

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ – 2017
新地平线 2017

Сборник материалов
Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума

В 2 томах

论文集
第四届中白青年创新论坛

Том 1

2–3 ноября 2017 г.

Минск
БНТУ
2017

УДК 082(476+510)(06)
ББК 72я43(4Бел+5Кит)
Н72

В сборник включены материалы Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума «Новые горизонты – 2017» по направлениям: информационные технологии; промышленный дизайн, строительство, архитектура; спортивная инженерия, медицинская электроника, восстановление и реабилитация; сотрудничество Беларуси и Китая в гуманитарной сфере; межкультурные коммуникации.

ISBN 978-985-583-163-2 (Т. 1)
ISBN 978-985-583-164-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ».....	7
Pengchao Han VIRTUAL NETWORK EMBEDDING FRAMEWORK IN FIBER-WIRELESS ACCESS NETWORK.....	7
Siqi Li COMPUTER-AIDED DIAGNOSIS FOR PATHOLOGY IMAGE.....	9
Yao Sun EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON LOW SPEED WIRE ELECTRICAL DISCHARGE TURNING AND ITS APPLICATION IN FABRICATING MICRO PARTS.....	11
Бурмакова А.В., Блинова Е.А., Смелов В.В. РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	13
Виничук О.Н. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ.....	15
Виничук О.Н., Лобанок П.А., Хомельянский Д.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСУГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ.....	16
Виничук О.Н., Зазульницкий Д.С. БАЗЫ ДАННЫХ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩАЯ ВЕТВЬ В РАЗВИТИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	17
Войтешонок М.А., Алдошин А.И. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН И ОБЛАСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ.....	19
Гатихо Е.С. ПАРТНЕРСКИЙ САЙТ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЛУЖБЫ ЗНАКОМСТВ.....	21
Деменковец Д.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОТО, ВИДЕОФИКСАЦИИ И ЗАПИСИ ПРОЦЕССА ВЗВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ.....	22
Захарова И.Ю., Богущ Р.П. СЖАТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ БЛОЧНОГО АДАПТИВНОГО КВАНТОВАНИЯ.....	24
Лаппо А.И., Ланин В.Л. МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ ИНФРАКРАСНОЙ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ.....	26
Лушпа Н.В., Мачерко Д.А., Аль-Камали М.Ф.С.Х. ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХТОНКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА В ДИСПЛЕЙНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ.....	28
Маркина А.А., Дубицкий А.В. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ АЙТРЕКЕРА В ЗАДАЧАХ ВНУТРИГРУППОВОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЭРГНОМИКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	30

Навроцкий А.А., Носкович А.Н., Конойко Н.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО СНИМКА ГОРТАНИ.....	32
Попкова Д.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ АУДИТА ВЕБ-САЙТОВ ПО ЮЗАБИЛИТИ-ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	34
Рудькова Т.С. СЕРВИС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ.....	36
Хацкевич А.Д., Ланин В.Л. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ПРОФИЛЯМИ МОНТАЖНОЙ ПАЙКИ.....	38
Хоу Ябо ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ.....	40
СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН, СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА».....	43
Feng Li, Guan Chang, An Guosheng, Li Wensheng, Chang Jirong, Georg Goransky, Viktor Vaganov THE INFLUENCE OF ALUMINA CONTENT IN CU-AL ₂ O ₃ POWDER ON THE PROPERTIES OF COLD SPRAYING COATINGS.....	43
Белая Е.В., Костюкович О.В. ВМ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	46
Бондаренко С.Н., Чулкин П.В., Дударев Д.Е., Коликова Е.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И КИНЕТИКИ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	47
Васильева Е.И., Бондаренко С.Н. ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.....	50
Гаранина Е.А., Ходяков В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ ВЕТКИ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА.....	52
Головейко К.И. СУЩНОСТЬ СПОСОБА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ.....	53
Гракович А.Д. РАЗРАБОТКА ГРУНТА В ЗАБОЕ ПРИ ПРОХОДЕ В СКАЛЬНЫХ И ПОЛУСКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ.....	54
Дерюжина М.А. СПЕЦИФИКА ПОДБОРА АССОРТИМЕНТА РАСТЕНИЙ И СОЗДАНИЯ ТОПИАРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МИНСКА).....	55
Должонок А.В., Бакатович А.А. СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРОБЛЕННОГО БАМБУКА.....	57

