представлено описание измельчителей ударного действия с рельефной поверхностью рабочих органов, образованной набором стержневых элементов. Описаны конструкции аппаратов для экспериментальных исследований и проведения промышленных испытаний нового вида оборудования.

The main progress in the field of applied mechanics of destruction is based on reducing the cost of energy to the external and internal friction in the actual grinding process. The main directions of solving this problem are described in detail sufficient in the work. The description of Impact crushers with a relief surface working bodies formed by a set of core elements. We describe the design of devices for pilot studies and industrial tests of a new type of equipment. The results of the research are being developed industrial hammer mills, which are intended for grinding and chalk raw meal in cement production. Our research are intended to identify the functionality Impact crushers with a relief surface in the form of rod elements.

Ключові слова: Іглофрезерний подрібнювач, рельєфна поверхня, тонкодисперсний матеріал, енергозбереження, ресурсозбереження, подрібнення, стрижневе подрібнення.

Keyword: Needlemilling crusher, raised surface, microfine material, energy conservation, resource conservation, crushing, rod milling.

Измельчение для многих отраслей промышленности, особенно для производства строительных материалов, имеет чрезвычайно

важное значение. Это самая массовая и самая несовершенная из всех реализуемых в настоящее время технологических операций.

Анализ исследований механизмов разрушения твердых тел показывает, что из всего их многообразия наибольшее применение имеют два: разрушение между двумя поверхностями и удар. К ударным машинам относятся роторные и молотковые дробилки, дезинтеграторы, центробежные и вихревые аппараты и ряд других [1, 2]

Основной прогресс в области прикладной механики разрушения основан на уменьшении затрат энергии на внешнее и внутреннее трение собственно в процессах измельчения. Основные направления решения указанной проблемы достаточно предметно описаны в работе [3], но их применение в каждом конкретном случае имеет свои особенности и ограничивается конкретными условиями технологии переработки материалов. В качестве объекта исследования остановимся на молотковой дробилке с шарнирным подвесом ударных элементов, а из возможных методов интенсификации процесса дезинтеграции выберем подход, основанный на рационализации размеров мелющих тел (элементов) и создания развитой рельефной поверхности рабочих элементов с целью увеличения контактных напряжений в зоне разрушения частиц материала.

Измельчение минеральных, а особенно анизотропных и сложных по составу и структуре материалов, требует специальных подходов, что выражается в создании аппаратов оригинальной конструкции. Анализ предшествующих исследований [4] и наши собственные работы [5] дают основания считать, что одним из наиболее простых способов реализации указанного направления является выполнение рабочих органов на основе стержневых элементов, собираемых в пакеты, щетки или жгуты. При этом воздействие на обрабатываемый материал осуществляется их консольными частями, которые образуют рельефную поверхность, обеспечивающую не только принципиально новый характер поведения на ней диспергируемого материала, но и возможность управления закономерностями измельчения.

Ближайшими конструктивными аналогами, которые могут служить основой для проектирования стержневых аппаратов, являются широко применяемые в технике щетки, скребки, иглофрезы, и другие инструменты [6,7]. Их технологические

функции состоят в реализации сдвиговых воздействий на обрабатываемые поверхности для их очистки, снятия поверхностных слоев материала или финишной отделки. В качестве других применений стержневых элементов можно выделить гребенки и иглы в текстильной промышленности, прошивки и пробойники в кожевенном деле, иглотерапию и множество прочих. По имеющейся информации использования наборов стержневых элементов для создания измельчительных машин промышленного назначения не обнаружено, что также подтверждается получением нами около 20 патентов на изобретения Беларуси, России и Казахстана.

В определенной степени эти конструкции следует модернизировать под условия измельчения ими конкретных материалов. Основные виды разрушения стержнями частиц материала показаны на рисунке 1.

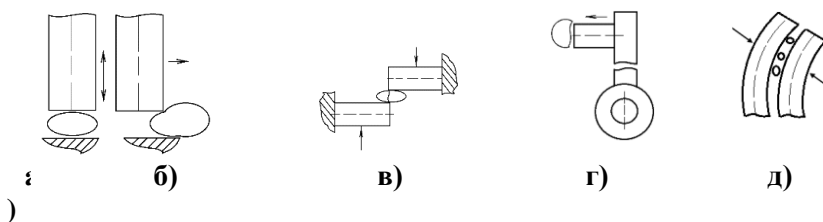


Рис. 1. Основные виды стержневого измельчения.

На представленных схемах приведены идеализированные варианты разрушения: а) ударно-раздавляющее; б) истирание; в) срез; г) свободный удар; д) сжатие по образующим стержней. С учетом специфики выполняемой работы основной акцент сделан на механизм разрушения свободным ударом – схема г).

Из достаточно большого количества исполнений измельчителей ударного действия представим варианты аппаратов с горизонтальным и вертикальным роторами, приведенными соответственно на рисунках 2 и 3. Эти виды оборудования разработаны под известные конструкции дробилок, которые можно легко модернизировать путем замены традиционных ударных элементов на наборы стержневых элементов.

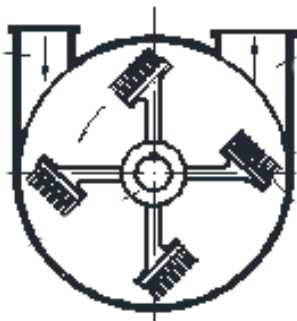


Рис. 2. Дробилка с горизонтальным ротором.

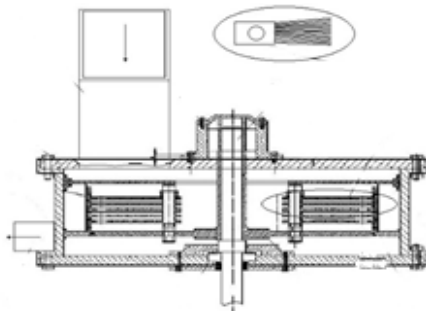


Рис. 3. Дробилка с вертикальным ротором.

С целью определения потенциальных возможностей ударных измельчителей, оснащенных стержневыми элементами, разработана специальная экспериментальная конструкция, схема которой представлена на рисунке 4.

Экспериментальная установка для исследования единичных актов ударного измельчения, включает в себя стойку 1, на которой смонтирован приводной электродвигатель 2, к фланцу которого прикреплена рабочая камера 3. На валу 4 электродвигателя установлен диск 5 по периферии которого в шарнирах 6 смонтированы ударные элементы (била) 7. Для загрузки и выгрузки обрабатываемого материала предусмотрены патрубки 8,9, а для визуального наблюдения за процессом измельчения-прозрачная стенка 10.

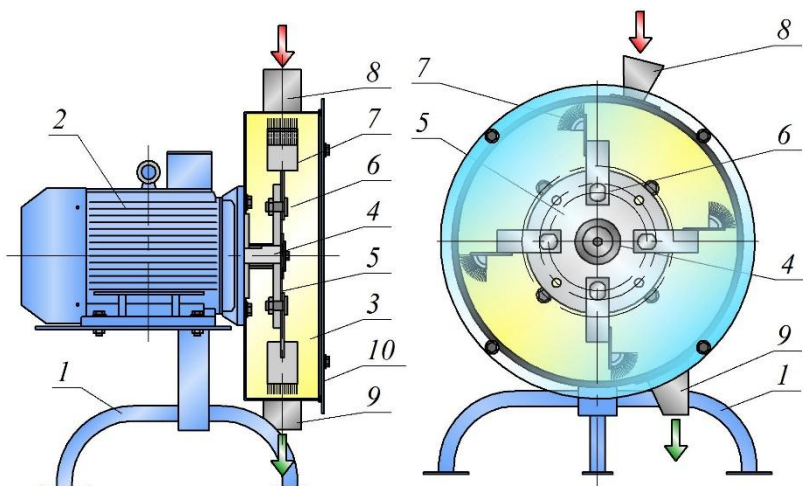


Рис. 4. Экспериментальная установка для стержневого измельчения.
а) вид сбоку
б) вид спереди.

Ударные элементы 7 изготовлены двух вариантов – в виде плоских пластин-бил и в виде сегментов, вырезанных из цилиндрической щетки. Общий вид экспериментальной установки, ротор с билами и собственно била показаны на фотографиях, рисунки 5, 6, 7.



Рис. 5. Общий вид экспериментальной установки.



Рисунок 6. Ротор с набором бил



Рис. 7. Варианты исполнения ударных элементов.

Экспериментальная установка характеризуется следующими параметрами. Мощность приводного электродвигателя $N_{дв}=1,6$ кВт, частота вращения ротора $n_p=1590$ об/мин, диаметр рабочей камеры $D_k=400$ мм. В качестве измельчаемого материала использовался бой ячеистого бетона крупностью 3-5 мм. Измельчение производилось поштучной подачей исходных частиц непосредственно в зону ударного измельчения. В результате проведенных испытаний установлено, что эффективность измельчения стержневыми элементами существенно превосходит эффективность помола традиционными билами с плоской поверхностью.

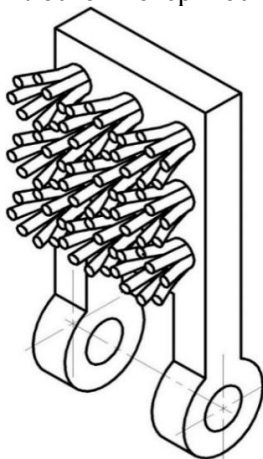


Рис. 8. Конструкция молотка, оснащенного стержневыми элементами.

По результатам выполненных исследований ведется разработка молотков промышленных мельниц, которые предназначены для измельчения мела и получения сырьевой муки при производстве цемента. Один из варианта разрабатываемой конструкции изображен на рисунке 8, где стержневые элементы крепятся в отверстиях (гнездах) бил путем расклинивания.

Проводимые исследования имеют своей целью выявить функциональные возможности измельчителей ударного действия с рельефной поверхностью в виде стержневых элементов, изучить закономерности поведения частиц исходного материала на этой поверхности в условиях «микроаэродинамического» движения потоков воздуха в межстержневых зонах, а также дать оценку диспергирующей способности новых конструкций и их работоспособности по различным критериям.

1. Севостьянов В.С. Технологические комплексы и оборудования для переработки и утилизации техногенных материалов / В.С. Севостьянов, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, О.А. Носов, - Белгород. Изд-во БГТУ, 2015-321с. **2.** Сиваченко Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.]. Минск, Изд. центр БГУ, 2008. -375с. **3.** Сиваченко Л.А. Вопросы развития техники и технологии измельчения материалов / Л.А. Сиваченко, Е.А. Шаройкина, В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, Межвуз. сб. статей. Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Белгород, БГТУ, 2010, - С. 315-321. **4.** Горловский И.А. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности / И.А. Горловский, Н.А. Козулин, Л-д, Химия, 1980. -376с. **5.** Севостьянов В.С. Технологические аппараты с иглофрезерными рабочими органами для комплексной переработки композиционных материалов / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, С.А. Михайличенко, - Науч. теор. ж-л Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова-Белгород, - 2015 №2.-С.50-56. **6.** Матчак А.Я. Механические проволочные щетки для отделочно-зачистных работ / А.Я. Матчак, С.Д. Заковырик, Л.Г. Одинов Вестник машиностроения, 1989 №7.-С. 51-53. **7.** Гавриленко И.Г. Силловые параметры вращающихся проволочных щеток / И.Г. Гавриленко, Станки и инструмент, №12, 1975, - С.29-30.

УДК 625.7/.8

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ РАССТОЯНИЙ ВИДИМОСТИ В СВЕТЕ ФАР

GENERAL PROVISIONS OF CALCULATING THE MAXIMUM VISIBILITY DISTANCE IN THE HEADLIGHTS

Смирнова Н.В., д.т.н., проф. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков)

Smirnova N.V., Doctor of Engineering, Professor. (The Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov)

Рассмотрены основные зависимости расчета максимально возможных расстояний видимости при движении в свете фар в различные сезоны года в течение жизненного цикла дороги. Приведены результаты моделирования.

The basic calculation are overwied in accordance with the maximum possible range of vision when driving with the headlights in different seasons during the road life cycle. Modeling results are represented.

Ключевые слова: автомобильная дорога, скорость движения, видимость, световой поток фар, темное время суток.

Keywords: road, speed, visibility, headlights light flow, the dark.

В настоящее время с появлением продвинутых компьютерных технологий проектирования автомобильных дорог остается нерешенной проблема генерирования вариантов проектных решений. Среди множества проектных ршений необходимо выбрать к реализации оптимальное по комплексу показателей качества объекта [2]. Главным критерием среди технико-экономических показателей оценки проектов в действующем ДБН [1] указан минимальный срок окупаемости инвестиций, который в свою очередь зависит от массива показателей, описывающих условия движения по данной автомобильной дороге, среди которых важнейшими следует признать скорость движения и время проезда

в прямом и обратном направлении. Проблема направленного поиска наилучшего проекта решается путем имитационного моделирования процессов функционирования дороги с расчетом показателей безопасности и удобства движения, эксплуатационных затрат, энергетических и экологических показателей [4].

Для получения достоверных результатов моделирования функционирования дороги в течение ее жизненного цикла необходимо спланировать работу дороги с учетом реальной загрузки. Эта загрузка крайне неравномерна по годам и периодам жизненного цикла. Загрузку дороги движением характеризуют среднегодовой суточной и часовой интенсивностью.

Анализ типичного распределения суточной интенсивности в течение года дает основание вводить в качестве внешних параметров математической модели коэффициенты неравномерности интенсивности по периодам года, данные которой обосновывает проектировщик на основе анализа экономической степени тяготения к данной дороге прилегающих территорий и транзитных транспортных потоков.

Анализ типичных распределений часовой интенсивности в течение суток, рис. 1, для моделирования движения в свете фар дает основание вводить в качестве внешних параметров в математическую модель часть потоков (проценты), по периодам года, например, зимой 50 %, весной и осенью 35 %, летом 20 %. При этом продолжительность светового дня в часах по периодам года следует устанавливать по данным метеослужбы, например, [4].

Таблица 1

Периоды движения потока в свете фар				
Период	Зима	Весна	Лето	Осень
Часть потоков (проценты) при движении в свете фар	50	35	20	35

На рис. 1 приведены данные наблюдений метеорологического поста в г. Харькове уровня освещенности (Лк) за день и за неделю наблюдений [5].

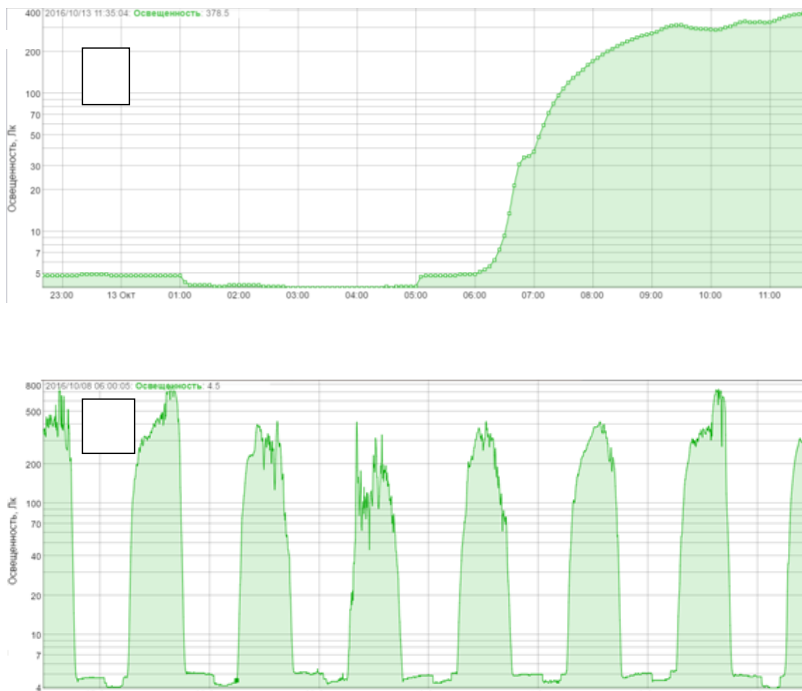


Рис. 1. Данные метеорологического поста (Метеопост. Харьков) освещенности за день (А) и за неделю (Б) наблюдений

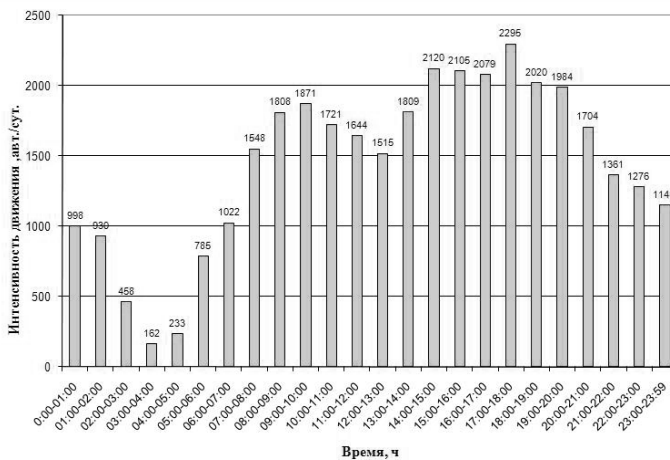


Рис. 2. Пример распределения суточной интенсивности в течение года

При расчетах выходных параметров системы и, в частности, затрат на перевозки скорость движения v (м/с) автомобилей ограничена на участках дороги с недостаточной видимостью S по известной зависимости

$$v_S = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \quad (1)$$

где $a = \frac{1}{2g \cdot (\varphi_1 + i + f)}$, $b = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)$, $c = l - S$;

t_1 – время реакции водителя, 0,4–3 с;

t_2 – запаздывание срабатывания тормозной системы автомобиля, 0,2–0,4 с;

t_3 – время возрастания замедления до максимального значения, 0,3–0,7 с;

l – запас, 2–3 м;

φ_1 – коэффициент сцепления в продольном направлении.

В проекте дороги видимость поверхности дороги и встречного автомобиля рассчитывается: 1) $S_{\text{проф}}$ – отдельно для продольного профиля в зависимости от радиусов вертикальных выпуклых кривых и 2) $S_{\text{план}}$ – отдельно для плана в зависимости от радиусов кривых в плане с учетом боковых препятствий с внутренней стороны кривой. Для каждой точки на оси дороги для дальнейшего моделирования принимается расчетное значение $S_{\text{вид}}$ видимости как минимальное $S_{\text{проф}}$ или $S_{\text{план}}$.

В отдельные периоды и сезоны года метеорологическая видимость $S_{\text{метео}}$ может быть меньше значения $S_{\text{вид}}$ в данной точке дороги. Поэтому для дальнейшего принимается ограничение скорости движения автомобилей в данной точке по величине видимости $S_{\text{метео}}$.

Таблица 2

Пример значений метеорологической видимости в зависимости от периодов года и сезонов года для моделирования жизненного цикла автомобильной дороги

Сезоны	Снегопад	Гололед	Норма	Распутица	Туман	Распутица +Туман	Норма	Лето Норма
Кол. дней	20	15	54	33	3	2	54	92
Метеовидимость, м	40	800	800	800	40	40	800	800

В темное время суток значительная часть потока (от 50 % в зимнее время до 29 % в летнее) движется в свете фар (видимость до 100 м). Видимость в свете ограничивается не только дальностью светового потока фары, но ограничивается выпуклыми формами поверхности проезжей части, и которые упирается луч фары, или «уходит в небо» при понижении отметок профиля.

Эти особенности освещения проезжей части анализируются в алгоритме с расчетом максимально возможных расстояний видимости в свете фар по данным конкретного решения плана и профиля дороги [3].

Алгоритмом предусмотрено сопоставление уже рассчитанных значений $S_{\text{фар}}$ с теми ограничениями, которые накладывает кривизна пути в плане. Анализ известных схем световых потоков при левой и правой фаре при поворотах направо и налево показывает, что меньшее значение видимости соответствует повороту направо. В этом случае на границе допустимой освещенности 2 лк, которая отстоит на угол α от оси правой фары, видимость края проезжей части начинается в точке F и заканчивается в точке A , после которой начинается треугольник ABC невидимой зоны с освещенностью менее 2 лк. Криволинейная траектория движения от оси правой фары до точки A , то есть, дуга $S_{\text{фар}}$ – это и есть максимальная видимость правой полосы движения в свете фар. Мало помогает освещенность встречной полосы, потому что водителю нужна информация именно о правой полосе. Видимость $S_{\text{фар}}$ находится из известного соотношения, связывающего радиус кривой R , и центральный угол β (геометрически $\beta = 2\alpha$) дуги $S_{\text{фар}}$: $R = 360 \cdot S_{\text{фар}} / (2 \cdot \pi \beta)$. Из этого следует, что

$$S_{\text{фар}} = \frac{\pi \cdot \beta \cdot R}{180}. \quad (2)$$

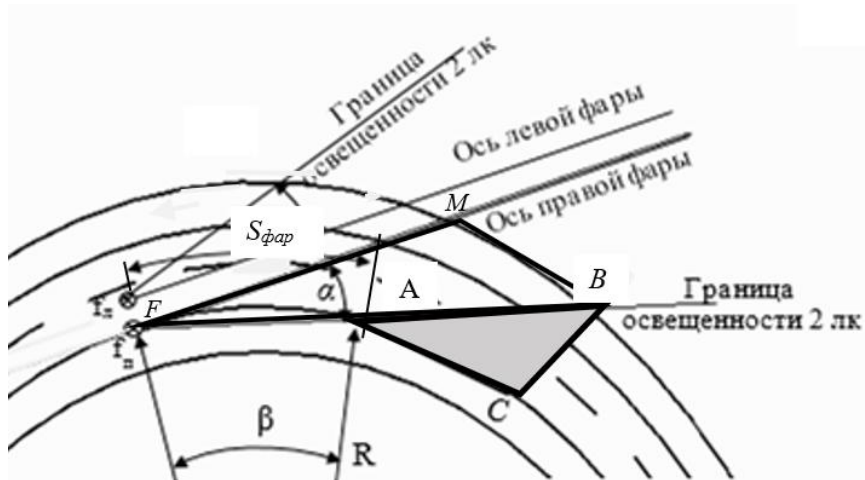


Рис. 3. Схема к расчету видимости в свете фар при повороте направо

Обычно принимают $\alpha = 2^\circ$ и поэтому с уменьшением радиуса величина видимости $S_{\text{фар}}$ стремительно уменьшается, например, даже при сравнительно большом радиусе 400 м $S_{\text{фар}} = 14$ м, что, конечно, требует осторожного вождения и снижения скорости.