Дударев Д.Е., Васильева Е.И., Бондаренко С.Н. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ.....	59
Евстратенко А.В., Малков И.Г. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСУ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	61
Загрецкая Ю.Ю., Петров М.П. ОСНОВЫ РАБОТЫ С SOFiSTiK КАК С ПРЕПРОЦЕССОРОМ AUTODESK REVIT НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАЛОЧНОГО МОСТА.....	63
Занкович В., Веренько В., Чжун Юй Ли, Лира С., Тинг Го Лю, Цзи Цун Ши ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	65
Зинович А.А. ВИДЫ ТРАВЯНИСТЫХ ПИОНОВ КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ.....	72
Колонович А.В., Новиков П.И., Ходяков В.А. ДИНАМИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКОЙ. ЗАТУХАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ.....	74
Королев В.О., Ходяков В.А. ВИБРОДИАГНОСТИКА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ.....	75
Королёв А.Ю., Нисс В.С., Паршутто А.Э., Будницкий А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОГО БИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ.....	77
Королёв А.Ю., Алексеев Ю.Г., Паршутто А.Э., Сорока Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ.....	79
Королькова Ю.А., Партасевич Н.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТАРИННОГО ПАРКА УСАДЬБЫ ХРЕПТОВИЧЕЙ В ДЕРЕВНЕ ЩОРСЫ НОВОГРУДСКОГО РАЙОНА.....	80
Кострова Е.С., Костюкович О.В. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВА КАК КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	82
Ли Ваншен, Ан Гуашен, Фенг Ли, Горанский Г.Г., Ваганов В.В. ОЦЕНКА СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ХОЛОДНЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ.....	85
Мекто А.Д., Смоляк В.В., Калиниченко В.А. СИНТЕЗ И УПРОЧНЕНИЕ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ.....	88

Микитчук Е.П., Козадаев К.В. ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕД ДЛЯ ФОТОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.....	90
Мусяенко Ю.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ AUTODESK И DYNAMO В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ.....	92
Новик С.В. ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПОД ТРАНСПОРТНЫМИ МАГИСТРАЛЯМИ.....	95
Новик С.В., Костюкович О.В. ДЕРЕВЯННЫЙ МОСТ КОРОБЧАТО-БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛЕЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	98
Новик С.В., Костюкович О.В. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	100
Профатило И.В., Романовская Д.В. ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ.....	103
Соболевский Н.Р., Костюкович О.В. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОНИКЕ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	104
Татаринovich А.В. БЕТОН, СОДЕРЖАЩИЙ РАЗЛИЧНЫЕ ПУЦЦОЛАНОВЫЕ ДОБАВКИ.....	107
Файзуллина Д.М. РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ И «ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОЯС ШЕЛКОВОГО ПУТИ».....	109
Цедрик А.В. ОБЗОР СЛАНЦЕВОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ПРОЦЕССА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ МИРОВОГО ОПЫТА.....	111
Чэнь Цзинкэ, Сергачев С.А. АРХИТЕКТУРА И ПРИРОДА.....	113
Юров А.Ю., Малков И.Г. АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ БЕЛАРУСИ.....	114

**VIRTUAL NETWORK EMBEDDING FRAMEWORK
IN FIBER-WIRELESS ACCESS NETWORK**

Pengchao Han

*College of Computer Science and Engineering
Northeastern University, Shenyang, 110819, China*

e-mail: hanpengchao199@163.com

Abstract. *This paper focuses on the virtual network embedding problem in fiber-wireless access network, and formulates it as an Integer Linear Programming (ILP). Simulation results verify the effectiveness of proposed framework.*

1. Introduction

Fiber-Wireless (FiWi) access network [1] is a large-capacity, long-distance and low-cost solution for “last mile”, which is now facing the challenge of resource optimization of varieties of new applications. Network virtualization [2] that supports networks with diverse natures over a common Substrate Network (SN) is supposed to be a promising solution, where Service Provider (SP) creates Virtual Networks (VNs) according to demands of end users, and Infrastructure Provider (InP) manages physical resources and leases them to SPs. The process of leasing the specified resources to SPs is called Virtual Network Embedding (VNE), in which InP will obtain profit, as shown in Fig. 1. This paper emphasizes on the VNE problem in FiWi to set a benchmark for further research.

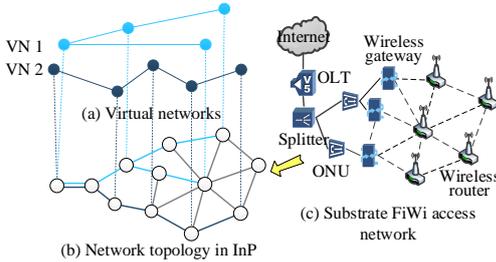


Figure 1 – Illustration of virtualized FiWi access network

Table 1 – Simulation settings of network resources

	parameter	value
SN	Node CPU capacity (uniform distribution)	OLT & ONU [200,500] wireless router [50,100]
	Link bandwidth capacity (Mbps)	feeder fiber 1000 cable 54 wireless link 54
	Node CPU demand (uniform distribution)	[10,30]
	Link bandwidth demand (Mbps)	[5,10]
VN	Duration time (exponential distribution)	50 time units

2. Network Models

The FiWi access network can be represented by $G^S = (N^S, L^S)$. The n th physical nodes in N^S that located at LCT_n has a node type $TYPE_n \in \{OLT, ONU, WR\}$ where OLT , ONU and WR indicate Optical Line Terminal (OLT), Optical Network Unit (ONU) and Wireless Router (WR) respectively. The resources in G^S cover the CPU capacity CAP_n^{CPU} of node n and the bandwidth capacity CAP_l^{BNDW} of link l . For VN sets G^V , in the k th VN $G_k^V = (V_k^V, E_k^V)$, the i th virtual node $v_{(k,i)}$ has demands of node type $REQ_{(k,i)}^{TYPE} \in \{A, T\}$ where A indicates “Access” representing OLT and T implies “Transmit” indicating ONUs and WRs, CPU demand $REQ_{(k,i)}^{CPU}$, preferred location $REQ_{(k,i)}^{LCT}$ and embedding location offset $\Delta LCT_{(k,i)}$. Besides, the j th virtual link in G_k^V , i.e., $e_{(k,j)}$, is associated with a bandwidth demand $REQ_{(k,j)}^{BNDW}$ and a path length constraint $REQ_{(k,j)}^{LEN}$. The InP profit obtained from embedding G_k^V is formulated as (1) where InP revenue and resource cost are considered. α , β stand for the revenue and cost of each unit of resource, and ρ^V and ρ^E elaborate the weights between CPU and bandwidth.

$$\begin{aligned}
Profit(G_k^V) = & \alpha \left[\rho^V \sum_{\forall i} REQ_{(k,i)}^{CPU} + \rho^E \sum_{\forall j} REQ_{(k,j)}^{BNDW} \right] \\
& - \beta \left[\rho^V \sum_{\forall i} REQ_{(k,i)}^{CPU} + \rho^E \sum_{\forall j} (REQ_{(k,j)}^{BNDW} \cdot LEN_{(k,j)}) \right]
\end{aligned} \tag{1}$$

3. Integer Linear Programming (ILP) of VNE in FiWi

Firstly, we introduce following notations. 1) ξ_k : a binary variable indicating if G_k^V has been embedded successfully; 2) $\chi_{k,i}^n / \eta_{k,j}^l$: a binary variable implying if $v_{(k,i)} / e_{(k,j)}$ has been embedded on substrate node n / link l . And $\psi_{k,i}^n / \phi_{k,j}^l$ denotes the volume of resource that n / l provides to $v_{(k,i)} / e_{(k,j)}$; 3) $DIS(n, v_{(k,i)})$: distance between n and $v_{(k,i)}$; 5) $SRC_{k,j}$ and $DET_{k,j}$: source and destination nodes of $v_{(k,i)}$; 6) I_n and O_n : sets of instream and outstream links of node n .