Анализ схем световых потоков левой и правой фар при повороте налево на рис. 4, показывает, что границы видимости – это трапеция $ABCD$, а граница невидимости треугольник ECH . Максимальна видимость в свете фар при повороте налево – это дуга $S_{\text{фар}}$, состоящая из дуг S_β и dS_f . Длина S_β находится по формуле (2), а dS_f – из треугольника MPQ на рис. 4. Величина dS_f – это катет треугольника MPQ , в котором сторона MQ – это расстояние b между фарами, угол MPQ равен α . Поэтому

$$dS_f = b / \sin \alpha. \quad (3)$$

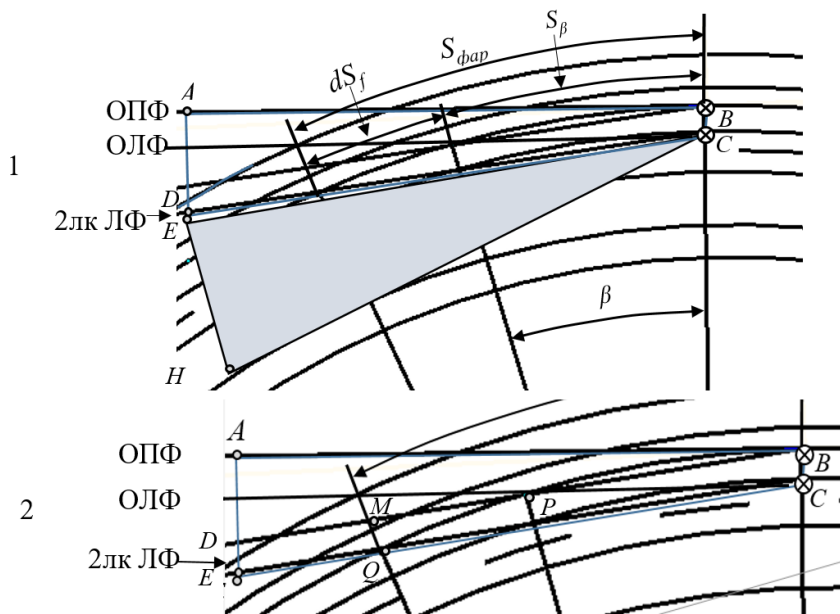


Рис. 4. Схема к расчету видимости в свете фар при повороте налево

Обращается внимание, что на рис. 4, где 1 – границы видимости – трапеция $ABCD$, граница невидимости треугольник ECH ; 2 – треугольник MPQ – к расчету расстояния dS_f , величина dS_f не зависит от радиуса кривой, а только от расстояния между фарами. Например, при $b = 1,8$ м $dS_f = 57,3$ м. Такой эффект приведет к повышению скорости движения в ночное время только при поворотах налево. Полученные в формулах (2) и (3) зависимости, учитывающие кривизну пути, введены в предложенный ранее алгоритм расчета видимости в свете фар [3].

На рис. 5 приведен пример попикетного графика видимости в свете фар для прямого направления движения [3].

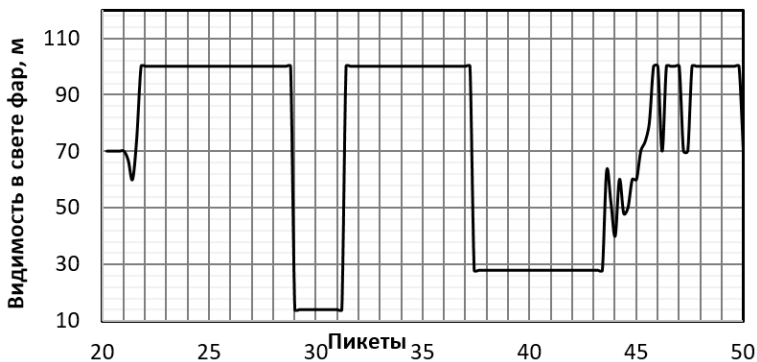


Рис. 5. Пример попикетного графика видимости в свете фар, прямое направление

Длинные полки на графике со значениями видимости в ночное время 14 м и 29 м соответствуют кривым в плане: первая с радиусом 200 м с поворотом направо, а вторая с радиусом 400 м с поворотом налево. В светлое время эти кривые обеспечивают достаточную видимость и высокие безопасные скорости, но в ночное время могут быть причиной ДТП. В светлое время суток эти кривые обеспечивают достаточную видимость и высокие безопасные скорости движения, но в темное время суток требуют снижения скорости движения и повышенного внимания водителя. Достаточную видимость в ночное время при свете фар до 100 м могут обеспечить лишь кривые с радиусами не менее 1400 м, что не отражено в действующих ДБН [1].

1. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4-2007. – [Чинний від 2015-09-21]. – К.: Мінрегіонбуд України – 107 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Автомобільні дороги. Споживчі властивості автомобільних доріг загального користування: СОУ 45. 2-00018112-077:2012. – [Чинний від 2012-02-20] – К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2012. – 49 с. (Стандарт організації України).
3. Смирнова Н.В. Моделирование транспортных потоков на дорогах II – IV категорий: монография / Смирнова Н.В., Филиппов В.В., – Х.: ХНАДУ, 2014. – 200 с.
4. Смирнова Н.В. Применение BIM-технологий в задачах целевого поиска проектных решений автомобильных дорог / Н.В. Смирнова // Автошляховик України. – 2015. – № 5. – С. 47–49.
5. Метеопост. Харьков.: [Электронный ресурс] / Режим доступа к источнику: <http://meteopost.com/mstation/kharkiv>.

УДК 628.3

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
ЯКІСТЮ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВИХ СТОКІВ З
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

**MATHEMATICAL MODELING AND QUALITY CONTROL OF
SEWAGE TREATMENT FROM ROADS**

**Сорочук Н. І., Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, м. Харків, Україна**

**Sorochuk N., Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkov, Ukraine**

Представлені математичні моделі аеробної та анаеробної біологічної очистки стоків з автомобільних доріг. Проведено порівняльний аналіз роботи біологічної і біосорбційних системи очищення поверхневих стоків.

The mathematical modeling of waste water aerobic and anaerobic biological treatment are presented. The comparative analysis of biological and biosorptional waste water system is carried out.

Ключові слова: біологічне очищення, біосорбційне очищення, аеротенк, комп'ютерна модель, комп'ютерне моделювання, екологічний моніторинг, очищення стічних вод.

Keywords: biological cleaning, biosorbtsionnaya cleaning, aerotank, computer model, computer simulations, ecological monitoring, waste water treatment.

Важливою ланкою системи оцінки та управління якістю очистки поверхневих стоків з автомобільних доріг є автоматизована система моніторингу очисних споруд.

Для успішного вирішення завдань, пов'язаних з прогнозуванням, оперативним управлінням і контролем за якістю процесу водоочищення, необхідний комплексний опис гідродинамічних, гідрохімічних і гідробіологічних процесів. Такий опис проводиться в даний час з використанням методів системного аналізу і математичного моделювання [1].

До теперішнього часу запропоновано деякі агреговані показники якості води. Однак реальні моделі спираються, як правило, на кілька найпростіших фізико-хімічних параметрів: розчинений кисень (РК), біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК), концентрація консервативної домішки. Відмінна риса цих параметрів – те, що вони відображають миттєвий стан водного середовища, без якого оперативне управління та контроль її якості стає проблематичним [2].

У більшості випадків практично неможливо визначити концентрації органічних речовин, що містяться в поверхневих стоках окремо. Тому при розгляді процесів біологічної очистки досліджували як змінюється сумарна концентрація забруднювача і сумарна біомаса мікроорганізмів. Процес аеробної біологічної очистки можна представити у вигляді такої формалізованої схеми (рис. 1).

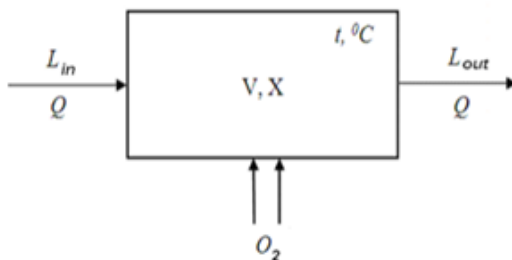


Рис. 1 – Формалізована схема: L_{in} – концентрація поверхневих стоків, що надходить, мг/л; L_{out} – концентрація очищеної води, мг/л; V - об'єм реактора, m^3 ; Q - витрата, стічної води, що надходить, $m^3/год$; X – концентрація природного цеоліту в реакторі, г/л.

На основі детального аналізу діючих систем очищення стічних вод, експериментальних досліджень структури потоків в аеротенку, з урахуванням матеріального балансу і гідродинамічної структури потоків, стахеометричних співвідношень, масопередачі кисню удосконалена адаптивна модель процесу аеробної біологічної очистки поверхневих стоків з автомобільних доріг за допомогою природного цеоліту.

Вибір математичної моделі відображає гідродинаміку в існуючих моделях процесів очищення. Для традиційних аеротенків такий підхід обґрунтований, оскільки відомі залежності між довжиною реактора і його гідродинамічними характеристиками.

Математична модель процесу очищення поверхневих стоків в аеротенках складена у вигляді системи диференціальних рівнянь матеріального балансу, що описують динаміку зміни концентрацій забруднень, цеоліту і розчиненого кисню:

$$\frac{dL_{out}^j}{dt} = \frac{Q_{lig}(1+R_i)}{V_i} (L_{out}^{j(i-1)} - L_{out}^{j(i)}) + R_{Li}^j \quad (1)$$

де $L_{out}^{j(i)}$ і $L_{out}^{j(i-1)}$ – концентрація j-го компонента в розглянутій і - й комірці і в попередній, мг/л; $V_i = V_a/N_a$ - обсяг і - й коміррки, м³; V_a - витрата, що надходить стоків, м³/год; R_i - коефіцієнт рециркуляції цеоліту; R_{Li}^j - швидкість споживання j-го субстрату в і - й комірці у відповідності з адекватною моделлю, мг/л·год;

$$\frac{dX_i}{dt} = \frac{Q_{lig}(1+R_i)}{V_i} (X_{i-1} - X_i) + R_{X_i} \quad (2)$$

де X_{i-1} і X_i - концентрація цеоліту в розглянутій і - й комірці і в попередній, г/л; R_{X_i} - швидкість накопичення цеоліту згідно з адекватною моделлю, гX/л·год;

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q_{lig}(1+R_i)}{V_i} (C_{i-1} - C_i) + KLa(C_a - C_i) + R_{C_i} \quad (3)$$

де C_{i-1} і C_i - концентрація кисню в розглянутій і - й комірці в попередній, мг/л; KLa - коефіцієнт масопередачі кисню, год⁻¹; C_a - концентрація насичення води киснем при заданих температурі і тиску, мг/л; R_{C_i} - швидкість споживання кисню, мгO₂/л·ч. В якості крайових умов для рішення рівнянь (1) – (3) прийняті параметри першої коміррки:

$$X_{i-1} = \frac{X_r R_i}{(1+R_i)} \quad (4)$$

де X_r - концентрація цеоліту в рециркуляційному потоці, г/л;

$$L_{out}^{j(i-1)} = \frac{L_{out}^j R_i + L_{in}^j}{(1+R_i)} \quad (5)$$

де L_{in} – концентрація j -го компонента в поверхневих стоках, мг/л;

$$C_{i-1} = \frac{(C_{sv} + C_{vi}R_i)}{(1 + R_i)} \quad (6)$$

де C_{sv} , C_{vi} - КРК в поверхневих стоках і рециркуляційних потоці цеоліту, мг/л. Зазвичай приймають $C_{vi} = 0$ і при відсутності аерації $C_{sv} = 0$.

Для вирішення вибиралася найбільш адекватна модель біохімічної кінетики з визначенням відповідних швидкостей споживання субстрату RL, зростання біомаси RX і споживання кисню RC. У структурі моделі модуль біохімічної кінетики є базовим і пропонує розрахунок процесу очищення по безлічі математичних моделей біохімічної кінетики, умовно розділених на 2 групи: типу Моно та фіксованого порядку. Для ідентифікації констант моделей і визначення найбільш адекватної моделі біохімічної кінетики використовувався наступний узагальнений критерій:

$$S = \sum_{i=1}^n (X_i^{експ} - X_i^{позп})^2 + \sum_{i=1}^n (L_i^{експ} - L_i^{позп}) \quad (7)$$

На основі отриманої моделі розроблено програмний комплекс - імітатор, який складається з двох підсистем: моделююча програма процесу водоочищення і моделююча програма системи управління [3]. Імітаційний комплекс є інструментальним засобом при розробці систем управління процесами водоочищення на передпроектній стадії опрацювання, а саме, імітаційного відтворення в прискореному масштабі часу динаміки об'єктів управління, а також відпрацювання алгоритмів керування в режимі імітації об'єкта і системи управління. Відносна похибка розрахунку склала 3%.

У світовій практиці широко відоме застосування порошкоподібних адсорбентів у процесах аеробного і анаеробної очистки стічних вод. Вважається, що вони не тільки адсорбують органіку, сприяючи біодеградації забруднень, але також створюють буферний ефект для біологічної системи проти токсикантів, що містяться в оброблюваній стічній воді. В даному випадку використовувався природний цеоліт.

В якості найбільш адекватної моделі біохімічної кінетики біосорбційної моделі була прийнята модель Єрусалимського:

$$R_{BO} = \frac{dL_{BO}}{dt} = -\frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max} XL}{K_L + L} \cdot \frac{P}{K_P + P} \quad (8)$$

$$R_{AI} = \frac{dL_{AI}}{dt} = K_1 (L - L_1^*) \quad (9)$$

$$R_{ЦП} = \frac{dL_{ЦП}}{dt} = K_2 (L - L_2^*) \quad (10)$$

$$\frac{dL}{dt} = -R_{AI} - R_{ЦП} - R_{BO} \quad (11)$$

де μ_{\max} - максимальна питома швидкість росту, год⁻¹; K_L - константа полунасищення, що дорівнює концентрації субстрату, при якій швидкість процесу дорівнює $\mu_{\max}/2$, мг/л; Y - економічний коефіцієнт; K_P - константа інгібування продуктом, мг/л; P - концентрація продукту, мг/л; K_1, K_2 - коефіцієнти масопередачі субстрату з рідини, відповідно, в пластівці AI і в ЦП, год⁻¹; L_1^* і L_2^* - рівноважні концентрації для поглинання субстрату, відповідно, AI і ЦП, мг/л; R_{BO} - швидкість зміни концентрації забруднень в процесі біоокислення, мг/л·год; R_{AI} - швидкість зміни концентрації забруднень, адсорбованих на пластівцях AI, мг/л·год; $R_{ЦП}$ - швидкість зміни концентрації забруднень, адсорбованих на ЦП, мг/л·год.

Імітаційні експерименти біосорбційного процесу очищення поверхневих стоків були проведені на підставі даних пілотних експериментів з використанням природного цеоліту.

За результатами порівняльного аналізу роботи біологічної і біосорбційної системи очищення стоків з автомобільних доріг, а також на підставі імітаційних експериментів було показано, що при біосорбційному методі очищення поверхневих стоків з використанням природного цеоліту в нормальному режимі роботи згладжуються коливання концентрацій, що свідчить про більшу стійкості цієї системи. Ефективність біосорбційних систем очищення стоків була забезпечена по ряду показників: більш глибоке видалення амонійного азоту в ході процесу нітрифікації – на 46%; значного

зниження концентрації нафтопродуктів – на 75%; зниження мулового індексу – на 20%; більш стабільного протікання процесу очищення в «залпових» режимах і забезпечення більш глибокого видалення ХПК і більш високих швидкостей біоокислення.

Поряд із нафтохімічними підприємствами найбільшими джерелами забруднення водного середовища нафтопродуктами на сьогоднішній день є підприємства автомобільно-дорожнього комплексу.

Одним із способів підвищення ефективності біологічної очистки є впровадження методу біосорбції, заснованого на спільній у часі і просторі біологічної та адсорбційної очистки стоків.

В структуру анаеробного мулу крім мікроорганізмів входить субстрат, що представляє собою колоїдну систему, яка складається із продуктів їх життєдіяльності. Оброблювана стічна вода включає багатокомпонентні органічні і неорганічні домішки. Для біологічної очистки процес визначається наявністю трьох фаз: біогаз – рідина – пластівці анаеробного мулу (умовно тверда фаза), для біосорбції процес ускладнюється присутністю ще однієї твердої фази – адсорбенту. Ефективність актів біохімічного відновлення в значній мірі визначається гідродинамічною обстановкою і масо обмінними характеристиками апарату.

Оскільки одним з елементів системи є адсорбент, то математична модель відображає поглинання субстратів його поверхнею. Таким чином, математична модель з урахуванням адсорбції виглядає наступним чином:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m XL}{(K_L + L + \frac{L^2}{K_i} + \frac{Me^2}{K_{Me}})} - \beta X \quad (12)$$

$$\frac{dL}{dt} = -K_X (L_c - L_c^*) - K_A (L - L_c^*) \quad (13)$$

$$\frac{dL_C}{dt} = K_X (L_c - L_c^*) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_m XL_c}{(K_L + L_C + \frac{L_C^2}{K_i})} \quad (14)$$

$$\frac{dL_A}{dt} = K_A (L_c - L_c^*) \quad (15)$$

$$L_c^* = L_c^*(L) \quad (16)$$

$$L=L(L_A) \quad (17)$$

де: L_A – концентрація забруднень, адсорбованих на поверхні адсорбенту, мг/л; K_A – коефіцієнт масопередачі забруднень до адсорбенту, год⁻¹.

Для отримання найбільш повної математичної моделі процесу в біосорбері її доповнили для проточного режиму з урахуванням рециркуляції.

$$\frac{dX}{dt} = D(X_{ex} - X) + \frac{\mu_m X L_c}{(K_L + L_c + \frac{L_c^2}{K_i})} - \beta X \quad (18)$$

$$\frac{dL}{dt} = D(L_{ex} - L) - K_X (L_c - L_c^*) - K_A (L - L_c^*) \quad (19)$$

$$\frac{dL_c}{dt} = K_X (L_c - L_c^*) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_m X L_c}{(K_L + L_c + \frac{L_c^2}{K_i})} \quad (20)$$

$$\frac{dL_A}{dt} = K_A (L_c - L_c^*) \quad (21)$$

$$L_c^* = L_c^*(L) \quad (22)$$

$$L = L(L_A) \quad (23)$$

$$X_{ex} = \frac{r X_r}{1+r} \quad (24)$$

$$L_{ex} = \frac{r L_f}{1+r} + \frac{r L}{1+r} \quad (25)$$

$$D = \frac{1}{t_{np}} \quad (26)$$

$$t_{np} = \frac{V}{v(1+r)} \quad (27)$$

Початкові умови:

$$t=0; L=L_0; L_C=L_{CO}; L_A=L_{AO}; L_f=L_0; L_{CO}^*=L_{CO}; X=X_0; Xr=X_{r0} \quad (28)$$

де L_f концентрація забруднень на вході в систему, мг/л; L_{ex} – концентрація забруднень на вході в апарат, мг/л; X_{ex} – концентрація біомаси на вході в апарат (після рециклу), мг/л; X_r – концентрація забруднень на вході в апарат, мг/л; D – швидкість вимивання, год⁻¹; t_{np} – час перебування, год; r – коефіцієнт рециркуляції; v – об'ємна швидкість подачі стічної води в апарат, м³/год; V – об'єм апарата, м³.

Відзначено, що біосорбційне очищення здатне самостабілізуватися при впливі на систему ззовні (наприклад, при залпових скидах і зміні часу перебування) [5].

Таким чином, результати імітаційного моделювання дозволили оцінити адекватність використаних математичних моделей для опису динаміки очищення поверхневих стоків з автомобільних доріг за допомогою природних цеолітів з метою надання подальших рекомендацій та оптимального управління очисними спорудами при біологічній очистці.

1. Кафаров, В.В. Моделирование биохимических реакторов / В.В. Кафаров, А.Ю. Винаров, Л.С. Гордеев. – М. Лесная пром-сть, 1979. – 344 с.
2. Вавилин, В.А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках/В.А. Вавилин. – М.:Наука, 1983. – 158 с.
3. Нагаев В.В. Система имитационного моделирования процесса водоочистки в промышленном аэротенке /В.В. Нагаев, А.С. Сироткин, С.А. Понкратова // Массообменные процессы и аппараты химич. техн. - 1997. - С. 22-29.
4. Сироткин, А.С. Современные технологические концепции аэробной биологической очистки сточных вод / А.С.Сироткин, С.А.Понкратова, М.В.Шулаев. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2002. – 160 с.
5. Шулаев, М.В. Опытнo-промышленные испытания биосорбционного метода обработки отработанных СОЖ/ М.В.Шулаев [и др.]/ Актуальн. экол. пробл. РТ: Тезисы. VII Республ. научн. конф. Казань. – Казань: Отечество, 2007. – С. 231 – 232.
6. Понкратова, С.А. Экспертная роль компьютерного комплекса на очистных сооружениях /С.А. Понкратова, В.М. Емельянов, О.А. Дмитриева //II Всероссийские научные Зворыкинские чтения. - Муром: Изд.-полиграф. центр МИ ВлГУ, 2010. – С. 428.

УДК 625.7/8

**ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА
РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

**PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL CONSTRUCTION AND
RECONSTRUCTION OF PUBLIC ROADS**

Талах Л.О., к.т.н., доц. (Луцький НТУ, м. Луцьк), Коваль М.І., асистент (Луцький НТУ, м. Луцьк)

Talakh L.A., Ph.D., seniora lecturer (Lutsk National Technical Universiti, Lutsk), Koval M.I., assistant (Lutsk National Technical Universiti, Lutsk)

У статті описано негативний вплив факторів при будівництві та реконструкції автомобільних доріг загального користування на навколишнє середовище, а також заходи щодо обмеження їх впливу.

This article describes the negative impact of the factors in the construction and reconstruction of public roads on the environment, and measures to limit their influence.

Modern fuel and environmental problem: (S - T - E) "society - transport - environment" is very relevant. Addressing this issue requires evidence-based approach and study the basic facilities inhrediyentnoho pollution, which are essential components of the environment in which the person is.

Taking into account environmental considerations and change all the time in furthering the design, construction or reconstruction of roads need to provided with safe conditions of existence of the environment and human health.

Ключові слова: навколишнє середовище, будівництво, реконструкція, автомобільна дорога, екологічна ситуація, забруднення.

Keywords: environment, construction, reconstruction, road and environmental situation of pollution.

Навколишнє середовище - це складна система фізичних, хімічних біологічних та соціальних факторів.

У процесі життєдіяльності людина активно впливає на навколишнє середовище, змінює його як в сприятливому для себе так і в несприятливому напрямку. Це нерідко супроводжується забрудненням атмосферного повітря, водою та ґрунтів, появою нових негативних факторів, призводить до збільшенні об'ємів відходів.

Сильно забруднюють атмосферу автомобілі. Автомобільний транспорт дає 70-90% забруднень у містах. Якщо врахувати, що в містах мешкає більше половини населення Землі, то стане зрозумілим вирішальне значення автотранспорту щодо безпосереднього впливу на людину.

Екологічна ситуація загострюється на всіх рівнях - глобальному, континентальному, регіональному, локальному. Особливо великі й складні проблеми в межах районів, що інтенсивно розвиваються та у містах. За статистичними даними, щорічно в атмосферу, воду й ґрунти надходить 1000 тис. хімічних сполук, які утворюються в процесі виробничої діяльності людини. В атмосферу щорічно викидаються десятки мільярдів тонн двоокису вуглецю й інших газоподібних, пароподібних з'єднань і твердих часток, у тому числі важких металів, а також радіоактивних, канцерогенних і мутагенних речовин.

Аналіз зміни рівня забруднення атмосферного повітря свідчить про те, що за останні три роки намітилася тенденція до збільшення забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом.

Таким чином, сучасна паливно-екологічна проблема: (С – АТ – НС) «суспільство - автотранспорт - навколишнє середовище» є досить актуальною. Рішення даного питання вимагає науково-обґрунтованого підходу й вивчення основних об'єктів інгредієнтного забруднення, які є найважливішими компонентами середовища у якому перебуває людина.

Збільшення кількості автомобілів та підвищення швидкості руху призводить до істотного підвищення інтенсивності руху на дорогах. Тому виникає потреба у проектуванні нових, з більш кращими експлуатаційними показниками, доріг. Також важливим аспектом є максимальне використання існуючих доріг, підвищення безпеки руху, дотримання заходів по охороні навколишнього середовища, економії палива та інших матеріально-технічних

ресурсів, а також умови для подальшого розвитку доріг, що будуть проектуватися.

В сучасних економічних умовах проектування автомобільних доріг необхідно проводити, враховуючи аспекти енергозбереження. Завданням економії енергоресурсів в дорожньому будівництві є економія нафтопродуктів та покращення екологічного стану навколишнього середовища.

Автомобільний транспорт взаємодіє з усіма без винятку елементами навколишнього середовища. При русі транспортних засобів по дорозі відбувається виділення відпрацьованих газів, пилоподібних часток, підвищується шум, вібрація, електромагнітне випромінювання. В наслідок зносу дорожніх покриттів утворюється пил.

Транспортні забруднення і фізичні впливи погіршують стан навколишнього середовища, атмосфери, ґрунту, води на території, що прилягає до дороги.

До числа основних факторів, що впливають на відстань переносу автомобільних викидів, відносяться:

- природні - пануючий напрямок і швидкість вітру, тривалість опадів, температурні інверсії;
- технічні - інтенсивність руху, висота насипу дороги, глибина виїмок, напрямок ділянки дороги стосовно пануючих вітрів, тривалість перебування дороги в експлуатації.

Врахування екологічних факторів та їх зміну в продовж всього часу проектування, будівництва чи реконструкції автомобільної дороги потрібне для того, щоб забезпечувалися умови безпечного існування навколишнього середовища та здоров'я людей.

Новим аспектом у цій проблемі є питання узгодження відводу земель під реконструкцію в нових економічних умовах, які стають більш важливими і складними, ніж було раніше. По-перше, земля починає одержувати конкретного господаря і визначену ринкову вартість. По-друге, природна стурбованість й увага суспільства з приводу транспортного забруднення земель придорожньої смуги знижує можливості прокладення доріг. Тому поряд із заходами щодо розробки законодавства в частині регламентування норм та плати за відвід земель для автомобільних доріг і перегляду нормативної бази проектування, необхідно удосконалювати методи проектування доріг за умов економії пального. Особливо це стосується проектування дорожніх заокруглень, яким потрібно

прیدілити значну увагу, оскільки рух автомобілів на горизонтальних заокругленнях характеризується певними особливостями з точки зору економії пального.

Визначення цілісного впливу взаємодії автомобільної дороги та навколишнього середовища дасть можливість покращити стан атмосфери та обґрунтувати необхідність будівництва.

Комплекс заходів щодо обмеження негативного впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище направлений на інтеграцію української транспортної мережі до загальноєвропейської.

До природоохоронних заходів, що передбачені проектними рішеннями на будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт автомобільних доріг віднесені:

- ресурсозберігаючі заходи (збереження і раціональне використання земельних, водних, енергетичних, паливних ресурсів, повторне їх використання);

- використання нових технологій, матеріалів та сучасних проектних рішень (використання металевих та пластикових водопропускних труб; застосування промислових відходів; влаштування ефективних дренажних систем, протизсувних конструкцій, габйонів, захисних галерей тощо; влаштування дорожніх покриттів підвищеної довговічності; ресайклінг; впровадження бітумно-емульсійних технологій; укріплення укосів геосинтетичними матеріалами; застосування довговічних захисних покриттів; застосування довговічних матеріалів для дорожньої розмітки);

- захисні заходи (комплексні заходи; заходи зі зменшення запиленості; заходи із захисту водного середовища та ґрунтів; заходи із захисту від шуму; заходи із захисту споруд від вібрації; заходи щодо захисту фауни; заходи щодо поводження з відходами);

- відновлювальні заходи (рекультивация земель у межах смуги відведення автомобільної дороги, кар'єрів та резервів ґрунту, територій технологічних проїздів, будмайданчиків тощо; відновлення зелених насаджень; відновлення, реконструкція, перебудова меліоративних систем);

- компенсаційні заходи (компенсація за землю, знесені споруди, витрати на археологічні роботи та відновлення пам'яток, реконструкцію та перевлаштування комунікацій тощо);

- охоронні заходи (обстеження, аналіз та оцінювання фактичних впливів на навколишнє середовище в межах зон впливів планованої діяльності).

Однією з найбільш значимих міжнародних природоохоронних ініціатив в галузі екології є міжнародні стандарти серії ISO 14000. Типові положення цих стандартів полягають у розробці загальної системи екологічного управління структури, правової відповідальності, практичних методів, процедур, ресурсів для впровадження екологічної політики організації.

Діяльність підприємств і організацій, які входять до сфери управління Державної служби автомобільних доріг України, направлена на запобігання (мінімізацію) негативного впливу на навколишнє природне середовище. Шляхи і напрямки охорони навколишнього середовища в дорожньому комплексі в повній мірі відповідають основним завданням і заходам Державної програми розвитку автомобільних доріг загального користування на 2012-2016 роки, згідно з якими охорона навколишнього природного середовища у процесі будівництва, реконструкції, ремонту та експлуатаційному утримання автомобільних доріг повинна здійснюватись відповідно до законів України, ратифікованих Україною міжнародних конвенцій та угод щодо охорони навколишнього середовища шляхом зниження впливу на нього дорожньої складової автомобільно-дорожнього комплексу, зокрема:

- збільшення частки заходів з охорони навколишнього природного середовища у проектній документації на будівництво, реконструкцію і капітальний ремонт об'єктів дорожнього господарства;

- розширення обсягів науково-дослідних та експериментально-конструкторських робіт по природоохоронним проблемах та створення умов широкого їх впровадження в дорожнє господарство;

- недопущення необґрунтованої фрагментації територій шляхом визначення під час виконання вишукувальних робіт оптимального варіанта розміщення автомобільних доріг з метою забезпечення формування і збереження територій та об'єктів екомережі;

- будівництва обхідних автомобільних доріг;

- розробка та впровадження нових технологій експлуатаційного утримання доріг, враховуючи зміни клімату;

- розробка принципів та базових розробок до проектів будівництва з улаштуванням захисних парканів і переходів для міграції тварин (спеціальні труби в тілі земляного полотна, віадуки та естакади над природними ландшафтами, транспортні тунелі під ними тощо);

- впровадження системи контролю за рівнем шумового та вібраційного навантаження на територіях забудов, що підпадають під вплив автомобільних доріг;

- створення схем ефективного поверхневого водовідводу для попередження водної ерозії та запобігання забрудненню ґрунтів, поверхневих та ґрунтових вод;

- розробка енерго- та ресурсозберігаючих технологій, що передбачають збереження і раціональне використання земельних, водних, енергетичних, паливних ресурсів та їх повторне використання (використання відходів різних видів виробництв (шлаки, горілі породи, формовочні суміші, відходи ГЗК тощо));

- дослідження впливу різних типів покриття автомобільних доріг на забруднення територій в межах зон впливу автомобільної дороги;

- розробка системи контролю заходів з утворення відходів та мінімізації їх обсягів при будівництві, реконструкції та експлуатаційному утриманні автомобільних доріг (локалізація, тимчасове складування та подальше вивезення будівельних, технічних і побутових відходів до місць їх переробки та утилізації);

- оснащення дорожньо-експлуатаційних підрозділів машинами і механізмами для збирання та утилізації відходів;

- передбачення в проектній документації компенсаційних заходів і їх здійснення під час будівництва автомобільних доріг на територіях та об'єктах екомережі;

- збільшення під час будівництва та реконструкції автодоріг частки витрат на створення та утримання зелених насаджень у смугах відведення автомобільних доріг і захисних насаджень уздовж автомобільних доріг з обов'язковою заміною на більш газо- та пиловитривалі породи дерев (липа, ясень, клен, явір тощо);

- впровадження нових технологій, конструкцій і матеріалів у процесі будівництва та реконструкції автомобільних доріг з метою зменшення рівня шуму та обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря під час руху автомобілів та при виконанні ремонтно-будівельних робіт.

Реалізація заходів щодо зменшення рівня забруднення територій в межах впливу об'єктів дорожнього комплексу забезпечить підвищення екологічної безпеки території в межах зон впливу автомобільної дороги з метою інтеграції автомобільних доріг України до європейської транспортної мережі.

Висновок. Комплекс заходів дасть змогу підвищити екологічний стан автомобільних доріг і дорожньої індустрії та забезпечить: поліпшення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг (влаштування покриттів удосконаленого типу, зміна геометричних параметрів автомобільної дороги, облаштування з'їздів на місцеві дороги, укріплення узбіч, ремонт покриттів автомобільних доріг та штучних споруд, тощо) і приведення його у відповідність з вимогами нормативних документів; підвищення ефективності використання бюджетних коштів, що направляються на вирішення екологічних проблем; зменшення негативного впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище за рівнем шуму та вібрації, забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунту, з тому числі за межами смуги відведення; збереження територій та об'єктів природного заповідного фонду, пам'яток культури, об'єктів археології тощо.

1. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2010 року № 2818 -VI.

2. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд: ДБН А.2.2-1-2003.– К.: Держбуд України, 2004. – 26 с.

3. Споруди транспорту. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007 – [Чинний від 2008-03-01].–К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2007. – 91 с.

4. Система екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, ITD). ДСТУ ISO 14001:2006

5. Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування: ГБН В.2.3.-218-007: 2012 – [Чинний від 2012-01-10].–К.: Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2012.

УДК 625.7/8

ПРОЕКТУВАННЯ ЗУПИНОК ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

THE DESIGN OF STOPS IN PUBLIC TRANSPORT

Талах Л.О., к.т.н., доц. (Луцький НТУ, м. Луцьк), Коваль М.І., асистент (Луцький НТУ, м. Луцьк)

Talakh L.A., Ph.D., seniora lecturer (Lutsk National Technical Universiti, Lutsk), Koval M.I., assistant (Lutsk National Technical Universiti, Lutsk)

У статті розглянуто особливості проектування зупинок громадського транспорту, наведено варіанти планувальних рішень у зоні автобусних зупинок для відділення маршрутних автобусів від потоків з метою мінімізації конфліктних точок в зонах їх розміщення та покращення умов руху та комфорту пасажирів.

The article discusses the features of design of public transport, taking into account all conditions, the dynamic characteristics and sizes of vehicles, the ability to service it in several vehicles at the same time to minimize conflict points in the areas of placement and improvement of traffic conditions and passenger comfort.

Basic principles and requirements for the design of public transport stops.

Given the options of planning solutions in the area of bus stops to the offices of Shuttle buses from streams to minimize conflict points in the areas of placement and improvement of traffic conditions and passenger comfort.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, зупинка громадського транспорту, планувальні рішення, автомобільний транспорт, дорожній рух, транспортні шляхи сполучення.

Keywords: road network, public transport, planning decisions, road transport, traffic, transport communications.

Постановка проблеми. Проблема диференціації транспортних потоків стає все більш актуальною у зв'язку з постійним збільшенням обсягів транспортного руху і перевантаженням вулично-дорожньої мережі, що обумовлює вкрай низьку ефективність роботи транспорту, високу зашумленість і загазованість навколишнього міського середовища.

Темпи розвитку пасажирських перевезень щорічно зростають. Тому підвищення ефективності, рентабельності, доступності для населення міського пасажирського транспорту має становити основний напрямок вдосконалення транспортних систем у містах, важливою умовою якого є диференціація і спеціалізація транспортних шляхів руху.

Транспортний потік характеризується такими показниками: інтенсивністю руху, складом транспортного потоку, щільністю транспортного потоку, швидкістю руху, затримками руху.

Як показали дослідження затримки транспортних засобів, зміна швидкості руху найбільше проявляються у зоні зупинки громадського транспорту і на транспортних перехрестях. Це пояснюється тим, що громадський пасажирський транспорт, що заїжджає на зупинку громадського транспорту і виїздить з неї, взаємодіє з іншими транспортними засобами потоку, а це призводить до зниження пропускну здатності, що супроводжується затримкою громадського транспорту і транспортних засобів. Також в районі автобусних зупинок збільшується ймовірність виникнення ДТП. Ця проблема найактуальніша в містах, де зупинки розташовані близько один від одного, наприклад 500-800 м, рідше назаміських зупинках. Тепер, якщо врахувати, що таких зупинок по місту десятки і сотні, то можна уявити скільки разів водій автомобіля стикається з небезпекою. Додають складності на таких ділянках і ті автомобілі, які паркуються поблизу зупинок, обмежуючи і без того складну ділянку дороги.

Окрім цього, варто також зважити, що зупинки громадського транспорту мають розглядатись як потенційні точки перетину мереж велосипедного та громадського транспорту.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій.

В свій час питанням оптимального проектування зупинок громадського транспорту займалися такі вчені: Лобанов, Є. В. Фішельсон, Овечніков, О. О. та ін. [1,2]

Розміщення та обладнання зупинок міського автомобільного транспорту на вулицях і дорогах необхідною інфраструктурою повинно здійснюватися з урахуванням вимог ДБН 360, КДП-204/12 Укр 240, ДБН В.2.3-5. [3,4]

Метою даної роботи є аналіз особливостей проектування зупинок громадського транспорту з урахуванням усіх умов, динамічних характеристик і розмірів транспортних засобів, можливість обслуговування її декількома транспортними засобами одночасного з метою мінімізації конфліктних точок в зонах їх розміщення та покращення умов руху та комфорту пасажирів.

Виклад основного матеріалу. Згідно із загальним визначенням, зупинки – це комплекс елементів облаштування, призначений для організації чекання, висадки і посадки пасажирів маршрутних транспортних засобів.

У різних країнах зупинки організуються по різному, але скрізь обов'язковою умовою є забезпечення для пасажирів комфортного та безпечного очікування транспорту за будь-яких погодних умов. Задля цього в кожній країні існують визначені обов'язкові нормативи проектування.

Дослідження з даного питання по розміщенню пунктів зупинок громадського транспорту в зоні перетину магістралей проводилися в США. Дослідники виділяли наступні критерії оцінки варіантів розміщення зупинок:

- безпека руху пасажирів, громадського транспорту, інших транспортних засобів, пішоходів;
- умови руху громадського транспорту (видимість для водія);
- умови руху автомобільного транспорту (конфлікти між громадським та автомобільним транспортом, праві повороти автомобілів).

Крім того, зазначається, що при вирішенні питання про розміщення пунктів зупинок в зоні перетину слід приймати до уваги ще один критерій, а саме планувальне рішення перетину. Використання смуг проїжджої частини буде мати вплив на розміщення пунктів зупинок. Це пояснюється тим, що у випадку невідповідності маршруту слідування громадського транспорту з розміщенням зупинки, екіпаж буде змушений перелаштовуватися на відповідну смугу руху. Таке перелаштування пов'язане з додатковими затратами часу для громадського транспорту та створює перешкоди руху для автомобільного транспорту.

Багатьма спеціалістами рекомендується розміщення пунктів зупинок громадського транспорту в спеціальних карманах для того, щоб не погіршувати умови руху автомобільного транспорту, та не знижувати пропускну здатність проїзної частини. В Німеччині організація карманів вимагається на головних транспортних магістралях і на магістральних вулицях та дорогах з координованим регулюванням руху.

Зупинки громадського транспорту є важливими об'єктами міської інфраструктури, а тому робота при їх проектуванні повинна починатися з ретельного вивчення проектного завдання та генерального плану, з виїздом на місцевість, замальовками та фотографуванням існуючої ситуації, навколишніх об'єктів, а також ознайомлення з рекомендованою літературою та вивчення відповідних будівельних норм.

Під час розробки генерального плану пункту зупинки громадського транспорту повинні бути визначені та враховані:

- принципи планувально-просторової організації зупинки (навколишнє оточення, існуюча забудова, парки, транспортні та пішохідні комунікації);

- червоні лінії та лінії регулювання забудови;
- функціональне призначення, параметри забудови, розподіл території згідно з будівельними нормами, державними стандартами і правилами;

- містобудівні умови та обмеження;
- система інженерних мереж;
- порядок організації транспортного і пішохідного руху;
- порядок комплексного благоустрою та озеленення.

У більшості випадків майданчики пунктів зупинок громадського транспорту розміщують поблизу транспортних перетинів. Це обґрунтовано тим, що зупинки, розміщені поблизу магістралей, що перетинаються, забезпечують мінімальні затрати часу на підхід до них для більшої кількості пасажирів, чим зупинки, розміщені в глибині кварталів, а також для створення кращих умов для пересадки. Слід відмітити, що пункти зупинок, особливо громадського транспорту, мають суттєвий вплив на безпеку руху, пропускну здатність магістралі, а також на затримки автомобільного та громадського транспорту. Саме тому існує цілий ряд вимог, яких слід дотримуватися при проектуванні майданчиків

пунктів зупинок громадського транспорту. Основні вимоги наступні:

- мінімальні перешкоди громадського транспорту для автотранспорту;
- мінімальне зниження пропускної здатності магістралі;
- мінімальні втрати часу в точках світлофорного регулювання;
- забезпечення безпеки дорожнього руху;
- забезпечення зручності підходу до зупиночного пункту, очікування, посадки та виходу пасажирів громадського транспорту;
- максимальне використання пропускної здатності ліній масового транспорту.

Незадовільні умови руху на магістралі, де розміщуються майданчики пунктів зупинок громадського транспорту, пояснюються саме невідповідністю планувальних рішень вище вказаним вимогам.

Для попередньої оцінки планувального рішення зупинки громадського транспорту, виходячи з її головної задачі, можна прийняти такі показники: практична пропускна спроможність громадського транспорту, імовірність виникнення ДТП, площа, яку вона займає, і віддаленість від зони пішохідного руху (тротуару), пасажиропотік і сумарні витрати часу на обслуговування пасажирів протягом години, в годину «пік». На умови руху транспортного потоку впливають місце розміщення зупинки громадського транспорту.

У випадку, коли пункти зупинок розміщені поблизу перетинів, необхідно, в першу чергу, вирішити питання, де розміщувати зупинку: перед перетином, чи за ним. Спеціалісти в даному питанні розділились за думками. Слід відмітити, що більшість з них схиляються до розміщення пунктів зупинок за перетином. Це обґрунтовується тим, що виключається можливість зниження пропускної здатності пункту зупинки: водій, закінчивши посадку-висадку, може відразу почати рух; виникає менший вплив на пропускну здатність перетину та скорочується кількість затримок; підвищується безпека руху пасажирів, які рухаються на пішохідний перехід; виключаються перешкоди для інтенсивного правоповоротного руху.

Розміщення пунктів зупинок до перетину допускається, коли скорочується час пересадки пасажирів за основними транспортними

напрямами; за перетинами починається під'їзд до мосту, тунелю, шляхопроводу. Розміщення пунктів зупинок до перетину може бути доцільним і на магістралях з координованим регулюванням руху за системою «зеленої хвилі». Дослідження показали, що змінне розміщення зупинок до та після перетину, зменшує кількість непродуктивних затримок громадського транспорту біля світлофорів. Відмічається, що при розміщенні пункту зупинки до перетину знижується ймовірність затримки.

Автомобільні стоянки не повинні ускладнювати або затримувати рух автомобілів по дорозі. Автобусні зупинки у межах населених пунктів доцільно розташовувати біля громадських центрів.

Для підвищення пропускної здатності ділянок вулиць, що проходять через населені пункти сільського типу, на виходах з населеного пункту передбачають додаткову смугу руху, протяжністю не менше 300 м для перелаштування з потоку на праву смугу тихохідних автомобілів.

Крім того, параметри громадських зупинок та інтенсивність руху автобусів, мають значний вплив на пропускну здатність ВДМ.

Для підвищення безпеки руху та усунення взаємного впливу автобусів та автомобілів у зоні зупинок і на перегонах між ними необхідно відокремлення автобусів від потоку автомобілів. В світі досить часто громадський транспорт зупиняється просто у смузі руху, з мінімумом маневрів та максимально близько до тротуару. Поширеними також є антикишені, коли зупинка навпаки виступає ближче до дороги крізь смугу паркування. Залежно від умов руху можливі різні планувальні рішення (рис. 1).

Для зниження одноразових витрат і підвищення ефективності капітальних вкладенні може бути передбачене стабільне поліпшення умов руху в зоні автобусних зупинок у міру зростання інтенсивності руху автобусів і рівня завантаження дороги.

Розміщення зупинок відносно входів у підземні переходи повинне здійснюватися з таким розрахунком, щоб очікуючі пасажери не заважали пішоходам, які користуються підземним переходом.

За умови розміщення зупинок поблизу штучних споруд слід забезпечувати безперешкодний рух основних транспортних потоків.

а)



б)



Рис. 1. Варіанти планувальних рішень у зоні автобусних зупинок для відділення маршрутних автобусів від потоків автомобілів:

а - простий «карман»;

б - додаткова смуга для автобусів.

Біля залізничних переїздів автобусні та тролейбусні зупинки слід розміщувати на відстані не менше 100 м за ними (відстань від колії до межі посадочної площадки), причому на прямолінійних ділянках проїзної частини або на кривих з радіусом у плані не менше 1000, 600 і 400 м для вулиць і доріг відповідно загальноміського, районного та місцевого значення.

Розміщення зупинок міського транспорту на площах дозволяється тоді, коли вони мають значний резерв пропускної здатності проїзної частини, а розміщені зупинки не будуть створювати перешкод транспортним потокам.

На зупинках необхідно передбачати павільйони або навіси для пасажирів, які не повинні погіршувати видимість для водіїв і заважати руху пішоходів.

Деякі дослідники пропонують застосовувати «відкриті» кармани. Таке планувальне рішення також має недоліки, оскільки відбувається лише перенесення конфліктної точки (маневр влиття в транспортний потік при виїзді з карману).

Висновок. Рух автомобілів по міських вулицях і дорогах відбувається в умовах постійної взаємодії їх між собою та супроводжується безперервним впливом на них різноманітних дорожніх і природно-кліматичних факторів, які утворюють у своїй сукупності різноманітну за своєю складністю дорожню обстановку.

Пункти зупинок громадського транспорту мають неабиякий вплив на вищезазначені процеси, перебуваючи у взаємодії із системою, носячи сповільнюючий характер на швидкості руху сусідніх смуг.

Конфігурація та параметри пунктів зупинок громадського транспорту має велике теоретичне та практичне значення. Зокрема для уточнення методики проектування нових та реконструкції існуючих пунктів зупинок громадського транспорту, з метою більш повного врахування прогнозованих вантажних режимів їх роботи, техніко-економічного обґрунтування інженерних рішень щодо вибору тих чи інших варіантів в проектах, підвищення ефективності розділів організації дорожнього руху.

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. — М. : Транспорт, 1990. — 240 с.
2. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения / М. С. Фишельсон. — М. : Высш. шк., 1980. — 296 с.
3. «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень»: ДБН 360-2001* -К.: Укрархбудінформ, 1993. – 107 с.
4. Споруди транспорту: вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3 – 5 – 2001 [чинний 2001-01-01]. – К.: Держстрой України, 2001. – 56с.
5. Транспортний комплекс України. Автомобільні дороги: проблеми та перспективи, І.Р. Юхновський, Г.Б. Лебеда, Т.І. Попова / за ред. І.Р. Юхновського. – К. : ФАДА, ЛТД, 2004. – С. 12-13.