Objective:

$$\text{Maximize: } \sum_{k \in G^V} Profit(G_k^V) \cdot \xi_k \tag{2}$$

Node embedding constraints:

$$\chi_{k,i}^n = 0, \text{ if } DIS(n, v_{(k,i)}) > \Delta LCT_{(k,i)}, \forall k, i, n \tag{3}$$

$$\chi_{k,i}^n = \xi_k, \text{ if } REQ_{(k,i)}^{TYPE} = A \& TYPE_n = OLT, \forall k, i, n \tag{4}$$

$$\sum_{n \in N^S} \chi_{k,i}^n = \xi_k, \forall k, i \tag{5}$$

$$\sum_{i \in N_k^V} \chi_{k,i}^n \leq \xi_k, \forall k, n \tag{6}$$

$$\sum_{n \in N^S} \psi_{k,i}^n = \xi_k \cdot REQ_{(k,i)}^{CPU}, \forall k, i \tag{7}$$

$$\sum_{k \in G^V} \sum_{i \in N_k^V} \psi_{k,i}^n \leq CAP_n^{CPU}, \forall n \tag{8}$$

$$\chi_{k,i}^n = \psi_{k,i}^n / REQ_{(k,i)}^{CPU}, \forall k, i, n \tag{9}$$

$$\sum_{l \in I_n} \phi_{k,j}^l - \sum_{l \in O_n} \phi_{k,j}^l = REQ_{(k,j)}^{BNDW} \cdot (-\chi_{k,SRC_{k,j}}^n + \chi_{k,DET_{k,j}}^n), \forall k, j, n \tag{10}$$

$$\sum_{l \in I_n} \eta_{k,j}^l \leq \xi_k, \forall k, j, n \tag{11}$$

$$\sum_{l \in O_n} \eta_{k,j}^l \leq \xi_k, \forall k, j, n \tag{12}$$

$$\sum_{k \in G^V} \sum_{j \in L_k^E} \phi_{k,j}^l \leq CAP_l^{BNDW}, \forall l \tag{13}$$

$$\sum_{l \in L^S} \eta_{k,j}^l \leq REQ_{(k,j)}^{LEN}, \forall k, j \tag{14}$$

$$\eta_{k,j}^l = \phi_{k,j}^l / REQ_{(k,j)}^{BNDW}, \forall k, j, l \tag{15}$$

Link embedding constraints:

The objective in (2) targets to maximize the total profits of VNs. For virtual nodes, (3) and (4) make sure the location and type constraints are satisfied. (5) and (6) imply that each virtual node should be embedded onto only one substrate node and different nodes from the same VN are confined to be embedded onto different substrate nodes, respectively. (7) and (8) formulate the CPU demand constraint and the capacity limitation, and (9) restricts the relationship between variables. In addition, for each virtual link, the flow conservation (10), path disjointness (11) – (12), bandwidth capacity (13), path length (14) and the definition between variables (15) are defined.

4. Performance Evaluation

A simulator is developed for the virtualized FiWi access network utilizing the IBM CPLEX studio software where one OLT, 2 ONUs and 12 wireless routers are randomly deployed. The resources capacity of SN and the resources demand of VNs are listed in Table 1. Figs. 3-4 demonstrate the InP profit and VN acceptance ratio under different number of VNs respectively. Because of sufficient physical resources, the VN acceptance ratio hits 100% when the number of VNs is lower than 6 before it decreases with the increase of VN number. However, the InP profit keeps growing up when the VN number increases on account that the number of the increased accepted VNs.

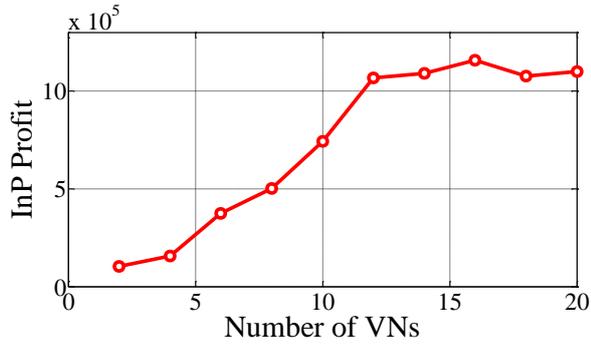


Figure 2 – InP profit

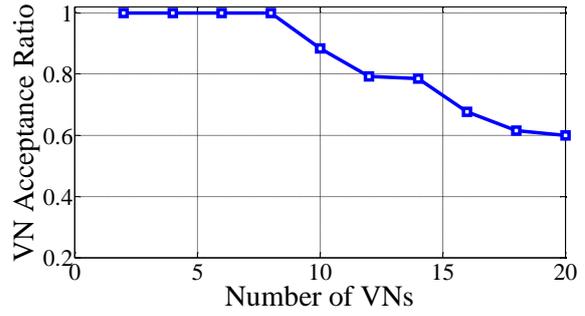


Figure 3 – VN acceptance ratio

5. Conclusion

In this paper, we formulate the VNE problem in FiWi access network to be an ILP where more comprehensive constraints are taken into account to achieve the optimal solution. Future works will highlight the network performance improvement including Quality of Service (QoS) satisfying, energy-saving and survivability guaranteeing.

References

1. B.P. Rimal, D. Pham Van and M. Maier, “Mobile-edge computing vs. centralized cloud computing in fiber-wireless access networks,” IEEE INFOCOM, 2016, pp. 991-996.
2. S. Abdelwahab, B. Hamdaoui, M. Guizani and T. Znati, “Efficient Virtual Network Embedding With Backtrack Avoidance for Dynamic Wireless Networks,” IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 15, no. 4, pp. 2669-2683, 2016.

УДК 004

COMPUTER-AIDED DIAGNOSIS FOR PATHOLOGY IMAGE

Siqi Li

Software College, Northeastern University, Shenyang, China

E-mail: lisiqi881020@163.com

Abstract. Accurate analysis for pathology image is of great importance in medical diagnosis and treatment. Specifically, nucleus detection is considered as an important prerequisite for this purpose. With the rapid development of computer-aided diagnosis, several computer-aided diagnosis (CAD) models using machine learning and deep learning have been developed for accurate automatic nucleus detection. In this paper, we propose a nucleus detection method using two layers’ sparse autoencoder (SAE) and transfer learning. First, 26832 image patches of breast cancer are utilized to train the SAE in an unsupervised learning method, which could be regarded as the feature extraction process. Then, the softmax classifier are used to classify that whether an image patch contains a complete nucleus or not. Finally, following transfer learning and sliding window techniques, we use the trained SAE and softmax models for nucleus detection on liver cancer pathology image. Experiments demonstrate that our proposed method could achieve the satisfactory detection results.

1. Introduction

Diagnosis from pathological images remains the “gold standard” in diagnosing a number of diseases including most cancers [1]. Nucleus detection is a critical step and it provides location information of each cell nuclei for further treatment. The automated detection method has become a research focus due to the fact that manual detection is time-consuming and operator subjective.

Recently, computerized nucleus detection approaches have been developed over the years with the aim to provide efficient image interpretation automatically. For example, Wang *et al.* [2]

used a cascaded classifier which uses a combination of hand-crafted features and features learned through CNN to detect mitotic cells. Xie *et al.* 3 recently presented structural regression CNN capable of learning a proximity map of cell nuclei and was shown by the authors to provide more accurate detection results. Finally, Sirinukunwattana *et al.* 4 proposed a Spatially Constrained Convolutional Neural Network (SC-CNN) to perform nucleus detection. SC-CNN regressed the likelihood of a pixel being the center of a nucleus, where high probability values were spatially constrained to locate in the vicinity of the center of nuclei.

In conclusion, “deep learning” strategies have been widely applied for pathology image detection successfully. In this paper, we employ stacked sparse autoencoder (SSAE) and transfer learning technologies for detecting nuclei on liver cancer pathology images. The remainder of the paper is organized as follows. Section 3 briefly introduces the detection methods and Section 4 shows our experiment results.

2. Methods

The stacked autoencoder is a neural network consisting of multiple layers of basic SAE (see Fig. 1) in which the outputs of each layer are wired to the inputs of each successive layer. In this paper, we consider the two layer’s SAE, which consists of two hidden layers, and the stacked sparse autoencoder (SSAE) to represent the two layer SAE. The architecture of SSAE is shown in Fig. 2.

Similar to SAE, training an SSAE involves finding the optimal parameters simultaneously by minimizing the discrepancy between input and its reconstruction. After the optimal parameters are obtained, the SSAE yields a function that transforms input pixel intensities of an image patch to a new feature representation of nuclear structures.