УДК 528.31/.35

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ СООРУЖЕНИЙ И МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА НИМИ

ANALYSIS OF BUILDING'S DEFORMATION AND METHODS OF OBSERVATION THEM

**Тимченко О.Н., к.т.н., доц., (Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет)**

**Tymchenko O.N., Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
(Kharkov National Automobile and Highway University)**

Проведен анализ видов деформаций сооружений и методов геодезических наблюдений за ними. Установлено, что величина и знак относительной деформации и ее распределение по профилю позволяют сделать заключение о причинах явления, осуществить прогноз их развития и разработать защитные мероприятия.

The analysis of building's deformations types and methods of the geodesic monitoring is conducted them. It is set that a size and sign of relative deformation and her distribution on a profile allow to conclude about reasons of the phenomenon, to carry out the forecast of their development and work out protective measures.

Ключевые слова: деформация, перемещение, геодезическое наблюдение, горизонтальная и вертикальная плоскость.

Keywords: deformation, displacement, geodesic monitoring, horizontal and vertical plane.

С целью контроля за изменением пространственного положения ответственных и экспериментальных сооружений применяются специальные геодезические наблюдения. Наблюдения за вертикальными перемещениями объекта производятся при помощи точного нивелирования, приемы и методы которого достаточно полно освещены в специальной литературе [1, 2]. Для наблюдения за горизонтальными перемещениями в литературе [1, 2] рекомендуется створный метод и метод триангуляции, которые

отличаются трудоемкостью, поэтому для оперативного контроля за состоянием отдельных зданий они не применяются.

Актуальность вопросов деформации сооружений и инструментального контроля за ними не вызывает сомнений. Однако в специальной и учебной литературе эти вопросы не получили должной проработки и освещения, повсеместно встречаются ошибочные толкования в определении элементов перемещения и деформаций и другие несоответствия с теорией деформирования твердого тела. Например, в книге [1] «Инженерная геодезия» для строительных специальностей на стр. 459 дается такое определение понятия деформации: «Изменения в пространственном положении сооружения называются деформациями, в горизонтальной плоскости – сдвигами, а в вертикальной – осадками».

Как известно, изменения в пространственном положении сооружения еще не деформация. Это может быть простое поступательное перемещение (смещение) без каких-либо деформации. Точно так же перемещение в горизонтальной плоскости – это еще не сдвиг. Сдвиг – это особый вид деформации, когда наблюдается изменение угловых элементов сооружения. Осадки в вертикальной плоскости – это тоже еще не деформация, чаще всего это просто перемещение по вертикали за счет уплотнения грунтов.

В другой книге [3] на стр. 234 сказано: «Сущность фотограмметрических методов измерения деформаций заключается в периодической фототеодолитной съемке сооружений и сравнении координат его точек $X_0Y_0Z_0$ и $X_iY_iZ_i$, определенных соответственно в периоды начального и текущего цикла наблюдений. Для измерения деформации только в вертикальной плоскости сооружение фотографируется с одной установки прибора. В этом случае боковой сдвиг точки ΔX , т.е. смещение ее в плоскости, перпендикулярной оси камеры, и осадка ΔZ вычисляются по формулам...».

В этом тексте несколько принципиальных ошибок:

1. При периодическом определении пространственных координат точки фотограмметрическим методом измеряется не деформация, а вектор перемещения точки.

2. В вертикальной плоскости измеряется не деформация, а опять же перемещение точки.

3. X – это не боковой сдвиг точки, а смещение ее по горизонтальному направлению. Сдвиг – это особый вид деформации тела и в приложении к точке смысла не имеет.

В специальной литературе [2] повсеместно наблюдается отождествление деформаций с оседаниями. На стр. 5 сказано: «Деформация оснований и сооружений характеризуется:

а) абсолютной (полной) осадкой отдельных точек фундамента, получаемой в результате измерений...».

Деформация оснований не может характеризоваться абсолютной (полной) осадкой отдельных точек. Оседание точек может быть весьма значительное, а деформация минимальная. И, наоборот, деформации могут достигнуть разрушающих значений при сравнительно небольших оседаниях.

Далее в табл. 1 на стр. 14-15 в качестве критерия сохранности зданий и сооружений приводится максимальная величина абсолютной осадки от 8 до 40 см, что также неравномерно. В качестве критерия сохранности зданий и сооружений следует принимать величину относительной вертикальной деформации, а не оседание. Оседание Пизанской башни за 800 лет составило 320 см [2], но аварийность ее состояния определяется величиной наклона, а не величиной оседания.

В 1987 г. вышло «Справочное пособие по прикладной геодезии» [4]. В разделе «Наблюдения за деформациями сооружений» повторяются рассмотренные выше ошибки, поэтому обратим внимание только на новые – оригинальные.

На стр. 329 имеет место такая фраза: «Ф – столбец измеренных деформаций». Фактически здесь речь идет об измеренных значениях смещений, а не деформаций. Деформации не измеряются, а вычисляются по измеренным смещениям точек.

На стр. 335: «Однако для всех видов характерным является постоянно схемы измерений и необходимость получения в конечном итоге не самих координат деформационных точек...». Здесь неоправданно вводится новое понятие «деформационная точка». Точка может быть наблюдаемая, смещаемая, но не деформационная, так как точка не деформируется, а только перемещается.

Приведенные примеры ошибочных представлений и формулировок характерны для геодезической литературы, поэтому целесообразно детально рассмотреть элементы перемещений и

деформаций, а также методы их определения применительно к задачам геодезических наблюдений за состоянием инженерных сооружений.

Деформация буквально означает изменение формы. Главные виды деформации: растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. Математически деформация означает производную от функции смещения, т.е.

$$\varepsilon_X = \frac{\partial u}{\partial X}; \quad \varepsilon_Y = \frac{\partial v}{\partial Y}; \quad \varepsilon_Z = \frac{\partial \omega}{\partial Z},$$

где u , v , ω – компоненты смещения точек твердого тела соответственно вдоль осей X , Y , Z .

В практике маркшейдерских инструментальных наблюдений за состоянием зданий и сооружений принято оперировать вертикальными деформациями (наклоны, кривизна) и горизонтальными деформациями на интервале (растяжение, сжатие) в двумерном пространстве. Вертикальная деформация (наклон) является первой производной от функции оседания и определяется по разности оседаний конечных точек интервала, отнесенной к его длине.

Второй вид вертикальной деформации – кривизна – характеризует неравномерность наклонов на интервале и вычисляется как вторая производная от оседаний или первая производная от функции наклонов.

Горизонтальная деформация растяжения означает относительное удлинение интервала, вычисляется по разности смещений конечных точек интервала в горизонтальной плоскости, отнесенной к его длине. Горизонтальная деформация сжатия означает относительное сжатие интервала, вычисляется аналогичным образом, но имеет обратную направленность и поэтому обозначается знаком «минус».

Как известно, в процессе строительства и эксплуатации инженерных сооружений происходит относительная деформация (сжатие) подстилающих грунтов, а следовательно, перемещение сооружения в вертикальной плоскости, т.е. осадка здания. Осадка здания может развиваться и без деформации сооружения, если все точки объекта переместились в вертикальном направлении на одну и ту же величину. Однако в практике строительства из-за

невыдержанной мощности грунтов, неравномерного распределения нагрузки и по ряду других причин сжатие грунтов происходит неравномерно по площади основания. В результате наблюдается неравномерное оседание точек фундамента. Неравномерное оседание сопровождается возникновением относительной вертикальной деформации (наклона) на интервале, который рассчитывается по формуле (1).

В большинстве случаев вертикальные деформации не достигают критических значений и поэтому вредного влияния на сооружения не оказывают.

Смещение объекта в горизонтальной плоскости в практике называют сдвигом, но, по существу, если все точки объекта переместились в горизонтальном направлении на одинаковую величину, то это тоже поступательное горизонтальное перемещение без наличия горизонтальных деформаций.

В общем случае, если все точки объекта в пространстве переместились на одну и ту же векторную величину \vec{u} , то о каких-либо относительных деформациях сооружения говорить не приходится – их нет, имеет место простое поступательное перемещение всего сооружения в целом.

Вертикальные или горизонтальные деформации на интервале возникают только в том случае, когда конечные точки этого интервала перемещаются на разные величины \vec{u}_1 и \vec{u}_2 (рис. 1).

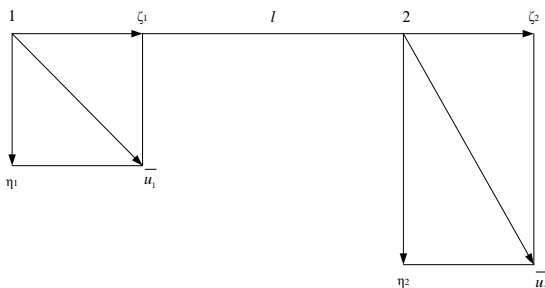


Рис. 1

В этом случае, раскладывая векторы перемещения на горизонтальные и вертикальные составляющие, получаем элементы

перемещения этих точек в горизонтальной (ζ_1 и ζ_2) и вертикальной (η_1 и η_2) плоскостях.

Вертикальная деформация (наклон) на интервале l_{1-2} определяется по формуле:

$$i_{1-2} = \frac{\eta_2 - \eta_1}{l_{1-2}}, \quad (1)$$

где i_{1-2} – относительная вертикальная деформация (наклон), $1 \cdot 10^{-3}$; η_2 – величина оседания в точке 2, мм; η_1 – величина оседания в точке 1, мм; l_{1-2} – длина интервала между точками, м. Горизонтальные деформации (растяжение, сжатие) интервала определяется по формуле:

$$\varepsilon_{1-2} = \frac{\zeta_2 - \zeta_1}{l_{1-2}}, \dots\dots\dots(2)$$

где ε_{1-2} – относительная горизонтальная деформация на интервале («+» растяжение, «-» сжатие), $1 \cdot 10^{-3}$; ζ_2 – величина горизонтального перемещения точки 2, мм; ζ_1 – величина горизонтального перемещения точки 1, мм; l_{1-2} – длина интервала между точками 1 и 2, м.

Критическая величина относительной горизонтальной деформации растяжения, при которой появляются трещины в кирпичной кладке фундамента и стен здания, определена экспериментально и составляет $2 \cdot 10^{-3}$.

Применяя обычные геодезические методы наблюдений, вектор сдвижения точек получить непосредственно не удастся. Но его можно построить на основе составляющих элементов в двух взаимно нормальных направлениях. Вертикальная составляющая определяется методом нивелирования, а горизонтальная – в результате периодического измерения горизонтальных расстояний по створу, ориентированному вдоль здания. Реперы (стенные и грунтовые) закладываются параллельно в виде профильных линий вдоль здания с интервалом 20 м (рис. 2).

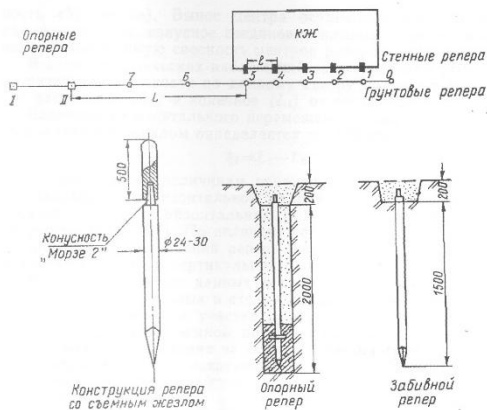


Рис. 2

Грунтовые репера для сохранности забиваются ниже уровня земной поверхности и располагаются напротив стенного на расстоянии 2 м. Стенные репера закладываются на высоте 0,5 – 1 м от земной поверхности и бетонируются на глубину 0,2 м.

Наблюдения за горизонтальным перемещением реперов вдоль створа ведутся путем периодических измерений расстояний от 2-3 опорных реперов, расположенных в створе и вне зоны возможного влияния изучаемого процесса. Расстояния от опорных реперов до рабочих (стенных и грунтовых) измеряют по центрам стальной компарированной рулеткой или специальной мерной проволокой при постоянном натяжении, одновременно фиксируется температура воздуха. Линейные измерения проводятся на весу в прямом и обратном направлении. Расхождение в длине интервала, измеренного дважды, допускается не более 2 мм, что обеспечивает точность 1/1000.

В качестве грунтовых реперов рекомендуется использовать металлические стержни ($\varnothing 24-30$ мм) длиной 1,5-1,8 м. Нижний конец репера заострен, а верх заточен на конус (конусность «Морзе 2»). Вынос центра осуществляется при помощи съемных жезлов, конусное соединение которых с репером обеспечивает необходимую соосность центров репера и жезла.

В ходе периодических наблюдений за положением репера в горизонтальной плоскости по данному створу получают его начальное расстояние L_0 и конечное L_i от опорного репера.

Величина горизонтального перемещения репера между начальным и текущим циклом определяется по формуле:

$$\zeta_i = L_i - L_0. \quad (3)$$

По измеренным величинам перемещений соседних реперов вертикальном и горизонтальном направлениях определяются вертикальная i_i и горизонтальная ε_i деформации на интервале (формулы (1) и (2)). По величине вертикального η_i и горизонтального ζ_i перемещения репера определяется его вектор сдвижения $\overline{u_i}$ в данной вертикальной плоскости.

Анализ полученных данных и сравнительная величина векторов сдвижения грунтовых и ственных реперов в комплексе с геологическими данными на участке позволяет сделать заключение о причинах сдвижения земной поверхности и объекта: происходит ли обычная осадка здания за счет уплотнения грунтов или имеет место недостаточная конструктивная прочность здания и местная просадка на ослабленных грунтах, влияние карстовой полости или оползневый сдвиг участка поверхности. Величина и знак относительной деформации и ее распределение по профилю позволяют сделать заключение о причинах явления, осуществить прогноз их развития и разработать защитные мероприятия. Наличие, например, горизонтальных положительных деформаций, нарастающих во времени, свидетельствуют о развивающемся оползне, а чередование знакопеременных деформаций в определенной последовательности свидетельствуют о наличии полости в массиве. Эти вопросы требуют специального освещения.

Література:

1. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Под ред. П.С. Закатова. – М.: Недра, 1976. – 583 с.
2. Ганьшин В.И. Изменение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / В.И. Ганьшин В.И., А.Ф. Стороженко, Н.А. Буденков. – М.: Недра, 1984. – 188 с.
3. Багратуни Г.В. Инженерная геодезия / Г.В. Багратуни. – М.: Недра, 1984. – 344 с.
4. Справочное пособие по прикладной геодезии / Под ред. В.Д. Большакова. – М.: Недра, 1987. – 543 с.

УДК 625.721:004.92

**ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ БАЗ ДАНИХ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ЗАСТОСУВАННЯМ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**DATABASES OF ROADS CREATING SPECIFICITIES USING
GIS TECHNOLOGIES**

Ткаченко І. В., к.т.н., Бризгалін І.С., Козлов В.В. (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава)

Tkachenko I.V., PhD in Engineering, Bryzgalin I.S., Kozlov V.V. (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava)

Виконано аналіз геоінформаційної системи Map creator. Досліджено можливості Map creator при оцифруванні супутникових знімків. Виявлено особливості створення/редагування об'єктів благоустрою, дорожньої геометрії, присвоєння адреси будинкам, роботи з GPS-треками та побудови власних маршрутів.

The analysis of the geoinformation system Map creator has been performed. The opportunities of the system Map creator digitalizing of the satellite photos have been investigated. The peculiarities of creating/editing of points of interest, road geometry, giving the addresses to the buildings, work with the GPS-tracks and making own routes have been revealed. The examples of giving attributive data to the objects of infrastructure and others objects. The description of differences in the work in the operating conditions «administrator» and «user» has been given. The recommendations during the creating road geometry and the points of interest on the basis of the typical errors of the users of the Map creator system have been offered.

Ключові слова: автомобільні дороги, вулиці, об'єкти благоустрою, база даних, геоінформаційні системи

Keywords: roads, streets, improvement objects, data base, geographic information systems

В час стрімкого розвитку інформаційних технологій при проектуванні нових і експлуатації існуючих автомобільних доріг та вулиць необхідно мати базу даних автомобільних доріг. Це пришвидшить процес вибору траси дороги та дозволить запланувати оптимальні необхідні заходи з експлуатації доріг. Бази даних автомобільних доріг крім атрибутів самих споруд повинні містити дані про об'єкти їх благоустрою, що можуть бути використані для вирішення пріоритетних державних завдань, направлених на підвищення безпеки руху, створення необхідних умов зручності, покращення естетичного вигляду дорожнього середовища.

Такі дослідники, як Шевчук Я.В. [1], Гуцул Т.В. [2] зосереджують свою увагу на процесі використання програмного забезпечення для інженерного проектування на прикладі САПР: AutoCAD Civil 3D, Credo та ГІС: ArcGIS, MapInfo. Наша робота відрізняється тим, що було проаналізовано Map creator у якості редактора для оцифрування космознімків та створення бази даних автомобільних доріг.

Метою дослідження є аналіз процесу створення баз даних автомобільних доріг та виявлення переваг і недоліків роботи з геоінформаційною системою Map creator.

Дане дослідження виконувалось шляхом експериментального проектування, тобто створення баз даних автомобільних доріг в геоінформаційній системі Map creator, де прокладались осі автомобільних доріг та вводились атрибутивні дані. Результати роботи аналізувалися, узагальнювалися та описувалися для отримання висновків з даного дослідження.

Map creator – це геоінформаційна система компанії HERE, призначена для оцифрування дорожньої геометрії, побудови маршрутів, роботи з GPS-треками, створення/редагування об'єктів благоустрою доріг (точок інтересу) та присвоєння адреси будинкам на основі супутникових знімків компанії DigitalGlobe. Міжнародна компанія Here була заснована в 1985 році [3]. З того часу вона є одним із найбільших постачальників цифрової картографічної інформації. Here map присутні у 196 країнах світу. Map creator доступний у вікні браузера.

При роботі з програмою було виявлено сім основних можливостей Map creator (рис. 1).

Map creator має два інтерфейси: користувача та адміністратора. Адміністратор має доступ до більшої кількості космознімків, може переглядати зміни користувачів та відмінити їх в разі неправильності.

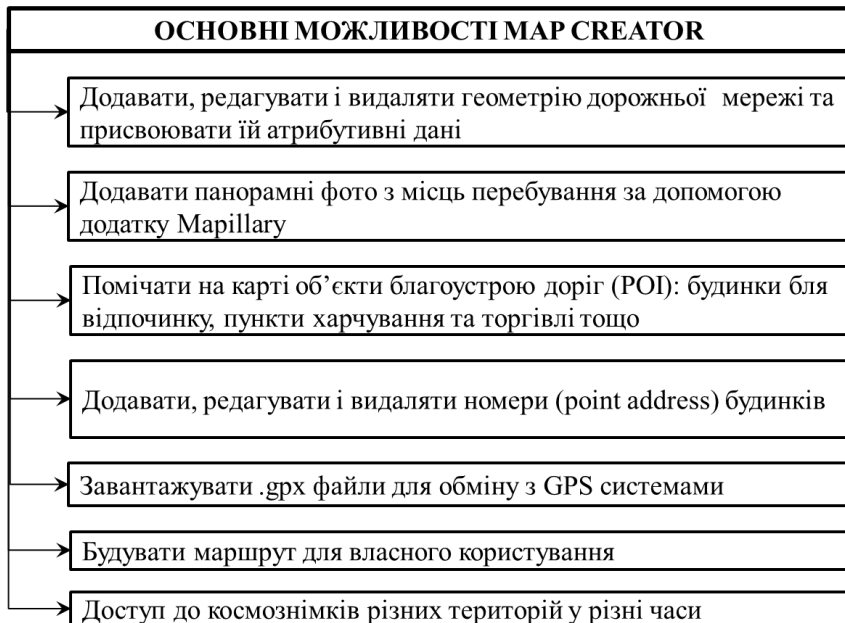


Рис. 1. Основні можливості Map creator

В програмі дороги поділяються на 5 категорій, залежно від типу покриття та інтенсивності руху (рис.2): FC1 – автомагістраль чи дорога, яка має контрольований доступ з центральною розділювальною смугою; FC2 – головна дорога, дорога великої протяжності, яка забезпечує швидке сполучення між двома пунктами; FC3 – житлова вулиця, дає доступ до будинків, парків; FC4 – місцева підїзна дорога, що дає доступ до магазинів, заправних станцій тощо; FC5 – доріжки, часто із ґрунтовим покриттям, використовуються пішоходами та велосипедистами для прогулянок в парку.

Доступ до створення доріг категорій FC1- FC3 мають лише спеціалісти, працівники компанії. Дані дороги створюються високоточними способами за допомогою сучасного обладнання із прив'язуванням за допомогою GPS- передавача [5].



Рис. 2. Відображення різних категорій доріг

У Map creator є можливість створювати лише точкові та лінійні елементи. Найпростіші точкові елементи з яких складаються дороги мають назву "лінки" (з англ. "link" – ланка, зв'язок).

Створювати дороги можна двома способами:

- продовження існуючої дороги – початок може бути лише на існуючому лінку, у разі його відсутності треба створювати новий;
- за допомогою інструменту "додати дорогу" – можна створити дорогу у будь-якому місці, але обов'язково з'єднати її з уже існуючою дорогою (рис. 3).



Рис. 3. Побудова нової дороги

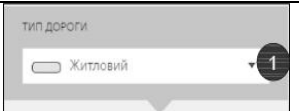
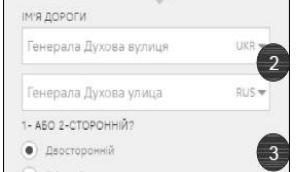



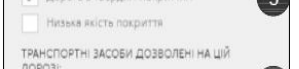
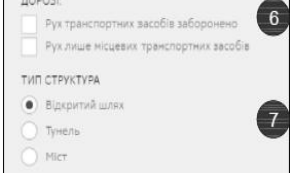
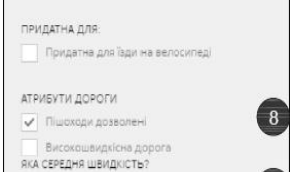

Як створювати, так і редагувати користувачу можна дороги тільки рівнів FC4 – FC5. Якщо виявлена якась помилка, чи дороги

вже такої не існує, то рекомендовано залишити відгук ("feedback"). Так само відгуки можна залишати до будь-якого об'єкту, який викликає підозру.

В програмі закладено атрибути доріг, які можна змінювати, їх наведено в таблиці 1.

Таблиця 1


Атрибути доріг, що вводяться

№ п. п.	Поняття	Графічне представлення
1.	Тип дороги – присвоюється залежно від класу (FC1 – FC5) дороги, її функціонального призначення.	
2.	Ім'я – це назва вулиці, записується двома і більше мовами, наприклад: перша назва державною мовою – Соборності вулиця, далі російською мовою – Соборности улица.	
3.	Напрямок руху – напрямок з пункту А в пункт Б чи навпаки.	
4.	Кількість смуг руху в кожному напрямку.	
5.	Тип покриття.	
6.	Транспортні засоби, яким дозволено рух на дорозі.	
7.	Тип структури – при прокладенні дороги в декількох рівнях зазначається тип: міст – дорога проходить над існуючою, тунель – дорога проходить під існуючою.	
8.	Атрибути дороги – включають в себе дозвіл на пересування дорогою, ціна пересування (в разі платного користування дорогою), зазначається дозволена швидкість на дорозі.	
9.	Середня швидкість руху.	