As Fig. 2 shows, with SSAE, each training patch of pixel intensities is represented by a high-level structured representation of nuclei or non-nuclei patches in the second hidden layer of the model. For the two class classification problem considered in this paper, the label of the patch is 1 or 0, where 1 and 0 refer to the nuclear and non-nuclear patches, respectively. Note that in the SSAE learning procedure, the label information is not used. Therefore, SSAE learning is an unsupervised learning scheme. Finally, the learned high-level representations of nuclear structures are utilized to train the softmax classifier.

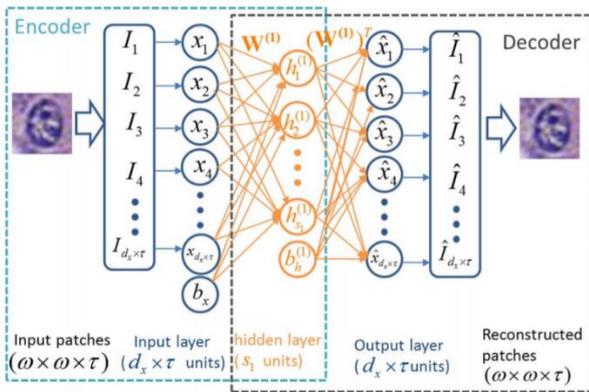


Figure 1 – The architecture of basic autoencoder

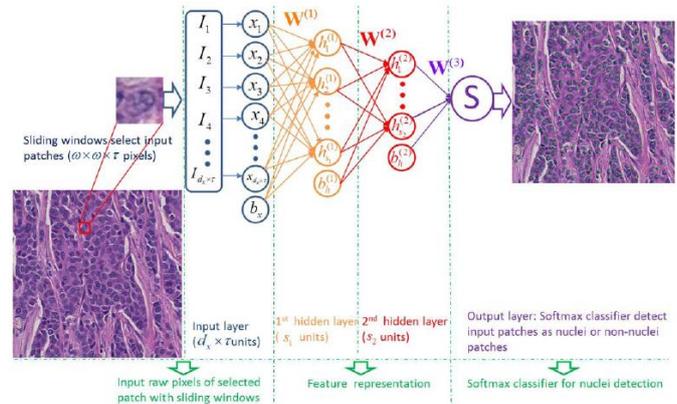


Figure 2 – The flowchart of SSAE

3. Experiment Results

Our experiments employ image patches of breast cancer from the open dataset to train the SSAE and the softmax classifier. However, our intention of this paper is for nucleus detection on liver cancer pathology images. To address this issue, we use the transfer learning and sliding window techniques to accurately detect all nuclei. An example illustrating our method on the liver cancer pathology image is shown in Fig. 3. Left is an original image and right is the detection result, the green points represent the center of all nuclei. Obviously, most nuclei could be marked accurately.

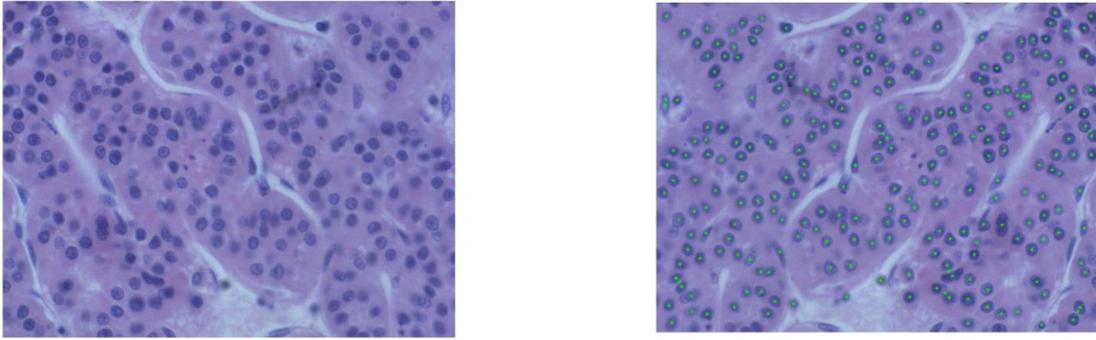


Figure 3 – Detection results on the liver cancer pathology image. Left: original image. Right: detection result

References

1. S.A. Hoda, R.S. Hoda, “Rubin's pathology: clinicopathologic foundations of medicine,” 5th edition, J. Am. Med. Assoc. 298 (17) (2007) 2070–2075.
2. H. Wang, A. Cruz-Roa, A. Basavanhally, H. Gilmore, N. Shih, M. Feldman, J. Tomaszewski, F. Gonzalez, and A. Madabhushi, “Cascaded ensemble of convolutional neural networks and handcrafted features for mitosis detection,” vol. 9041, 2014, pp. 90 410B–90 410B–10.
3. Y. Xie, F. Xing, X. Kong, H. Su, and L. Yang, “Beyond classification: Structured regression for robust cell detection using convolutional neural network,” in Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention MICCAI 2015. Springer, 2015, pp. 358–365.
4. Sirinukunwattana K, Raza S E A, Tsang Y W, *et al.*, “Locality sensitive deep learning for detection and classification of nuclei in routine colon cancer histology images,” IEEE transactions on medical imaging, 2016, 35(5): 1196-1206.

УДК 004

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON LOW SPEED WIRE ELECTRICAL DISCHARGE TURNING AND ITS APPLICATION IN FABRICATING MICRO PARTS

Yao Sun

School of Mechanical Engineering and Automation, Northeastern University, Shenyang, China

E-mail: sy547515291@163.com

Abstract. This paper firstly proposed the method of the low speed wire electrical discharge turning (LS-WEDT) method to fabricate micro parts. Firstly, the rotating apparatus submerged in working fluid is designed and manufactured to enable the low speed wire electrical discharge machine to generate cylindrical geometries. Besides, material removal rate, surface roughness and machining precision of micro shafts manufactured by the LS-WEDT are respectively investigated. Experimental results display that the micro-rod of 70 μ m in diameter and 1000 μ m in length can be successfully fabricated with high machining precision and good surface quality of the micro shaft.

1. Introduction

Wire electrical discharge machining (WEDM) is a thermoelectric process which can remove material by a series of electrical sparks generated between the workpiece and tool electrode [1]. The non-contact and negligible cutting force of the EDM process make it have the unique superiority in fabricating micro parts and components. With micromechanics and micro-electro-mechanical system have come to a practical period, the demand for micro parts and components with the diameter range of 10 μ m and 1mm is significantly increased, such as micro gear shafts, mechanical and electrical contact probes, instrument probes, micro-ejector pins and micro-tools.

Zhao *et al.* [7] used the block electrode discharge grinding method to fabricate micro rods at a high machining speed, but the dimensional accuracy is poor because of the block electrode wear.

Haddad *et al.* [10] investigated the effect of voltage, power, rotated speed and pulse off time on MRR, surface roughness and roundness in WEDT. Mohammadi *et al.* [13] investigated the effects of machining parameters on MRR of WEDT using the analyses of variance (ANOVA) and reported that the rotating speed is the least significant parameter affecting the MRR.

From researching summary of above, there is no previous investigation concerning using the WEDT method to successfully fabricate micro shaft of diameter below 100 μm . Therefore, the flexible manufacture of micro parts is a challenge in terms of production engineering. Therefore, this paper aims at fabricating micro parts by electrical discharge machining method.

2. Methods

The LS-WEDM machined is CA20 made by Beijing Agie Charmilles Industrial Electronics Co., Ltd as displayed in Fig.1. The rotating apparatus is fixed on the workbench of LS-WEDM machine for fabricating the micro shafts. The rotating apparatus is constituted by servo motor, timing belt, precise spindle, pulley, seal ring, carbon brush, chuck, etc. The working fluid is the deionized water and wire electrode is the 200 μm -diameter brass wire. The fabrication of micro shafts are divided into rough cut (RC), trim cut (TC) and finishing trim cut (FTC), and machining parameters are detailed in Table 1.