Далі було проаналізовано особливості створення доріг, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Особливості створення доріг

№ п.п.	Особливість створення	Графічне представлення
1.	При створенні нової дороги, вона має починатися з одного відрізка і закінчуватися на іншому.	
2.	Слід уникати гострих кутів на поворотах: необхідно створити тричотири лінки для плавності повороту. Це допоможе уникнути різких поворотів при користування продуктом.	
3.	Слід уникати великої кількості лінків, які загромождають систему.	
4.	Не завжди точне повторення існуючої геометрії є вірним, слід уникати перехрестя доріг в одній точці	
5.	Не з'єднаний відрізок дороги з іншими, не буде розглядатися системою як існуюча дорога.	

Велика увага приділяється створенню об'єктів благоустрою доріг – точок інтересу (POI). Створювати POI можна в масштабі 1:2000 і крупніше. Створюється за допомогою інструменту «Додати місце». Редагування наступних атрибутів наводиться в таблиці 3.

Таблиця 3

№	Порядок створення	Графічне представлення
1.	Категорія – обирається залежно від сфери послуг (житло, транспорт, розваги тощо).	
2.	Назва – вказується назва установи, закладу чи підприємства	
3.	Мережа – якщо об'єкт входить у мережу закладів	
4.	Номер будинку	
5.	Поштовий індекс	
6.	Номер телефону	
7.	Електронна пошта	
8.	Електронна адреса	
9.	Години праці	
10.	Наявність пандуса	

Отже, використання програми Map creator забезпечує широкі можливості при оцифруванні дорожньої геометрії. Вбудовані інструменти спрямовані на спрощення, пришвидшення й покращення роботи проектувальників.

1. Шевчук Я. В. Особливості проектування автотранспортних мереж / Я. В. Шевчук // Сталій розвиток економіки. – 2013. – № 4. – С. 14-20. – [Електронний ресурс] / Режим доступу:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/sre_2013_4_4

2. Гуцул Т. В. Тенденції використання сучасних засобів ГІС та САПР у проектуванні доріг / Т. В. Гуцул // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 5-6. – С. 57-61. – [Електронний ресурс] / Режим доступу:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2015_5-6_12

3. Офіційний сайт компанії HERE [Електронний ресурс]: головна сторінка – Режим доступу: <https://here.com/en>

4. Map creator [Електронний ресурс]: сайт компанії «HERE». – Режим доступу: <https://mapcreator.here.com/mapcreator>

УДК 624.074

СТІЙКІСТЬ ОБОЛОНОК ОБЕРТАННЯ ПОДВІЙНОЇ КРИВИНИ

STABILITY SHELLS OF REVOLUTION OF DOUBLE CURVATURE

Трач В.М., д.т.н., проф. (Варшавський університет природничих наук, Польща, Варшава), Панчук О.Ю. докторант (Варшавський університет природничих наук, Польща, Варшава)

Trach V.M. DSc in engineering, professor (Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland), Panchuk O.Yu., doctoral (Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland)

В статті представлено підхід до встановлення величин критичних навантажень зовнішнього тиску для анізотропних оболонок обертання додатної гаусової кривини.

The paper presents an approach to establish the critical loads external pressure for anisotropic shells of revolution of positive Gaussian curvature. Shell made of elastic material properties which are in the same plane. The method of the critical loads based on the use Kutta -Mersona numerical method of discrete orthogonalization received interchange. The calculations are illustrated respective schedules.

Ключові слова: стійкість, оболонки обертання подвійної кривини.

Keywords: stability, shells revolution of double curvature.

Дослідженню стійкості ізотропних і ортотропних оболонок у літературі присвячено значну кількість робіт [1, 3, 4, 7, 9, 12]. Конструктивно анізотропні оболонки виготовляються, як правило, методом намотування або викладки на оправлення окремих композитних шарів, що мають незначну товщину [7, 10, 11]. Це дозволяє стверджувати, що найнижчий рівень симетрії матеріалу таких шарів складає наявність однієї площини, в якій механічні властивості симетричні. Дослідження стійкості тонких

анізотропних оболонок із матеріалу що має площину пружної симетрії детально представлено в монографії [2].

Однак існує достатня кількість оболонок, в першу чергу виготовлених з неметалевих матеріалів, де точність класичної теорії стає недостатньою. Відомо, що багато синтетичних матеріалів мають підвищену піддатливість до зсуву й тому навіть порівняно незначні за величиною дотичні напруження, що викликають зрушення паралельних шарів, помітно впливають на загальну деформацію оболонки. У зв'язку з цим з'явилися уточнені теорії, побудовані, як і класична, при використанні гіпотез про характер розподілу переміщень, деформацій або напружень за товщиною оболонки. Всі уточнення теорії в той чи той спосіб враховують деформацію зсуву [4,5]. Найбільш широке застосування в розрахунках багат шарових оболонок отримала теорія, заснована на гіпотезах С. П. Тимошенка.

У статті представлено дослідження стійкості нетонких анізотропних конічних оболонок з матеріалу, що має площину пружної симетрії під дією зовнішнього рівномірного тиску.

Представимо переміщення u , v , w у відповідності до гіпотез Тимошенка у вигляді лінійних розкладів за координатою z :

$$u = u_0 + z\theta_1, \quad v = v_0 + z\theta_2, \quad w = w$$

$$u_\alpha = u_{0\alpha} + z\theta_\alpha, \quad u_3 = w, \quad u_1 = u + z\theta_1, \quad v_2 = v + z\theta_2, \quad w_1 = w, \quad (1)$$

де u , v , w - переміщення серединної поверхні оболонки, z - координата по якій змінюється товщина оболонки, θ_α , ($\alpha = 1, 2$) - кути повороту відносно нормальних до поверхні осей координат.

Співвідношення закону Гука для анізотропного матеріалу з однією площиною пружої симетрії згідно [1] мають вид

$$\sigma_{11} = a_{11}\varepsilon_{11} + a_{12}\varepsilon_{22} + a_{13}\varepsilon_{33} + a_{16}\varepsilon_{12},$$

$$\sigma_{22} = a_{12}\varepsilon_{11} + a_{22}\varepsilon_{22} + a_{23}\varepsilon_{33} + a_{26}\varepsilon_{12},$$

$$\sigma_{33} = a_{13}\varepsilon_{11} + a_{23}\varepsilon_{22} + a_{33}\varepsilon_{33} + a_{36}\varepsilon_{12},$$

$$\sigma_{23} = a_{44}\varepsilon_{23} + a_{45}\varepsilon_{13}, \quad \sigma_{13} = a_{45}\varepsilon_{23} + a_{55}\varepsilon_{13},$$

$$\sigma_{12} = a_{16}\varepsilon_{11} + a_{26}\varepsilon_{22} + a_{36}\varepsilon_{33} + a_{66}\varepsilon_{12} \quad (2)$$

де σ_{ij} - нормальні та зсувні напруження, ε_{ij} - деформації ($i, j = 1, 2, 3$), a_{ij} - пружні сталі ($i = 1, 2, 3; j = \overline{1, 6}$).

Для нелінійних деформацій з точністю до квадратичних членів в [3] отримано

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \bar{\varepsilon}_{11} + zk_{11} + z^2v_{11}, \\ \varepsilon_{22} &= \bar{\varepsilon}_{22} + zk_{22} + z^2v_{22} \quad \varepsilon_{12} = \bar{\varepsilon}_{12} + zk_{12} + z^2v_{12}. \end{aligned} \quad (3)$$

Тут введено позначення

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon}_{11} &= \varepsilon_1 + \frac{1}{2}\theta_1^2, \quad \bar{\varepsilon}_{22} = \varepsilon_2 + \frac{1}{2}\theta_2^2, \quad \bar{\varepsilon}_{12} = \theta_1\theta_2, \\ k_{11} &= \chi_1 + \varepsilon_1\chi_1, \quad k_{22} = \chi_2 + \varepsilon_2\chi_2, \quad k_{12} = \tau_1^* + \tau_2^*, \\ v_{11} &= \frac{1}{R_1}k_{11} + \frac{1}{2}(\chi_1^2 + \tau_1^2), \quad v_{22} = \frac{1}{R_2}k_{22} + \frac{1}{2}(\chi_2^2 + \tau_2^2), \\ v_{12} &= \frac{1}{R_1}\tau_1^* + \frac{1}{R_1}\tau_2^* + \chi_1\tau_2, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{де } \chi_1 &= k_1 + \frac{\varepsilon_1}{R_1}, \quad \chi_2 = k_2 + \frac{\varepsilon_2}{R_2}, \quad \tau_1 = t_1, \quad \tau_2 = t_2, \quad \tau_1^* = \tau_1 + \varepsilon_2\tau_1, \\ \tau_2^* &= \tau_2 + \varepsilon_1\tau_2. \end{aligned}$$

Деформації і прирости кривин і кручення наступні

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{1}{A_1} \frac{\partial u}{\partial \alpha_1} + a_1v - \frac{w}{R_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{1}{A_2} \frac{\partial v}{\partial \alpha_2} + a_2v - \frac{w}{R_2}, \quad \varepsilon_{12} = \theta_1' + \theta_2', \\ \kappa_{11} &= \kappa_1 + \frac{\varepsilon_1}{R_1}, \quad \kappa_1 = \frac{1}{A_1} \frac{\partial \theta_1'}{\partial \alpha_1} + a_1\theta_1' - \frac{\theta_2'}{R_1}, \quad \kappa_{22} = \kappa_2 + \frac{\varepsilon_2}{R_2}, \\ \kappa_2 &= \frac{1}{A_2} \frac{\partial \theta_1'}{\partial \alpha_2} + a_2\theta_1' - \frac{\theta_2'}{R_2}, \quad \kappa_{12} = t_1 + t_2, \quad t_1 = \frac{1}{A_1} \frac{\partial \theta_1}{\partial \alpha_1} - a_1\theta_1, \\ t_2 &= \frac{1}{A_2} \frac{\partial \theta_2}{\partial \alpha_2} - a_2\theta_2, \\ v_{11} &= \frac{1}{R_1}\kappa_{11}, \quad v_{22} = \frac{1}{R_2}\kappa_{22}, \quad v_{12} = \frac{1}{R_1}\tau_1 + \frac{1}{R_2}\tau_2. \end{aligned} \quad (5)$$

де A_1, A_2 – параметри Ляме (коефіцієнти першої квадратичної форми координатної поверхні),

$$a_1 = \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_1}{\partial \alpha_2}, \quad a_2 = \frac{1}{A_1 A_2} \frac{\partial A_2}{\partial \alpha_1}.$$

Кути повороту Θ і кривин κ_{ij} мають вид

$$\theta_1' = \frac{1}{A_1} \frac{\partial w}{\partial \alpha_1} + \frac{u}{R_1}, \quad \theta_2' = \frac{1}{A_2} \frac{\partial w}{\partial \alpha_2} + \frac{u}{R_2} \quad (6)$$

$$\kappa_{11} = \kappa_1 + \frac{1}{R_1} \varepsilon_{11}, \quad \kappa_{22} = \kappa_2 + \frac{1}{R_2} \varepsilon_{22}, \quad \kappa_{12} = 2\tau + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \varepsilon_{12} \quad (7)$$

Де у виразі для кручення κ_{12} маємо функції τ і v_{ij} :

$$t_1 = t_2 = \tau, \quad v_{11} = \frac{1}{R_1} \kappa_{11}, \quad v_{22} = \frac{1}{R_2} \kappa_{22}, \quad v_{12} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \tau \quad (8)$$

В [17] представлений підхід до виведення системи рівнянь, яка описує осесиметричний напружено-деформований стан анізотропних оболонок. Зазначена система нелінійних рівнянь може бути використана для побудови рівнянь, за допомогою яких визначається критичний стан оболонки, пов'язаний з явищем біфуркації. Після виконання відповідних перетворень отримаємо систему рівнянь в нормальному вигляді

$$\frac{1}{A_1} \frac{\partial y_i}{\partial \alpha_1} = L_i(y) + q_i, \quad (9)$$

де y – вектор компонентами якого являються функції y_i ,

q_i – компоненти навантаження,

L_i – нелінійні диференціальні оператори, $i = 1, \dots, 10$.

На основній траєкторії деформування рівняння (11) мають вид

$$\frac{1}{A_1} \frac{\partial y_{i,o}}{\partial \alpha_1} = L_i(y_o) + q_i \quad (10)$$

На суміжній траєкторії їх потрібно записати так

$$\frac{1}{A_1} \frac{\partial (y_{i,o} + y_i)}{\partial \alpha_1} = L_i(y_o + y) + q_i \quad (11)$$

У відповідності до критерію Ейлера, y_i - це нескінченно малі збурення основного стану. Враховуючи те, що навантаження q_i не

змінюється, а функції з індексом "0" задовільняють рівнянням (11), із виразу (11) отримаємо лінеаризовані рівняння відносно приростів функції в точці біфуркації.

Рівняння (11) є однорідними диференціальними рівняннями другого порядку кожне. Враховуючи періодичність шуканих функцій у коловому напрямку, можемо апроксимувати їх у вигляді рядів Фур'є в комплексній формі

$$y_j = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} y_{j,n} e^{in\varphi}, \quad \varphi = \alpha_2, \quad 0 \leq \alpha_2 \leq 2\pi \quad (12)$$

де $y_{j,n}$ – комплексні функції, $j = 1, \dots, 10$, n – число хвиль в коловому напрямі.

Після підстановки (12) в систему рівнянь стійкості (11), отримаємо систему звичайних диференціальних рівнянь, яка для кожного додатного значення n має вигляд

$$\frac{1}{A_1} \frac{dy_{1,n}}{d\alpha_1} = -in_a (T_{12,n}) + \psi_2 (T_{22,n} - T_{11,n}) + \frac{1}{R_1} (y_{3,n} - in_a M_{12,n});$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{A_1} \frac{dy_{2,n}}{d\alpha_1} &= -in_a (T_{22,n}) - \psi_2 (2T_{12,n}) \\ &+ \left(\frac{3}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \psi_2 M_{12,n} + \frac{1}{R_2} (-T_{12}^0 y_{8,n} + T_{22}^0 \theta_{2,n} - \\ &- T_{12,n} y_8^0 + T_{22,n} \theta_2^0 + in_a M_{12,n}); \end{aligned}$$

$$\frac{1}{A_1} \frac{dy_{3,n}}{d\alpha_1} = -in_a (-T_{12}^0 y_{8,n} + T_{22}^0 \theta_{2,n} - T_{12,n} y_8^0 + T_{22,n} \theta_2^0 + 2\psi_2 M_{12,n}) -$$

$$\psi_2 y_{3,n} - \frac{1}{R_1} y_{1,n} - \frac{1}{R_2} (T_{22,n});$$

$$\frac{1}{A_1} \frac{dy_{4,n}}{d\alpha_1} = -in_a M_{12,n} - \psi_2 (y_{4,n} - M_{22,n}) + y_{3,n} + T_{11}^0 y_{8,n} +$$

$$T_{11,n} y_8^0 - T_{12}^0 \theta_{2,n} - S_n \theta_2^0;$$

$$\frac{1}{A_1} \frac{dy_{5,n}}{d\alpha_1} = \frac{1}{R_1} y_{7,n} - y_{8,n} y_8^0 + A_{11} T_{11,n} + A_{12} T_{12,n} + A_{13} y_{4,n} -$$

$$\begin{aligned}
 & d_{11}\varepsilon_{22,n} - d_{12}\chi_{22,n} - d_{13}\chi_{12,n}; \tag{13} \\
 & \frac{1}{A_1} \frac{dy_{6,n}}{d\alpha_1} = -in_a y_{5,n} + \psi_2 y_{6,n} + y_{8,n} \theta_2^0 + \\
 & + y_8^0 \theta_{2,n} + A_{12} T_{11,n} + A_{22} S_{,n} + A_{23} y_{4,n} - d_{21} \varepsilon_{22,n} - d_{22} \chi_{22,n} - d_{23} \chi_{12,n}; \\
 & \frac{1}{A_1} \frac{dy_{7,n}}{d\alpha_1} = -\frac{1}{R_1} y_{5,n} - y_{8,n}; \\
 & \frac{1}{A_1} \frac{dy_{8,n}}{d\alpha_1} = -\frac{1}{R_1} \varepsilon_{1,n} + A_{13} T_{11,n} + A_{23} S_{,n} + A_{33} y_{4,n} - d_{31} \varepsilon_{22,n} - d_{32} k_{22,n} - d_{33} k_{12,n} \\
 & \frac{1}{A_1} \frac{\partial y_{9,n}}{\partial \alpha_1} = T_{23,n}^* + d_{31} \varepsilon_{22,n} + d_{32} \kappa_{22,n} + d_{33} \kappa_{12,n}; \\
 & \frac{1}{A_1} \frac{\partial y_{10,n}}{\partial \alpha_1} = M_{12,n}^* + A_{32} T_{12,n}^* + d_{33} \kappa_{12,n};
 \end{aligned}$$

$$\text{де } n_a = n / A_2.$$

Таким чином, задача статичної стійкості симетрично завантаженої пружної анізотропної оболонки обертання, замкнутої в коловому напрямі, зведена до системи з десяти звичайних однорідних диференціальних рівнянь у нормальній формі (11) із змінними коефіцієнтами і однорідними граничними умовами:

$$\text{на контурі } \alpha_1 = \alpha_0, B_o y_n = 0, \text{ на контурі } \alpha_1 = \alpha_l, B_n y_n = 0 \tag{14}$$

Підхід до розв'язку, розглядуваної крайової задачі, базується на використанні чисельного методу дискретної ортогоналізації [6]. Для його представлення розглянута задача про стійкість оболонок обертання подвійної гауссової кривини. Розглянемо стійкість анізотропних оболонок, що утворюються обертанням дуги, хорда якої паралельна осі обертання. Вважаємо, що анізотропія матеріалу оболонки породжується неспівпадінням напрямків армування волокнистого композиту з осями координат та поверхні приведення. Механічні характеристики елементарного шару композиту склопластик для якого

$$E_1 = 4,45 \text{ ГПа}, E_2 = 1,07 \text{ ГПа}, G_{12} = 0,418 \text{ ГПа}, \nu_{12} = 0,26.$$

Оболонка утворена обертанням дуги кола радіусом $R_1 = 2,52 \text{ м}$ при $\alpha_{1,0} = 78,5^\circ$, $\alpha_{1,k} = 101,5^\circ$, $y_o = -1,47 \text{ м}$. В цьому

випадку $H/L = 0,05, L = 1,0\text{м}, R = 1,0\text{м}$. Це оболонка подвійної додатної гауссової кривини. Її розрахунок на стійкість виконаємо за допомогою запропонованої методики, а також з використанням наближеного підходу, що спирається на аналітичний метод розрахунку, так званих, пологих оболонок [2].

На рис.1 приведені криві, які описують залежність критичних значень інтенсивності зовнішнього тиску від кута армування ψ шару склопластика у випадку, коли цей шар один утворює бочкоподібну оболонку вказаних розмірів. Суцільні криві (1) та (2) вираховані відповідно за наближеною (аналітичною) та чисельною основною методикою. Граничні умови в обох підходах мають наступні відмінності. Аналітичний розв'язок отримано при шарнірно рухомому закріпленні обох торців, тоді як чисельний розв'язок – при одному шарнірно нерухомому торці. Пунктирні криві співвідносяться з суцільними так, що їх можна вважати справедливими при великій кількості перехресно спрямованих елементарних шарів склопластика, або наближеними з похибкою до 20%, коли склопластик незалежно від напрямку в осях оболонки вважати ортотропним матеріалом. Аналітичному розв'язку відповідають завищені значення критичних навантажень, хоча якісно криві (1) та (2) незначно відрізняються.

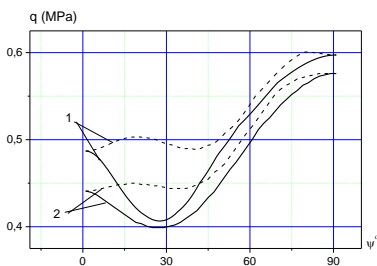


Рис. 1.

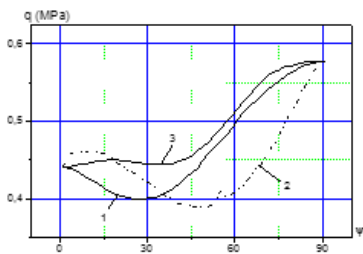


Рис. 2.

Найбільші та найменші значення критичної інтенсивності на обох кривих мають місце при однакових кутах ψ . На рис.2 до таких же кривих (1,3) додано криву (2), яка побудована для двошарової оболонки, при орієнтації шарів під кутами $\pm\psi$.

1. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. – М.: Наука, 1974. – 448 с.
2. Баженов В.А., Семенюк М.П., Трач В.М. Нелінійне деформування, стійкість і закритична поведінка анизотропних оболонок. – К.: Каравела, 2010. – 352 с.
3. Ванин Г.А., Семенюк Н.П. Устойчивость оболочек из композиционных материалов с несовершенствами. – К.: Наук. думка, 1987.—200 с.
4. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с.
5. Григоренко Я.М., Василенко А.Т. Теория оболочек переменной жесткости. – К.: Наук. думка, 1981. – 544 с.
6. Григоренко Я.М., Крюков Н.Н. Численные решения задач статики гибких слоистых оболочек с переменными параметрами. – К.: Наук.думка,1988.– 264 с.
7. Гузь А.Н. Основы трехмерной теории устойчивости деформируемых тел. – К.: Вища школа, 1986. – 512 с.
8. Гузь А.Н., Бабич И.Ю., Бабич Д.В., и др. Устойчивость элементов конструкции // Механика композитов : В 12 т. Т. 10. - К. : Наук. думка: А.С.К., 2001. - 375 с.
9. Кармишин А.В., Ласковец В.А., Мяченков В.И., Фролов А.Н. Статика и динамика тонкостенных оболочечных конструкций. – М.: Машиностроение, 1975. – 376 с.
10. Королев В.И. Слоистые анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс. – М.: Машиностроение, 1965. – 272 с.
11. Микишева В.М. Оптимальная намотка оболочек из стеклопластика работающих на устойчивость под внешним давлением или осевым сжатием // Механика полимеров. – 1968. – №5.–С. 864-875.
12. Рикардс Р.Б., Тетерс Г.А. Устойчивость оболочек из композитных материалов. – Рига: Зинатне, 1974. – 310 с.
13. Семенюк Н.П., Трач В.М. Устойчивость цилиндрических оболочек из армированных материалов при осевом сжатии с учетом особенностей послойной ориентации волокон// Прик. механика. – 2006. – 42, №3. – С. 80–89.
15. Трач В.М. Устойчивость цилиндрических оболочек из материала с одной плоскостью упругой симметрии при осевом сжатии и кручении // Прикл. Механика. – 2006. – 42, №8. – С. 115–121.
16. Трач В.М. К вопросу об устойчивости конических оболочек из материала с одной плоскостью упругой симметрии // Прикл. механика. – 2007. – 43, №3. – С.
17. Трач В.М. Об устойчивости оболочек вращения из композитных материалов // Прикл. механика. – 2008. – 44, №3. – С. 109-124.

УДК 528.48

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

THE ANALYSIS AND ESTIMATION OF UNIFORMITY OF ENGINEERING-GEODETTIC MEASUREMENTS

Угненко Е.Б., д.т.н., проф. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков)

Ugненко Ye. B., Doctor of Engineering, Professor (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)

В работе проведен анализ и оценка однородности инженерно-геодезических измерений. Алгоритм оценки неоднородности результатов измерения основывается на вероятностных моделях, устанавливающих связь между структурой измерения и ее отображением в пространстве параметров.

In article the analysis and an estimation of uniformity of engineering-geodetic measurements is carried out. The algorithm of an estimation of heterogeneity of results of measurement is based on the likelihood models establishing connection between structure of measurement and its display in space of parametres.

Ключевые слова: геодезические измерения, оценки погрешностей, вероятностные параметры, критерий однородности

Keywords: geodetic measurements, estimations of errors, likelihood parametres, criterion of uniformity

Одним из основных требований к точности геодезических измерений является обеспечение достоверной оценки погрешностей, сопутствующих измерительному процессу. Наиболее достоверной информацией о влиянии погрешностей измерений могут дать обширные эксперименты, выполненные при различных условиях измерения. Однако, как правило, многочисленность экспериментов реализовать не удастся, в связи с чем, приходится принимать решение при неполной информации,

т. е. в условиях неопределенности. Некорректная оценка погрешностей может привести к нерациональному использованию измерительной техники, необоснованному назначению технических допусков, к научно-техническим просчетам, к неправильному применению аппарата математической обработки измерений.

В последнее время в научной литературе и метрологической практике укоренилось двухуровневое направление исследования в этой области: теоретическое и натурное. В результате теоретических исследований с использованием статистического метода, могут быть найдены статистические значения вероятностных характеристик модели будущего измерения и аналитическим путем – вероятностные параметры упрощенной модели измерения. Натурная апробация выдвинутой гипотезы позволит уточнить вероятностные характеристики и принять наиболее надежное решение в отношении траектории измерений.

Грубую погрешность измерений следует рассматривать с двояких позиций: с одной стороны, как вероятностную, с другой стороны, как аномальную. Ясно, что и подход к их анализу должен быть различным.

Вероятностная ошибка не является грубой. Она не согласуется уже с основной выборкой, но еще не принадлежит другой генеральной совокупности. Вероятностная ошибка указывает, что в измерении наметился дестабилизирующий фактор, и траектория измерения имеет тенденцию выхода из настроенного уровня. Вероятностные результаты могут обрабатываться совместно с основной группой измерений специальными приемами (например, по принципу смешанных совокупностей).

Аномальная ошибка может возникнуть в результате резкой рассогласованности условий геодезических измерений. Она не отражает динамику запроектированного измерения, является образом совершенно другого фазового пространства, и результаты, геодезических измерений не могут совместно обрабатываться с основной группой измерений. Такие ошибки подлежат отбраковке.

В любом случае, анализируя природу грубых погрешностей, экспериментатор решает задачу об однородности собранной информации. Алгоритм оценки неоднородности результатов измерения основывается на вероятностных моделях, устанавливающих связь между структурой измерения и ее отображением в пространстве параметров.

С практической точки зрения задача оценки однородности двух выборочных распределений состоит в определении на основе эмпирических данных действительной вероятностной меры из семейства возможных вероятностных мер.

На этом основывается дальнейшее определение различимости вводимых вероятностных мер [1].

В качестве меры различимости вводится величина

$$\rho_1(P_1P_2) = \int_{-\infty}^{\infty} |f_1(x) - f_2(x)| dx, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 – вероятностные меры, принадлежащие одному множеству X ;

$f_1(x)$ и $f_2(x)$ – плотности распределения, характеризующие эти меры.

Расстояние $\rho_1(P_1P_2) = l(x)$ обращается в ноль, если плотности выборочных распределений совпадают, и принимает свое максимальное значение, равное 2, если плотности не пересекаются. Таким образом, $l(x)$ есть полная вариация меры $(P_1 - P_2)$.

Для удобства аналитических преобразований введем видоизмененную норму $(\sqrt{f_1(x)} - \sqrt{f_2(x)})$ в пространстве $l(x)$.

Тогда расстояние между вероятностными мерами определяется как

$$\rho_2^2(P_1P_2) = \int_{-\infty}^{\infty} (\sqrt{f_1(x)} - \sqrt{f_2(x)})^2 dx = 2 - 2 \int \sqrt{f_1 T_2} dx. \quad (2)$$

Величина $\rho_2(P_1P_2)$ может принимать значения в интервале $[0, \sqrt{2}]$, причем $\rho_2 = 0$ при $P_1 = P_2$ и $\rho_2 = \sqrt{2}$, когда $f_1(x) \times f_2(x) = 0$, что соответствует двум непересекающимся множествам $P_1(A_1) = P_2(A_2) = 1$.

Параметр ρ не зависит от выбора величины x , ибо расстояние сохраняется вне зависимости от выбора доминирующего значения аргумента.

Для любого x – измеряемого множества A справедливы,

неравенства

$$\left\{ \int_A \sqrt{f_1 f_2} dx \right\}^2 \leq \int_A f_1 dx \int_A f_2 dx; \quad (3)$$

$$\int_A \sqrt{f_1 f_2} dx \leq \sqrt{P_1(A) P_2(A)}.$$

Из неравенств (3) следует, что если существует разбиение множества X на конечное число непересекающихся множеств A_1, \dots, A_n , т.е. $X \bigcup_1^n A_2$ то

$$\int_A \sqrt{f_1 f_2} dx \leq \sum_{r=1}^n \sqrt{P_1(A_r) P_2(A_r)}.$$

Если $\Phi_{1n}(x_1, \dots, x_n) = f_1(x_1) f_1(x_2) \dots f_1(x_n)$,
 $\Phi_{2n}(x_1, \dots, x_n) = f_2(x_1) f_2(x_2) \dots f_2(x_n)$, то

$$1 - \frac{1}{2} \rho_2^2(\Phi_{1n}, \Phi_{2n}) \int \sqrt{\Phi_{1n} \Phi_{2n}} x(dx_1) \dots x_n(dx_n) =$$

$$= \left\{ \int \sqrt{f_1 f_2} x(dx_1) \right\}^n = \left\{ 1 - \frac{1}{2 \rho_2^2(f_1 f_2)} \right\}^n$$

и, следовательно, стремится к нулю при $n \rightarrow \infty$, если $f_1 \neq f_2$.

Таким образом, при $n \rightarrow \infty$ функция $\rho_2^2(\Phi_{1n}, \Phi_{2n}) \rightarrow 2$. Это значит, что если две функции эмпирического распределения различны, то при достаточно большом n можно добиться того, что величины ρ_2^2 или ρ близки к максимальному значению настолько, насколько мы этого захотим. Изложенные соображения можно применить к оценке значимости величины ρ между двумя дискретными эмпирическими распределениями [1].

Имеется генеральная совокупность объемом n с функцией распределения вероятностей P , в которой каждому значению случайной величины x соответствует вероятность P_k . Случайным образом берется выборка объемом n , с распределением вероятностей $P' = \{P'_1 P'_2, \dots, P'_k\}$, где $r = \overline{1, k}$ и $P'_r = n_r / n$. Вводится в рассмотрение величина

$$X_n^2 = \sum_1^k \frac{(n_r - nP_r)^2}{nP_r} = n \sum_{r=1}^k \frac{(P'_r - P_r)^2}{P_r}. \quad (4)$$

При $n = \infty$ величина (4) по вероятности сходится к распределению χ^2 с $k-1$ степенями свободы.

В соответствии с выражением (2) будем иметь

$$\begin{aligned} \rho_2^2(P, P') &= \sum_{r=1}^k \left(\sqrt{P'_r} - \sqrt{P_r} \right)^2 = \sum_{r=1}^k \frac{(P'_r - P_r)^2}{\left(\sqrt{P'_r} + \sqrt{P_r} \right)^2} = \\ &= \frac{1}{4} \sum_{r=1}^k \frac{(P'_r - P_r)^2}{P_r} \left[1 - \frac{\left(\sqrt{P'_r} + \sqrt{P_r} \right) \left(\sqrt{P'_r} + 3\sqrt{P_r} \right)}{\left(\sqrt{P'_r} + \sqrt{P_r} \right)^2} \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

Несложные преобразования приводят к выражению

$$4n\rho^2 = n \sum_{r=1}^k \frac{(P'_r - P_r)^2}{P_r} (1 - \varepsilon_r), \quad (6)$$

$$\text{где } |\varepsilon_r| \leq \frac{3|\sqrt{P'_r} - \sqrt{P_r}|}{\sqrt{P'_r} + \sqrt{P_r}} \rightarrow 0 \text{ при } P'_r \rightarrow P_r.$$

Ясно, что при $n = \infty$, $\varepsilon_r = 0 \subset P = 1$.

Рассмотрим две выборки с параметрами $P_{1n} = \frac{n_{1r}}{n_1}$, $P_{2n} = \frac{n_{2r}}{n_2}$.

Мерой различимости двух выборочных совокупностей является величина

$$X_{n_1 n_2}^2 = n_1 n_2 \sum_{r=1}^k \frac{(n_{1r} / n_1 - n_{2r} / n_2)^2}{n_{1r} + n_{2r}},$$

имеющая распределение χ^2 .

Квадрат расстояния между этими выборками определим из выражения

$$\rho^2 = \sum_{r=1}^k \left(\sqrt{P_{1r}} - \sqrt{P_{2r}} \right)^2 = \frac{n_1 + n_2}{4} \sum_{r=1}^k \frac{(P_{1r} - P_{2r})^2}{n_1 P_{1r} + n_2 P_{2r}} (1 - \varepsilon_r), \quad (7)$$

При $n_1 = n_2 = n$ получаем для $X_{n,n}^2$ выражение, аналогичное (4), а расстояние между выборочными совокупностями вычисляется по формуле

$$\rho^2 = \frac{1}{2} \sum_{r=1}^k \frac{(P_{1r} - P_{2r})^2}{P_{1r} + P_{2r}} \left[1 + \frac{\left(\sqrt{P_{1r}} - \sqrt{P_{2r}} \right)^2}{\left(\sqrt{P_{1r}} + \sqrt{P_{2r}} \right)^2} \right]. \quad (8)$$

Очевидно, что $X_{n,n}^2 \leq 2n\rho^2 \leq 2X_{n,n}^2$.

Практическое применение изложенных соображений заключается в вычислении $\rho_{\text{эмп}}^2$ по формуле (8). Из таблиц распределения χ^2 выбирается значение $\chi_{\text{табл}}^2$ которое сравнивается с $\rho_{\text{эмп}}^2$. Если $\rho_{\text{эмп}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ делается вывод о существенности расхождений выборочных совокупностей, а следовательно, о неоднородности смешиваемых групп.

Для проверки теоретических положений анализируется совокупность невязок треугольников триангуляции 2-го класса объемом 170 единиц, из которой образовывались выборки примерно равных объемов (по 29 невязок, примерно такое число приходится на одну трапецию масштаба 1:100000). Было проанализировано 15 различных комбинаций триангуляции 2-го класса и 6 комбинаций триангуляции 1-го класса с триангуляцией 2-го класса. По общим правилам статистических вычислений выборка разбивалась на 16 интервалов, строилась гистограмма эмпирического распределения, после чего подсчитывалась частота попадания невязки определенной величины в фиксированный интервал. Частоты принимались за эмпирические вероятности, которые подставлялись в формулу (8). По таблицам χ^2 распределения по принятой доверительной вероятности выбирают $\chi_{\text{табл}}^2$ и, если $\rho^2 < \chi_{\text{табл}}^2$, гипотеза об однородности анализируемых выборочных совокупностей принималась, а в противном случае –

отвергалась.

Проверка однородности двух центров выборочных распределений по критерию Стьюдента:

$$t = \frac{v_1 - v_2}{\sqrt{n(\sigma_1^2 \sigma_2^2)}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}. \quad (9)$$

Так как $t_{\text{расч}} < t_{\text{табл}}$, следует вывод об однородности выборочных центров распределения.

Проверка однородности выборочных дисперсий по критерию Фишера:

$$F = \frac{m_1^2}{m_2^2}. \quad (10)$$

Так как $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$ то следует вывод об однородности двух выборочных дисперсий. Таким образом, критерий эмпирического расстояния дополняет арсенал вероятностных методов анализа выборочных совокупностей и по своей эффективности не уступает классическим критериям.

Литература

1. Сухов А.Н. Системный анализ геодезических измерений. /А. Н. Сухов/ – М.: Недра, 1991. – 325с.

УДК 528.48

**ПОСТРОЕНИЕ СЕТИ ТРИАНГУЛЯЦИИ И
СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ УРАВНИВАНИЯ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**CONSTRUCTION OF THE NETWORK OF THE
TRIANGULATION AND EXISTING METHODS OF
EQUALIZING OF GEODNZICHESKY NETWORKS**

**Ужвиева Е.Н., к.т.н., доц., (Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет, г. Харьков)**

**Uzhvieva E.N., Ph. D. of Engineering, Associate Professor (Kharkiv
National Automobile and Highway University, Kharkiv)**

В работе рассмотрены существующие методы уравнивания геодезических сетей. Комбинирование точных способов уравнивания (в пределах каждой типовой фигуры) с приближенными (между фигурами) увеличивает скорость сходимости по сравнению с другими итерационными методами.

In article existing methods of equalising of geodetic networks are considered. The combination of exact ways of equalising (within each typical figure) with confidants (between figures) increases speed of convergence in comparison with other iterative methods.

Ключевые слова: сеть триангуляции, геодезические измерения, методы уравнивания сетей, поправки функций

Keywords: triangulation network, geodetic measurements, methods of equalising of networks, amendments of functions

Существующие методы уравнивания геодезических сетей должны обеспечивать необходимую точность и строгость результатов, удовлетворяющих требованиям геодезических измерений.

Одним из таких методов является описываемый ниже комбинированный метод уравнивания геодезических сетей. Он основан на сочетании строгого и итерационного методов уравнивания. При этом строго уравниваются отдельные группы

условных уравнений, входящих в типовые фигуры, образующие геодезическую сеть (треугольники, геодезические четырехугольники, центральные системы, цепочки треугольников – в триангуляции; отдельные ходы и замкнутые полигоны – в полигонометрии и нивелировании), а итерациями их совместное уравнивание.

Суть метода заключается в следующем. Пусть геодезическая сеть состоит из N типовых фигур, каждая из которых включает r условных уравнений с n неизвестными.

Тогда для каждой i -той фигуры ($r = 1, 2, 3, \dots, N$) можно составить следующую группу условных уравнений:

$$A_i V_i + W_i = 0 \quad (1)$$

где

$$A = (a_{i,j}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$$V = (v_{i,j})_{r \times n} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_n \end{pmatrix}, \quad W = (w_{i,j}) = \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{pmatrix}$$

решение которой проводится строго по МНК отдельно от других под условием

$$V_i^T Q_{x_i}^{-1} V_i = \min.$$

В результате уравнивания первой фигуры будут найдены первичные поправки первого приближения, входящие в данную группу неизвестных x_n :

$$V_i = -Q_{x_i} A_i^T Q_{k_i} W_i, \quad (3)$$

где Q_{x_i} – матрица обратных весов измеренных величин i -той фигуры;

$Q_{k_i} = N_i^{-1}$ – ковариационная матрица коррелят этой группы;

$$N_i = A_i Q_{x_i} A_i^T \text{ – матрица нормальных уравнений.}$$

После исправления измеренных величин первичными поправками первой фигуры приступают к уравниванию второй фигуры, предварительно исправив в ней измеренные величины, входившие в первую фигуру, и подсчитав новые свободные члены. Затем аналогичным образом переходят к третьей фигуре и т.д., последовательно уравнивая все типовые фигуры.

После этого приступают ко второму приближению, начиная с первой фигуры, получая вторичные поправки и проводя весь цикл уравнивания в таком же порядке, как и в первом приближении. Затем начинают третье приближение и т.д. до тех пор, пока свободные члены всех условий не станут равными нулю или поправки с заданной точностью не станут повторять друг друга. Каждое новое приближение сводится только к вычислению новых свободных членов и по ним – соответствующих поправок, так как значения коэффициентов A_i и ковариационных матриц остаются без изменений. Окончательные поправки измеренных величин будут

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (4)$$

При этом под V_n понимаются как поправки измеренных величин (аргументов) x , так и их функций вида $y = ax + l$.

Поправки функций обычно находятся на завершающем этапе уравнивания каждой фигуры и в последнем приближении. Это более удобно экономически в тех случаях, когда из уравнивания требуется определить какие-либо функции измеренных величин (азимуты, длины сторон, координаты), а не сами аргументы.

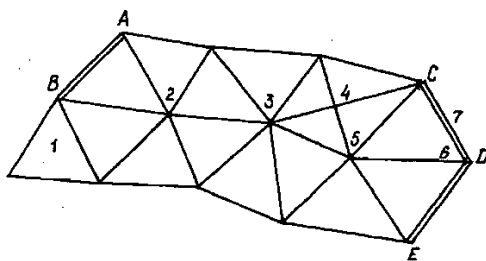


Рис. 1. Сеть триангуляції

Например, для сети триангуляции, показанной на рисунке 1, порядок уравнивания может быть принят такой: последовательно уравниваются фигуры 1 – треугольник, 2 – центральная система, 3 – центральная система, 4 – геодезический четырехугольник, 5 – центральная система, 6 – цепочка треугольников от базовой стороны CD к базовой стороне DE , образующая вставку в базовый угол и сторону, цепочка треугольников между базовыми сторонами AB и CD –7.

Аналогично выполняются второе, третье и т.д. приближения.

Варианты уравнивания такой сети могут быть и другими. Например, сначала последовательно по фигурам уравниваются приближения угловые условия, а затем в таком же порядке синусные. Возможны и другие варианты уравнивания подобных сетей.

Уравнивание типовых фигур удобнее всего производить методом последовательного уравнивания функций с использованием формул обобщенного весового среднего и стандартных программ вычисления геометрических весов (ковариационных матриц) [1]:

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n P_j x_j}{\sum_{j=1}^n P_j} = \frac{\sum_{j=1}^n \prod_{j=1}^n Q_j x_j}{\sum_{j=1}^n \prod_{j=1}^n Q_j}, \quad (5)$$

или определения поправок к измеренным величинам в виде

$$\bar{x}_i = x_i + v_{x_i}$$

$$v_{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^n \prod_{j=1}^n Q_j(-W_r)}{\sum_{j=1}^n \prod_{j=1}^n Q_j}, \quad (6)$$

где x_i, x_j – измеренные и уравненные величины или их функции;

P_j и Q_j – соответствующие элементы матриц геометрических и обратных геометрических весов;

W_r – невязки условных уравнений;

v_{x_i} – поправки измеренных величин или их функций;

$j = 1, 2, 3, \dots, n$, $r = 1, 2, 3, \dots, (n-1)$, $i = 1, 2, 3, \dots, N$, – порядковый номер функции.

Поправки могут вычисляться и по формуле

$$v_{x_i} = \sum_{r=1}^j q_i a_{ir} \frac{\sum_{s=1}^j Q_{rs}(-W_r)}{\sum_{r,s=1}^j Q_{rs} \sum_{i,j=1}^n q_i a_{ir} a_{js}}, \quad (7)$$

где $r, s = 1, 2, 3, \dots, j$ – число случайных последовательностей;

q_i – обратные веса неизвестных;

a_{ir} – коэффициенты условных уравнений.

В каждой типовой фигуре уравниваются сначала более простые условия (например, угловые – в триангуляции), а затем с учетом уже уравненных аргументов – искомые функции. Их геометрические (обратные геометрические) веса обычно известны заранее или подсчитываются в таком же порядке, в каком производится уравнивание, т.е. при переходе от функции к функции они вычисляются по соответственно преобразованным коэффициентам условных уравнений. Невязки же определяются с

учетом уже урavnенных аргументов и функций.

Сходимость описанного итерационного процесса будет лучше других аналогичных методов, так как каждая типовая фигура включает большое число неизвестных, а смежные фигуры лишь частично перекрывают друг друга. Это является важным условием быстрой сходимости итераций. Комбинирование точных способов урavnивания (в пределах каждой типовой фигуры) с приближенными (между фигурами) увеличивает скорость сходимости по сравнению с другими итерационными методами.

Кроме того, описанный порядок урavnивания тождественен приведению системы линейных урavnений к одному нормальному урavnению с одним неизвестным вектором, поэтому в нем всегда соблюдается достаточное условие сходимости итерационного процесса, а именно:

$$|a_{ij}| > \sum_{i,j=1}^n |a_{ij}| \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (8)$$

все неквадратичные коэффициенты a_{ij} равны нулю.

Удобство этого метода состоит в том, что он не требует составления условных и нормальных урavnений или урavnений ошибок, так как для типовых фигур разработано много простых методов строгого урavnивания без составления указанных урavnений. Как было отмечено выше, ковариационные матрицы у каждой такой фигуры имеют неизменную структуру, легко преобразующуюся в формулы рекуррентного вида, удобные для составления стандартных программ.

Литература:

1. Гайдаев П.А. Урavnивание триангуляции. /П. А. Гайдаев/ – М.: Геодезиздат, 1960. – 259 с.

УДК 69.057:658.152

СУЧАСНА ПАРАДИГМА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВНИЦТВА ЯК ЗАСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

THE MODERN PARADIGM OF CONSTRUCTION ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY AS A MEANS TO ENSURE EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION PROJECTS

Чернишев Д.О., к.т.н., доц. (КНУБА, м. Київ)

Chernyshov D.O., Ph.D., senior lecturer (Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv)

У статті розглянуто передумови оновлення сучасної парадигми організаційно-технологічного планування будівельного виробництва, її зміни у відповідності до сучасного розуміння забезпечення комплексної надійності, як мультиплікативного потоку множини ключових показників проекту.

The article discusses the background and main aspects need to update modern paradigm of construction organizational and technological planning, it changes according to the current understanding of providing comprehensive reliability construction projects realization as flow multiplier set of key indicators of a project. Considered flaws of one of the most common methodology in prior definition of organizational and technological reliability of the construction project, which belongs to the single-purpose optimization problems and concerns predicting the probability of an execution process with given parameters.

Ключові слова: організаційно-технологічна надійність, будівельний проект, відмова, процес, параметрична оцінка

Keywords: organizational and technological reliability, construction project, the rejection process, parametric evaluation

Новітня теорія надійності розвивається, як засіб вирішення сучасних і абсолютно нових викликів, що постають у процесі виникнення, розвитку та оновлення технічних, організаційних, економічних та управлінських систем. Розроблено численні практичні методи забезпечення надійності систем різного типу та функціонального призначення на стадії їх проектування, створення і експлуатації.

У загальноприйнятому розумінні зазначеної теорії поняття «надійність» розглядається, як необхідна здатність виконувати певне завдання або, як імовірність виконання певної функції, або функцій протягом заданого терміну в існуючих умовах, тобто, як безвідмовність виконання проектних дій. Безвідмовність - властивість системи безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання. А працездатність - потенційна можливість виконувати необхідну діяльність на заданому рівні ефективності протягом певного часу.

Усі три вищенаведені категорії мають часову характеристику і вказують на необхідність зберігати працездатний стан тільки на протязі певного визначеного часу, що вказує на доцільність збереження та підтримки дієвого стану тільки в певні, визначені календарні терміни. Також, «надійність» додатково має імовірнісну характеристику, яка вказує на здатність забезпечення необхідного результату, але не на гарантію його досягнення. Тому, оскільки надійність представляє собою імовірність, для її оцінки застосовуються статистичні характеристики.

Стосовно особливостей та унікальних властивостей будівельного виробництва, надійність виконання будівельних процесів характеризується технологічними та організаційними заходами її забезпечення. Розробці методологічного підґрунтя організаційно-технологічної надійності (ОТН) будівельних процесів та проектів будівельної галузі присвячена значна кількість робіт, серед яких слід згадати російську наукову школу Гусакова А.А. і Гінзбурга А.В. [1], власне в якій у 1972 році Гусаковим А.А. вперше було запропоновано термін «організаційно-технологічна надійність» для будівельної галузі. ОТН розглядалась, як здатність організаційних та технологічних рішень забезпечувати досягнення заданого результату будівельного виробництва в умовах випадкових збурень, властивих будівництву, як складної стохастичною системою [2].

На протязі 1970-80 рр. професором Гусаковим А.А. та його послідовниками було проведено цикл наукових і проектно-експериментальних робіт зі створення теорії та методології організаційно-технологічної надійності будівництва. Були розширені поняття і методи математичної теорії надійності, розроблені для автоматики, радіоелектроніки та інших складних технічних систем зі стаціонарними режимами. Але, розробки Гусакова А.А. стосуються переважно умов, які були притаманні радянській галузі будівельного виробництва та процесам організації будівництва, які є характерними для того часу та оточення. Тому створена науково-теоретична база не враховує ринкових економіко-управлінських та організаційно-технологічних передумов формування сучасних обмежень та вимог до будівельних проєктів, які і визначають переважну кількість виникнення відмов та впливають на загальну надійність систем будівельного виробництва.

Вона також не враховує важливу в економіко-управлінському розумінні диференціацію таких, безумовно, різних відмов, як тимчасові відхилення параметрів системи від проектних значень, які здатні самоусуватися та впливають на систему проєкту тимчасово і мають переважно часові і вартісні наслідки - з одного боку, і можливий стовідсотковий вихід системи із функціонального становища - з іншого.

Ще одним напрямком комплікації питання сучасного організаційно-технологічного забезпечення будівництва, є те, що останнім часом, різке ускладнення систем будівельного виробництва призводить до збільшення кількості параметрів та елементів будівельних проєктів (постачальників, виконавців, матеріалів, технічного оснащення тощо), що, відповідно до одного з ключових законів теорії надійності, знижує надійність всієї системи у геометричній прогресії пропорційно до кількості розрахункових параметрів і елементів.

Таким чином, необхідність полягає в вдосконаленні існуючої парадигми ОТН будівництва, її зміни у відповідності до існуючих ринкових відносин у будівництві, сучасного розуміння забезпечення комплексної надійності реалізації будівельних проєктів, як мультиплікативного потоку множини ключових показників проєкту, який значною мірою залежить від взаємопов'язаних між собою організаційного, технологічного,

економічного та управлінського потоків, що і обумовлює відповідну задачу наукових досліджень та визначає напрямки вирішення поставленої задачі.

Основною принциповою відмінністю організаційно-технологічної надійності у будівництві від надійності інших складних технічних систем є те, що надійність будівельного виробництва характеризується в першу чергу, як надійність результатів діяльності, коли надійність технічних систем розглядається, як надійність функціонування технічних елементів та складових цих систем. Саме тому, на відміну від більшості складних технічних систем, які розглядаються загальною теорією надійності, системи будівельного виробництва характеризуються не повними, а частковими відмовами (збоями у будівельних та пов'язаних із ними процесах, зазвичай із порушенням календарних строків та вартості будівництва), які усуваються в процесі функціонування системи. Складність такої природи та типу відмов полягає у тому, що параметри системи істотно відхиляються від проектних, але для визначення величини цих відхилень математичні методи згаданої теорії надійності неприйнятні. А кількість та різноманітність характеристик, параметрів, елементів і складових будівельного проекту, які потребують врахування на стадії обґрунтування та розробки проектної документації і проектних пропозицій пояснює те, що будівельні системи значно складніше технічних систем, а, таким чином, потребують спеціалізованих методів та моделей аналізу, оцінки і забезпечення ОТН будівельних проектів.

Якщо більш детально розглянути джерела походження відмов, що виникають, та, таким чином, негативно впливають на рівень ОТН будівництва і ефективність впровадження будівельного проекту, слід зазначити, що технологічні відмови це часткове або повне припинення будівельного процесу чи відразу групи будівельних процесів за технічною ознакою, яке приводить до відхилення фактичних параметрів від проектних. Щодо організаційної відмови, то це виникнення певної події або ситуації із ознаками організаційного, управлінського або економічного походження, в результаті якої встановлені проектні параметри і терміни виконання проектних дій відхиляються від фактичних.

Таким чином, організаційна надійність - це здатність організаційних, управлінських, економічних рішень із заданою

імовірністю забезпечити отримання запланованого результату функціонування будівельного процесу в стохастичних умовах реалізації проекту, що властиво будівельному виробництву. В основу організаційної надійності закладена здатність таких рішень пов'язувати виконання будівельних процесів, щоб в разі виникнення відхилень було забезпечено їх функціонування. При цьому ключові показники виконання будівельних процесів не повинні перевищувати проектних значень.

В свою чергу, організаційна надійність базується на технологічній, яка повинна забезпечувати безперебійне функціонування будівельних процесів і при впливі технічних факторів не виходити за припустимі проектом межі.

Ключові показників виконання будівельних процесів та їх припустимі межі повинні кореспондувати із рівнем ОТН системі «виконавець-проект», забезпечувати цілісність і зрозумілість сприйняття показника ОТН та розглядатися, як параметри оцінки виконання договірних умов перед іншими учасниками проекту, що у будівельному виробництві відповідає календарним та вартісним показникам виконання будівельних процесів.

Затримка або зрив календарних термінів виконання проектів у будівництві або збільшення їх вартості обумовлюється дуже великим переліком факторів впливу, але однією з основних причин, а іноді навіть і головною є недостатній рівень організаційно-технологічної надійності системи «виконавець-проект», тобто «будівельна організація – будівельний проект». Саме у системі координат «виконавець-проект» виникають динамічні зони перетину проектних вимог, рішень і заходів та можливостей і проектно-договірних зобов'язань виконавця (рис. 1), що у підсумку і забезпечує ефективне виконання проекту із заданими характеристиками.

З рисунку 1 видно, на практиці не можливе 100% виконання проектних дій виключно у межах зон співпадіння (складові вектору Z_p^v), що обумовлено їх динамічністю та імовірнісною природою параметрів, які їх характеризують, як у оточенні проекту, так і у оточенні виконавця (будівельної організації) та стохастичністю координат усіх точок перетину та зон співпадіння.

Імовірнісний характер точок перетину (ключових проектних рішень або дій) та зон співпадіння (зон реалізації проектних дій та

рішень) зайвий раз доводить, що процес будівництва складний та багатогранний і для його забезпечення вирішується безліч завдань різного ступеня складності.

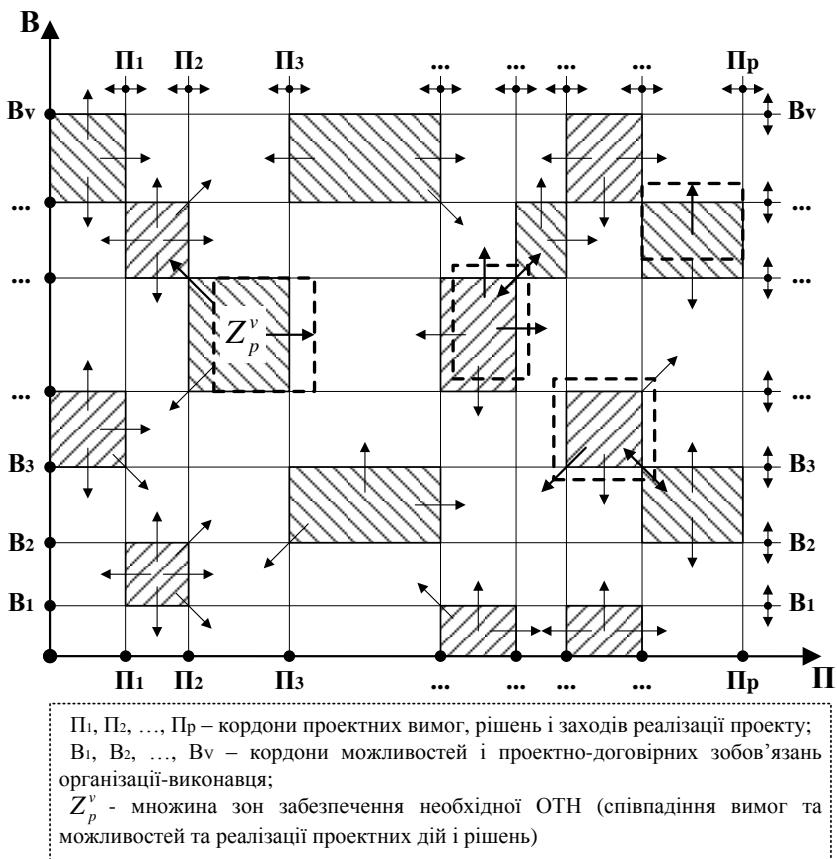


Рис.1. Множина зон забезпечення організаційно-технологічної надійності у системі «будівельний проект-будівельна організація»

У ряді випадків єдиною можливим інструментом пошуку розташування наведених точок та зон перетину і вирішення завдань забезпечення ОТН будівельного проекту є методи математичного моделювання на всіх етапах життєвого циклу проекту. Їх розробці і дослідженню присвячено значну кількість робіт [2-5].

Так, у завданнях параметричної оцінки будівельних проектів на різних стадіях життєвого циклу основну роль відіграють різноманітні методи дослідження і, в першу чергу, це оптимізаційні моделі, імовірнісні та статистичні методи, методи аналізу складних систем, а також імітаційне моделювання. На передпроектній стадії проекту математичне моделювання дозволяє в ряді випадків дати прийнятні оцінки інтегральних технічних, часових, вартісних характеристик і, як результат, спрогнозувати їх імовірність, виявити їх залежність від проектних рішень.

На етапі реалізації будівельного проекту на перший план висувається математичне моделювання організаційно-технологічних та економіко-управлінських рішень будівельних процесів, що дозволяє визначити фактичні характеристики, порівняти їх із апріорними характеристиками проекту та виробити проектні рекомендації щодо корегування проектних дій у разі необхідності, та визначити фактичне значення ОТН системи «виконавець-проект».

Так, наприклад, один з найпоширеніших підходів у апріорному визначенні ОТН будівельного проекту відноситься до задачі одноцільової оптимізації і стосується прогнозування імовірності виконання із заданим параметром (наприклад, завершення будівельного проекту у заданий термін). У цьому випадку, для визначення ОТН у системі координат «виконавець-проект», розглядається статистична інформація про проекти, в яких брав участь виконавець та на підставі отриманого статистичного матеріалу визначається рівень ОТН (P_{OTN}) будівельного проекту як імовірність p виконання робіт з апріорною тривалістю T , що не перевищує заданої тривалості проекту T_{Π} : $P_{OTN} = p (T < T_{\Pi})$.

Нескладно побачити, що у вищевикладеній методиці міститься низка недоліків, яка обумовлюється труднощами у підготовці, наборі і обробці попередньої статистичної інформації про проекти, в яких брав участь виконавець, навіть, якщо останній таку інформацію надав у повному об'ємі. Якщо виконавець ще не мав достатньо виконаних проектів, які схожі на той, що розглядається і аналізується, статистична інформація буде невичерпна і, відповідно, величина імовірності буде мати низьку достовірність. Якщо ж виконавець має достатню кількість виконаних проектів і існує необхідний об'єм накопиченої статистичної інформації щодо будь-яких параметрів і характеристик їх фактичної реалізації, і така

інформація може вважатися достовірною статистичною вибіркою, постають питання врахування особливостей і умов реалізації конкретного проекту під час моделювання його апріорних характеристик та подальшого порівняння із статистичним показниками попередніх проектів, які мали інші особливості, умови реалізації і унікальні непередбачені проектною документацією виробничі ситуації, які виникли і були подолані саме у тих виконаних проектах.

Безумовно, показник $R_{ОТН}$, який знайдений з умовами останнього прикладу, має свою певну користь і у випадку багатоцільової оптимізації проектних рішень послугує, як додаткова апріорна інформативна одиниця у вирішенні питань, пов'язаних із доцільністю реалізації будівельного проекту, надійності запропонованих проектних рішень, можливості усунення імовірних відхилень тощо. Але, і для першого наведеного прикладу, і, навіть, для другого, згадана методика із наведеними обмеженнями і недоліками унеможливує достовірне визначення рівня ОТН для окремої проектної характеристики, що також додатково звужує область можливих випадків і знижує достовірність оцінки.

Таким чином, один з найпоширеніших підходів у апріорному визначенні ОТН не може розглядатися, як самодостатня та надійна для визначення рівня ОТН системи «виконавець-проект» і прийняття рішення щодо необхідності включення проекту, що розглядається, до портфелю проектів будівельної організації.

1. Гусаков А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1974. – 252 с.

2. Организационно-технологическая надежность строительства / [А.А. Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В. Гинсбург и др.]; под ред. А.А. Гусакова. – М.: Sv R – Аргус, 1994 – 472 с.

3. Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве / В. Р. Млодецкий, Р. Б. Тянь, В. В. Попова, А. А. Мартыш. – Днепропетровск : Наука и образование, 2013. – 193 с.

4. Антипенко Е. Ю. Принципы анализа капитальных вложений / Е.Ю. Антипенко, В.И. Доненко. - Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. - 420 с.

5. Кузнецов С. М. Организационно-технологическая надежность строительных процессов / С. М. Кузнецов, О. А. Легостаева, О. Ю. Михальченко и др. // Изд. вузов. Строительство. - 2008. - № 6. - С. 57–65.

УДК 539.3

**ДО ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ НОВИХ НЕКЛАСИЧНИХ
ТЕОРІЙ ЗГИНУ ОБОЛОНОК, ПЛАСТИН ТА БАЛОК (огляд)
Повідомлення 3. Ітераційні та прямі методи приведення
тривимірних рівнянь теорії пружності до двовимірних
рівнянь теорії товстих плит**

**TO THE PROBLEM OF DEVELOPING NEW NON-KLASSICAL
THEORIES OF BENDING OF SHELS, PLATES AND BEAMS
(review)**

**Message 3. Iterative and direct methods of bringing data three-
dimensional equations of theory of elasticity to two-dimensional
equations of theory of thick plates**

**Шваб'юк В.І., д.т.н., проф., Ротко С. В., к.т.н., доц., Шваб'юк В.В.,
к.т.н., доц. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)**

**Shvabyuk V.I., Doctor of Engineering, Professor, Rotko S.V., Ph.D. in
Engineering, Associate Professor, Shvabyuk V.V., Ph.D. in Engineering,
Associate Professor, (Lutsk National Technical University, Lutsk)**

Робота є продовженням статей, викладених у повідомленнях 1, 2 попереднього видання (№ 5, 2016), де розглядалися принципи побудови класичної та уточнених деформаційних теорій першого та вищого рівнів для оболонок, пластин і балок. У даній статті виконується огляд робіт, у яких застосовуються ітераційні та прямі методи зведення тривимірних рівнянь теорії пружності до двовимірних рівнянь теорії товстих плит і теорій плит середньої товщини, а також способи оцінки точності таких досліджень.

The work is a continuation of the articles contained in the messages 1, 2 of the previous edition (No. 5, 2016), which addressed the principles of classical and refined theories of deformation of the first and highest levels for shells, plates and beams. This article is a survey of works that use iterative and direct methods data three-dimensional equations of theory of elasticity to two-dimensional equations of theory of thick plates and the theory of plates of medium thickness, as well as ways to assess the accuracy of these studies.

Ключові слова: ітераційні та прямі методи, теорії товстих плит і оболонки, напівобернений метод.

Keywords: iterative and direct methods, theory of plates of medium thickness, semi-inverse method.

1. Ітераційні методи приведення тривимірних рівнянь теорії пружності до двовимірних рівнянь теорій плит середньої товщини

Ітераційними методами, за допомогою яких можна здійснювати певну кількість наближень для побудови більш точних моделей оболонок і пластин, користалося багато авторів, наприклад, [1-8]. Вибираючи за початкові вирази для переміщень (деформацій) чи напружень (залежно від того, який метод вибирався за початковий — метод гіпотез, чи напівобернений метод) та використовуючи відповідні співвідношення класичної теорії Кірхгофа – Лява або теорії Рейсснера і застосовуючи рівняння закону Гука та рівняння рівноваги Нав'є, або один із варіаційних принципів, автори отримували нові уточнені залежності теорій згину оболонок і пластин. Далі, уже знайдені уточнені величини, знову “пропускалися” через згадані вище рівняння теорії пружності до тих пір, доки їх точність не наближалася до певних значень відповідних величин у тестових задачах тривимірної теорії пружності.

Такою методологією (сукупно із напівоберненим методом) користувалися С.О. Амбарцумян [1], А.В.Колос [2] та інші дослідники [3-8] для побудови теорій оболонок і пластин другого та вищих наближень. Пізніше, В.В.Пікуль [3] та В.А. Родіонова [4] для цієї мети застосували ітераційний метод, але вже із додатковим використанням методу зважених нев'язок. Останній можна вважати мірою точності кожного наступного наближення порівняно із просторовою задачею. Ними були розроблені нові моделі оболонок і пластин, які дозволяють сформулювати енергетично узгоджені статичні та кінематичні гіпотези, використовуючи різні способи мінімізації нев'язок.

Ітераційний метод був використаний також і О.О. Рассказовим [5], В.Г. Піскуновим [6] та їх учнями [7]. Ними побудована теорія однорідних і шаруватих ортотропних оболонок другого наближення. Зокрема, В.Г. Піскуновим [6] була розроблена статична та динамічна теорії для шаруватих трансверсально-ізотропних

оболонок і пластин. Згідно цих теорій компоненти вектора переміщень у загальному вигляді поліномів п'ятого степеня для тангенціальних переміщень і четвертого — для нормального за координатою z . Коефіцієнти біля доданків таких поліномів є функції навантаження на лицевих поверхнях плити, а також невідомі функції.

Розрахункові рівняння, граничні умови та співвідношення пружності в запропонованій моделі отримуються із варіаційного принципу Лагранжа. Загальний порядок системи диференціальних рівнянь для оболонки складає 16, а в частковому випадку пластини цей порядок знижується до 12.

Ітераційний метод був поширений також О.В. Гориком, В.Г. Піскуновим та В.М. Чередніченком [7] на розробку нових зсувних моделей дискретно-неоднорідних композитних брусів. Структура рівнянь, кількість яких залежить від кількості кроків в ітераційному процесі, дозволяє аналізувати задачі згину та зсуву, уточнюючи НДС самозрівноваженими напруженими станами.

В.І. Зубком та В.М. Шопою, у рамках побудованої ітераційної моделі [8], розроблені методики розрахунку напружено-деформованого стану пакетів трансверсально-ізотропних пластин із урахуванням зон зчеплення, проковзування та відлипання, де враховано обтиснення та вплив дотичних напружень на поверхнях пластин.

Проблемі коректності розвитку компонент вектора переміщень у ряди за функціями від координати z присвячена робота В.В.Васильєва та С.А. Лур'є [9]. Ними виведені умови коректності, через узгодження чисел наближень у заданих рядах для тангенціальних і вертикальної компонент вектора переміщень, як для пластин, так і для оболонок.

2. Прямі методи приведення тривимірних рівнянь теорії пружності до двовимірних рівнянь теорії товстих плит

Поширеними методами зведення тривимірних рівнянь теорії пружності до двовимірних рівнянь теорії товстих плит є методи безпосереднього інтегрування рівнянь тривимірної задачі теорії пружності. Такими є асимптотичні методи, методи розкладу за товщиною координатою і символічний метод, які базуються на однорідних розв'язках.

Асимптотичний метод інтегрування тримірної задачі був використаний та описаний у роботах І.І. Воровича [10], А.Л. Гольденвейзера [11], Л.А. Агаловяна [12], О.К. Аксентян і Ю.А. Устінова [13] та їх учнів. В основу цього методу покладено розвинення у ряди за степенями деякого малого параметра, який залежить в основному від відносної товщини та пружних властивостей у поперечному напрямку пластини чи оболонки.

Зокрема, Л.А. Агаловяном [12] досліджено вплив фізичних характеристик ортотропного матеріалу на розрахункові рівняння та крайові умови, а також можливі похибки класичної і прикладних теорій, де стосовно кожного з наближень мають формуватися також і відповідні граничні умови.

О.С. Космодаміанським та В.А. Шалдирваном [14] були отримані розв'язки задач напружено-деформованого стану товстих трансверсально-ізотропних плит (також і багатозв'язних), при симетричному та косиметричному навантаженні. Зокрема, В.А. Шалдирваном [15] використані представлення для компонент вектора переміщень у вигляді рядів за поперечною координатою, де коефіцієнтами є певні функції, що виражаються через деяку потенціальну функцію, яку у першому наближенні можна вважати за нормальне переміщення серединної поверхні плити. Першим наближенням такої теорії є теорія С.О. Амбарцумяна із сумарним шостим порядком диференціальних рівнянь рівноваги. Наступне наближення має вже 12 порядок диференціальних рівнянь і вимагає задоволення шести граничних умовам. Ще вище наближення має 18 порядок і т.д.

Запропонований у сорокових роках І.М. Векуа [16] метод зведення задач теорії пружності до двомірних задач для пружних плит полягає у розкладанні переміщень і напружень у пластинах та оболонках у ряди за поліномами Лежандра. Цей метод дістав значний розвиток (у різних варіантах) у роботах В.В. Понятовського [17], А.П. Прусакова [18] А.В. Плеханова [19], В.І. Гуляєва, В.А. Баженова, П.П. Лізунова [20], Б.Л. Пелеха і М.А. Сухорольського [21], В.А. Сало [22], І.Ю. Хоми [23], В.К. Чибірякова [24] та інших. В.В. Понятовський [25],

використавши для основних напружень $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ метод розвинення їх у нескінченні ряди за поліномами Лежандра та застосувавши варіаційний принцип Кастиліано, отримав

розрахункові рівняння, де першим наближенням (з точністю до членів із множниками $(h/a)^2$) є теорія Е.Рейсснера.

Узагальнення даного методу для трансверсально - ізотропних та ортотропних оболонок і пластин з отворами та тріщинами для силових і температурних навантажень можна знайти у працях І.Ю. Хоми [23] при дослідженні напружень в околі отворів у товстих плитах і плитах змінної товщини. В.І. Гуляєв, В.А. Баженов та П.П. Лізунов [20], використовуючи рівняння неklasичної моделі пластин і оболонок, знайшли їх застосування для розв'язання низки інженерних задач.

І.Ю. Хомаю [23] на основі варіаційного принципу Гамільтона-Остроградського побудовано лінійні та геометрично нелінійні рівняння руху та рівняння статичної анізотропних оболонок і пластин, де компоненти вектора переміщень і тензора напружень записуються у вигляді рядів Фур'є - Лежандра. Загальні розв'язки для трансверсально-ізотропних оболонок і пластин складаються із трьох типів розв'язків: бігармонічного, потенціального та вихрового.

Необхідно при цьому зауважити, що врахування у розкладах компонент напружено-деформованого стану поліномів Лежандра високих порядків ($n \geq 3$) здійснено А.П. Прусаковим [18] та А.В. Плехановим [19] за допомогою енерго-асимптотичного методу при розробці ітераційної моделі високої точності для однорідних трансверсально-ізотропних оболонок і пластин. За допомогою змішаного варіаційного принципу Е. Геллінгера-Пранге-Рейсснера побудовані рівняння рівноваги та записані відповідні граничні умови та співвідношення пружності. Дана теорія враховує деформації поперечного зсуву, стискання і нелінійність зміни НДС за товщиною пакету шарів.

В.А. Сало у монографії [22] запропонував і чисельно реалізував метод розв'язання крайових задач статично навантажених ортотропних пластин з отворами довільної форми та розмірів, що базується на загальних рівняннях теорії пружності, змішаному варіаційному принципі Геллінгера-Пранге-Рейсснера, а також методі І.М. Векуа та теорії R-функцій. У працях А.Г. Зеленського [26] використано метод взаємозв'язаних рівнянь А.П. Прусакова для трансверсально-ізотропних пластин у побудові розрахункових рівнянь оболонок з урахуванням наближень вищих

порядків поліномів Лежандра. В.К. Чибіряков [24] розвинув цей метод для товстих пластин, зокрема і неоднорідних, а також побудував числово-аналітичні процедури їх розрахунку.

Ще один метод, у якому розв'язками рівнянь рівноваги Ляме у переміщеннях самі компоненти вектора переміщення розвинені у ряди добутків поліномів Лежандра за кожною з трьох координат, є *метод визначувальних станів*, розроблений Б.М. Лісіциним [27]. Невідомими у цих рядах є тільки числові коефіцієнти. Для визначення цих коефіцієнтів будуються три системи так званих «визначувальних станів», які піддаються програмуванню і можуть бути використані для розв'язування другої та змішаної задач теорії пружності для товстих плит і плит середньої товщини.

Символічний метод переходу до двовимірних рівнянь теорії пластин та оболонок розроблений у роботах А.І. Лур'є [28], С.Г. Лехніцького [29], В.К. Прокопова [30], Ю.А. Груздьова [31] та інших. Синтез символічного методу А.І. Лур'є з методом розкладу функцій напружень у ряди М.Є. Ващенко-Захарченка, що дістав назву методу неоднорідних розв'язків, розвивається у роботах В.М. Максимовича та автора [32, 33]. Побудований метод дозволяє розв'язувати просторові задачі теорії пружності для ізотропного шару, навантаженого жорсткими штампами та зосередженими силами, шляхом використання уточнених рівнянь неklasичних моделей пластин середньої товщини.

Поширеним методом зведення просторової задачі теорії пружності до двовірної теорії товстих плит та оболонок є *метод початкових функцій* В.З. Власова [34] та В.В. Власова [35]. Суттю методу є розвинення трьох компонент вектора переміщень: u, v, w та трьох напружень: $\tau_{xz}, \tau_{yz}, \sigma_z$ у вигляді рядів Маклорена за поперечною координатою z із одночасним використанням *символічного методу*. Останній дозволяє до операцій диференціювання у вихідних рівняннях застосовувати методи лінійної алгебри. В.Г. Бабаджаняном [36] символічний метод застосовано до розрахунку прямокутної ортотропної плити. У згаданому методі, якщо за нульове наближення взяти теорію Кірхгофа – Лява, то перше наближення співпадає із прикладною теорією пластинок С.О. Амбарцумяна. Методом *початкових функцій* розв'язана низка задач як для товстих плит сталі та

змінної товщини, так і для плит (у тому числі багат шарових), що лежать на пружній основі.

- 1.** Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин.– М.: Наука, 1987. – 360 с.
- 2.** Колос А.В. Об области применения приближенных теорий изгиба пластин типа теории Рейсснера. // Труды VI Всес. конф. по теории и оболочек и пластинок. Днепр-ск; 1966, М.: Наука, 1966.– С.549-553.
- 3.** Пикуль В.В. Физически корректные модели материала упругих оболочек. // Механика твердого тела. – 1995. - № 2. - С. 103-108.
- 4.** Родионова В.А. Теория тонких анизотропных оболочек с учетом поперечных сдвигов и обжатия. -Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.– 116 с.
- 5.** Рассказов А.О., Соколовская И.И., Шульга Н.А. Теория и расчет слоистых ортотропных пластин и оболочек. — К.: Вища шк. 1986. —191с.
- 6.** Пискунов В.Г., Рассказов А.А. Сдвиговая теория второго приближения для многослойных пологих оболочек и пластин // Механика композитных материалов. 1998. Т.34. №3.– С.363-370.
- 7.** Горик О. В., Пискунов В.Г., Чередніченко В.М. Механіка деформування композитних брусів. Монографія. — Полтава – Київ: Полтавська державна аграрна академія, Національний транспортний університет, 2008. – 404 с.
- 8.** Зубко В.І., Шопя В.М. Згин пакетів трансверсально-ізотропних пластин.— Факел, 2001. — 265 с.
- 9.** Васильев В.В., Лурье С.А. К проблеме уточнения теории пологих оболочек. // Механика твёрдого тела. – 1990. - № 6. - С.139-146.
- 10.** Ворovich И.И., Малкина О.С. Асимптотический метод решения задачи теории упругости о толстой плите // Труды VI Всес.конф. по теории оболочек и пластинок. – М.:Баку, 1966. – С.251-254.
- 11.** Гольденвейзер А.Л., Каплунов Ю.Д., Нольде Е.В. Асимптотический анализ и уточнение теорий пластин и оболочек типа Тимошенко-Рейсснера // Механика твердого тела. – 1990. - № 6. – С. 124-138.
- 12.** Агаловян Л.А. О приведении пространственной задачи теории упругости к двумерной для ортотропных оболочек и погрешностях некоторых прикладных теорий // Доклады АН Арм.ССР, 1979. – Т.69. В.3. – С.151-156.
- 13.** Аксетян О.К., Устинов Ю.А. Построение уточненных краевых теорий для плиты на основе уравнений теории упругости // Прикл. матем. и механика, 1972, т.36, вып.2. – С.272-281.
- 14.** Космодамианский А.С. Шалдырван В.А. Толстые многосвязные пластины. – Киев: Наук. Думка. 1973. – 237 с.
- 15.** Шалдырван В.А. Некоторые результаты и проблемы трехмерной теории пластин // Прикл. механика. – 2007. – Т. 43. – №2. – С. 45–69.
- 16.** Векуа И.Н. Вариационные принципы построения теории оболочек.- Тбилиси: Изд-во Тбилисского Ун-та, 1970. – 15с.
- 17.** Понятовский В.В. К теории пластин средней толщины //Прикл. матем. и механика, 1962, Т.26. В.2. – С.335-341.
- 18.** Прусаков А.П. О построении теории изгиба пластин средней толщины энерго-асимптотическим методом // Прикл.

механика, 1975. Т.ХІ, В.10. 1975. – С.44-51. **19.** Плеханов А.В., Прусаков А.П. Об одном асимптотическом методе построения теории пластин средней толщины // Изв. АН СССР.Механика твердого тела.1976. № 3.– С.84-90. **20.** Гуляев В.И., Баженов В.А., Лизунов П.П. Неклассическая теория оболочек и её приложение к решению задач инженерных. - Львов: Изд.-во при Львов. ун-те, 1978. – 193 с. **21.** Пелех Б.Л., Сухорольский М.А. Контактные задачи теории упругих анизотропных оболочек. – К.: Наукова думка, 1980. – 216с. **22.** Сало В.А. Краевые задачи статики оболочек с товерстиями. – Харьков: НТУ“ХПИ”, 2003. – 216 с. **23.** Хома И.Ю. Обобщенная теория анизотропных оболочек. – К.: Наукова думка, 1986. – 170 с. **24.** Чибирияков В.К. Уравнения напряженно-деформированного состояния толстых плит несимметричной структуры // Сопр. материалов и теория сооружений. – 1978. – Вып. 32. – С.82-87. **25.** Понятовский В.В. К теории пластин средней толщины // Прикл.матем. и механика, 1962, Т.26. В.2. – С.335-341. **26.** Зеленський А.Г., Прусаков О.П., Вовченко М.Г. Варіант некласичної теорії згину трансверсально-ізоотропних пластин і пологих оболонок // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Механіка.- 1999.-Т.2., №2. – С.58-65. **27.** Лисицын Б.М. Об одном методе решения задач теории упругости // Прикл. механика, 1967. Т.3. № 4. – С.85-88. **28.** Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. – М.: Гостехиздат, 1955. 492 с. **29.** Лехницкий С.Г. К теории анизотропных толстых плит. Изв. АН ССР, ОТН, мех. и машстр., 1959. № 2. – С.141-145. **30.** Прокопов В.К. Применение символического метода к выводу уравнений теории плит // Прикл.матем. и механика, 1965. Т.29. В.5.– С.902-918. **31.** Груздев Ю.А. Полимоментная теория равновесия плит // Труды VII Всес. конф. по теории пластин и оболочек. Днепропетровск; 1969, М.: Наука, 1970.– С.211-215. **32.** Шваб'юк В.І., Максимович В.М. Порівняльний аналіз точності некласичних теорій згину пластин при локалізованих навантаженнях. // Вісник Львів. ун-ту. Сер. мех.-мат. 1999, вип. 2. **33.** Шваб'юк В.І. Лінійне деформування, міцність і стійкість композитних оболонок середньої товщини / В.І. Шваб'юк, С.В. Ротко // Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – 264 с. **34.** Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, пластины и оболочки на упругом основании. – М.: Госфизматлит, 1960. – 491 с. **35.** Власов В.В. Метод начальных функций в задачах теории упругости и строительной механике. – М.: Строй издат.1975.– 223 с. **36.** Бабаджанян В.Г. Применение метода начальных функций в задаче об изгибе ортотропной плиты // Исследования по теории пластин и оболочек. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1973, вып.10.– С. 63-71.

УДК 625.852/853

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКАТОРІВ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

PERSPECTIVES OF MODIFIER FOR ROAD CONSTRUCTION

Шимчук О.П., к.т.н., доц., Бондар А.П. (Луцький НТУ, м. Луцьк)

Shymchuk O.P., k.t.n., dos., Bondar A.P. (Lutsk NTU, m. Lutsk)

В статті розглянуто дослідження впливу гумової крихти, введеної в склад бітуму, яка забезпечить покращення фізико-механічних характеристик бітуму та, відповідно, асфальтобетонних сумішей.

Poor quality of road bitumen, poor fracture toughness, flexibility, adhesion is one of the main causes of premature destruction of road surfaces. Solve the problem of improving the quality of bitumen way possible modification of rubber crumb. The properties of bitumen modified with rubber crumb. The effect of crumb rubber in structure and properties of bitumen, which will provide improved physical and mechanical characteristics of these materials by the modification. The positive effect of crumb rubber for road bitumen. For research used road bitumen brand BND 60/90, which analyzed the following indicators: adhesion.

Ключові слова: бітум, модифікація, гумова крихта, асфальтобетонна суміш.

Keywords: bitumen, modification, crumb rubber, asphalt mixtures.

Постановка наукової проблеми та її значення. В значній мірі якість автомобільних доріг залежить від дорожнього одягу та матеріалів, з яких він складається. На сьогоднішній день конструкція дорожнього одягу є одним з найбільш відповідальних елементів автомобільної дороги, що забезпечує безпечне та зручне перевезення вантажів та пасажирів.

Тому в багатьох країнах світу приділяється значна увага належному вибору матеріалів для конструктивних шарів дорожнього одягу.

Особливу увагу слід приділити бітуму, який входить у склад асфальтобетону. Сьогодні особливо актуальною є проблема підвищення якості дорожніх бітумів, вирішення якої дасть змогу продовжити термін служби дорожніх асфальтобетонних покриттів і підвищити ефективність робіт з їхнього будівництва й ремонту [1].

В Україні гостро стоїть питання щодо підвищення якості бітумів, оскільки вони за своїми властивостями не відповідають нормативним документам та стандартам. Це спричинено відсутністю однорідної сировини для їх виробництва, застарілого обладнання, постійних порушень норм технологічного процесу.

Вирішити проблему покращення якості бітумів можливо завдяки застосуванню різноманітних добавок для його модифікації. Серед значної кількості розповсюджених модифікаторів варто звернути увагу на гумову крихту.

Введення гумової крихти до складу бітуму призводить до підвищення довговічності покриттів в умовах мінливого температурно-вологісного режиму, покращує фрикційні властивості покриттів; що дозволяє в ряді випадків зменшити витрату високоміцного щебеню. Асфальтобетон, виготовлений на основі бітумів модифікованих гумовою крихтою, має вищі показники міцності, водостійкості, порівняно з іншими асфальтобетонами. В цьому випадку знижуються динамічні дії на нижні шари і зменшується можливість копіювання тріщин і інших дефектів шарів, що перекриваються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експериментальні дослідження асфальтобетонних сумішей, які використовуються в дорожньому будівництві показали, що їх механічні властивості залежать від властивостей бітумного в'язучого та методу приготування сумішей [1, 2].

Попередні експериментальні дослідження дорожніх бітумів, модифікованих гумовою крихтою показали, що їх фізико-хімічні властивості залежать від способу модифікації та розмірів подрібнених частинок [3].

Метою роботи було дослідження впливу гумової крихти на структуру і властивості бітумів, яка забезпечить покращення

фізико-механічних характеристик цих матеріалів шляхом модифікації. Це забезпечить покращення показників асфальтобетонної суміші та дозволить отримати ту конструкцію асфальтобетону і з тими споживчими властивостями, яка при незначному початковому зростанні вартості конструкції призведе, в кінцевому результаті, до економії коштів і матеріалів на ремонт і вивільнить час та робочі сили для вирішення інших не менш важливих проблем.

Результати дослідження. У дорожньому будівництві для підвищення стійкості і довговічності дорожньої конструкції як в процесі нового будівництва, так і під час реконструкції або капітального ремонту використовують модифікатори.

Для визначення складу та властивостей асфальтобетонних сумішей, модифікованих гумовою крихтою проводились дослідження на базі лабораторії ДП «Волинський облавтодор». Для приготування модифікованого бітуму використовувався бітум Кременчуцького нафтопереробного заводу марки БНД 60/90.

З метою порівняння впливу вмісту гумової крихти на бітум, було проведено дослідження з різними розмірами даного модифікатора. Кожний дослід проводився в трьохкратній повторності і, остаточно, приймалося середньоарифметичне значення отриманих результатів. Загалом, вийшло чотири склади сумішей:

- 1) вихідна асфальтобетонна суміш;
- 2) вихідна асфальтобетонна суміш з гумовою крихтою 0,25 мм;
- 3) вихідна асфальтобетонна суміш з гумовою крихтою 0,5мм;
- 4) вихідна асфальтобетонна суміш з гумовою крихтою 0,75 мм.

Для порівняння розглядалося зчеплення бітуму БНД 60/90 без добавок (рис. 1а), а також модифікованого бітуму БНД 60/90 з добавкою гумової крихти (рис.1б). Дослід показав, що при вмісті в бітумі 7 % добавки розміром 0,5мм він зчіплюється з щебенем найкраще. Тобто дана добавка проявляє себе як адгезійна.



Рис. 1. Зразки зчеплення бітуму з щебенем:
а) без добавок; б) з добавкою гумової крихти

Границю міцності при стисканні зразків визначають на пресах (рис. 2) при швидкості руху плити преса ($3,0 \pm 0,3$) мм/хв.

При використанні гідравлічних пресів цю швидкість перед проведенням випробування слід установити при холостому ході поршня.



Рис. 1.8 Випробування зразка на гідравлічному пресі

Перед випробуванням зразки висушували до постійної маси при температурі не більше 50°C. Кожне наступне зважування проводили після висушування протягом не менше 1 год. І охолодження при кімнатній температурі не менше 30 хв.

Зразок встановлюють у центрі нижньої плити преса, потім опускають верхню плиту і зупиняють її вище рівня поверхні зразка на 1,5-2 мм. Це може бути досягнуто відповідним підніманням нижньої плити преса. Після цього вмикають електродвигун преса і починають навантажувати зразок.

Плита гідравлічного преса забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій площі торця зразка у випадку непаралельності основ зразка. Максимальний показ силовимірювача приймають за руйнівне навантаження.

Результати випробувань показали, що застосування гумової крихти різної фракції збільшують міцність в порівнянні зі значеннями стандартної асфальтобетонної суміші на:

- суміш з гумової крихти 0,25мм - 6,7%
- суміш з гумової крихти 0,5мм - 7,71%

При проведенні випробувань на міцність, суміш з гумовою крихтою 0,5 мм перевищила показники стандартної асфальтобетонної суміші на 7,71%.

Висновки. З проведених досліджень видно, що гумова крихта є одним з перспективних модифікаторів органічних в'язучих для дорожніх покриттів. Це пояснюється тим, що з одного боку, гумова крихта володіє органічною спорідненістю з компонентами бітуму і при фізико-механічному впливі виходить новий однорідний матеріал, що суттєво відрізняється від початкового.

Список використаних джерел

1. Шимчук О.П. Структура і властивості бітумів на основі модифікаторів /О.П. Шимчук// Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Збірник наукових праць. Випуск 2. Луцьк. – 2014. – с. 147-151.
2. Hrynychuk Y.M. Effect of Modified Bitumen on Physico-mechanical Properties of Asphalt Concrete / Mykhailo Nykpanchuk, Yurii Hrynychuk and Mykola Olchovyuk // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – Vol. 7, № 4. – Pp. 467-470.
3. Методические рекомендации по строительству а/б покрытий с применением дробленой резины, М. 1985, 17 с.

З М І С Т

Andriichuk O.V., Uzhehov S.O.	Steel fiber concrete – effective material in road building	3
Андрушков В.І.	Про один підхід до розрахунку оболонки довільної форми в прямокутних координатах з урахуванням неоднорідності її матеріалу по серединній поверхні	9
Батракова А.Г., Урдзик С.Н.	Влияние положения нагрузки на напряженно- деформированное состояние конструкции дорожной одежды	16
Богомолів В.А., Жданюк В.К., Цинка А.А., Богомолів С.В.	Сравнение некоторых схем приложения нагрузки при лабораторных испытаниях асфальтобетонів	26
Бондаренко Л.П.	Дослідження впливу різних станів дорожнього покриття на екологічний стан придорожньої смуги	37
Возний С.П.	Перспективи розвитку цементобетонних доріг в Україні	47
Вяткін К.І., Нестеренко С.Г., Мамонов К.А.	Геоінформаційні технології для транспортної галузі міського будівництва	56
Гавриш В.С.	Экспериментальные исследования по определению уровня акустического и вибрационного загрязнения на автомобильных дорогах	64
Доненко І.В., Якімцов Ю.В., Джамалов А.А.	Проблеми організаційно-технологічного планування будівельних проектів, як симбіоз сучасних вимог та застарілих підходів	70
Дробишинець С.Я., Бондарський О.Г., Павлів О.І.	Аналіз безпеки дорожнього руху на автомобільній дорозі т-03-02 Шацького району Волинської області	82

Дробишинець С.Я., Киричук М.В.	Перспективи використання сталефібробетону в дорожньому будівництві	90
Жданюк В.К., Костін Д.Ю., Арінушкіна О.О.	Дослідження впливу комбінованих в'язучих на властивості щебенево-піщаних сумішей ...	99
Жгаллі Ш., Резніков А.О.	Многокритериальная оптимизация сэндвич параболических панелей под действием комбинированной нагрузки	108
Ільчук Н.І., Шафранська О.З.	Технічний стан шляхопроводів міста луцька в умовах їх реконструкції	118
Івко А. В., Лук'янова Т. В.	Організаційні, статистичні та правові аспекти вирішення проблеми об'єктів незавершеного будівництва	125
Коваленко Л.О.	Оцінка забруднення атмосферного повітря населених пунктів	133
Мудрий І.Б.	Використання малогабаритної стрілової техніки при зведенні будівель та споруд	140
Мусяненко І.В.	Вписание максимальных радиусов в тангенциальный ход трассы автомобильной дороги при полевом трассировании	146
Павленко Н.В.	Вплив геометричних параметрів транспортних розв'язок на визначення меж смуги відведення землі на стадії інженерно- геодезичних вишукувань	152
Пасічник О.С., Пасічник Р.В., Мельник О.В.	Застосування сучасних покриттів підлог для цивільних будівель і промислових споруд	161
Пасічник Р.В., Пасічник О.С., Войтович П.О.	Огляд досліджень впливу пожежного навантаження в приміщеннях	169
Перова О.С.	Аналіз використання мобільного датчика для вимірювання коефіцієнта зчеплення на злітно-посадковій смузі	177

Приймак О.В., Задорожнікова І.В., Дмитрук О.І., Кузицький І.Т.	Аналіз можливості використання енергетичних палів у якості низькопотенційних джерел енергії для тепло- холодопостачання	186
Процюк В.О.	Фізичні основи методу георадіолокації в діагностиці дорожніх одягів	192
Романюк Н.Г., Процюк В.О.	Економічна доцільність впровадження плати за проїзд на автомобільних дорогах	200
Савенко В.Я., Петрович В.В., Каськів В.І., Каськів С.В.	Розроблення норм на габіонні конструкції ...	205
Сиваченко Л.А., Реутский И.А., Ровский А.М.	Цепные агрегаты многоцелевого назначения для переработки влажных сырьевых материалов	213
Сиваченко Т.Л.	Измельчители ударного действия с рельефной поверхностью рабочих органов ...	222
Смирнова Н.В.	Основные положения расчета максимально возможных расстояний видимости в свете фар	229
Сорочук Н. І.	Математичне моделювання та управління якістю очистки поверхневих стоків з автомобільних доріг	237
Талах Л.О., Коваль М.І.	Екологічні засади при будівництві та реконструкції автомобільних доріг	245
Талах Л.О., Коваль М.І.	Проектування зупинок громадського транспорту	252
Тимченко О.Н.	Анализ деформации сооружений и методов наблюдения за ними	260
Ткаченко І. В., Бризгалін І.С., Козлов В.В.	Особливості створення баз даних автомобільних доріг з застосуванням геоінформаційних технологій	268

Трач В.М., Панчук О.Ю.	Стійкість оболонок обертання подвійної кривини	275
Угненко Е.Б.	Анализ и оценка однородности инженерно-геодезических измерений	283
Ужвиева Е.Н.	Построение сети триангуляции и существующие методы уравнивания геодезических сетей	290
Чернишев Д.О.	Сучасна парадигма організаційно-технологічної надійності будівництва як засіб забезпечення ефективної реалізації будівельних проектів	296
Шваб'юк В.І., Ротко С. В., Шваб'юк В.В.	До проблеми розробки нових неklasичних теорій згину оболонок, пластин та балок (огляд)	304
Шимчук О.П., Бондар А.П.	Перспективи використання модифікаторів у дорожньому будівництві	312

Наукове видання

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ У
БУДІВНИЦТВІ**

Збірник наукових праць

Випуск 6

Верстка С.О.Ужегов

Редактор В.І.Шваб'юк

Підписано до друку 07 лютого 2017 р. Формат 60 × 84 1/16.
Папір офсетний

Гарнітура Times New Roman. Друк трафаретний.
Умовн.друк.арк. 20. Тираж 100 пр. Зам. №___

Віддруковано РВВ Луцького НТУ, 43018, м.Луцьк, вул. Львівська, 75
Свідоцтво Держкомтелерадіо України ДК №4123 від 28.07.2011 р.