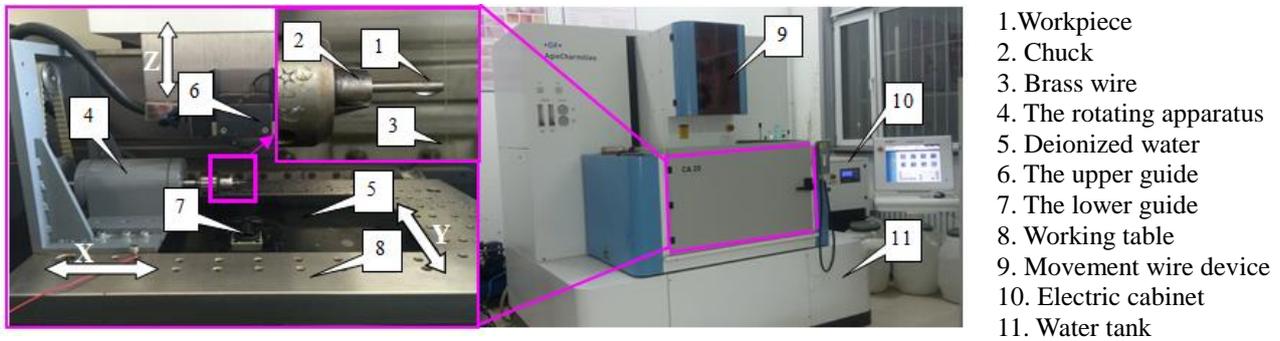


Figure 1 – The experimental platform

Table 1 – Machining parameters and levels of multiple cuts

Parameters	Unit	Rough cut	Semi-finishing trim cut		Finishing trim cut
		RC	TC1	TC2	FTC
Peak current	A	320	180	120	40
Open voltage	V	170	136	100	85
Pulse on time	μs	15	13	10	4
Pulse off time	μs	25	25	25	25
Rotating speed	r/min	20	20	20	20
Wire tension	N	12	15	18	18
Wire speed	m/min	1.8	2.7	3.6	4.5
Servo feed speed	mm/min	0.01	0.01	0.01	4
Flushing pressure	Kg/cm^2	10	1	0.3	0.3

3. Experiment Results

The micro shaft with the average diameter of 70 μm is obtained after FTC as displayed in Fig.2 (a). The surface of micro shaft after FTC is covered with a large amount of oxide particles instead of uneven fusing structure, big craters and spherical droplets as shown in Fig.2 (b). More importantly, the machining precision of the micro shaft is very high with the mean absolute deviation of 0.65 μm and maximum absolute deviation of 1.46 μm as displayed in Fig.2 (c).

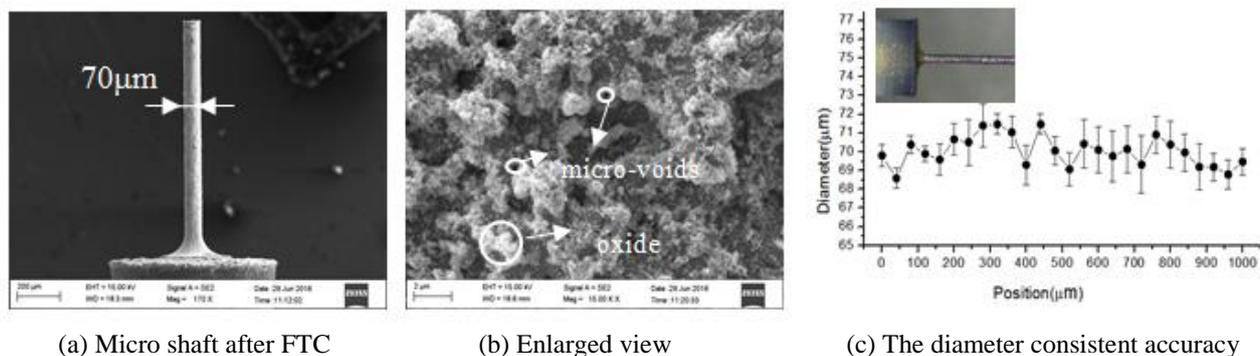


Figure 2 – The experimental results

References

1. Rajendran S., Marimuthu K., Sakthivel M. Study of crack formation and resolidified in EDM Process on T90Mn2W50Cr45 tool steel, *Materials and Manufacturing Processes*, 2013, 28 (6), 664-669.
2. Zhao W.S., Jia B.X., Wang Z.L., Hu F.Q. Study on block electrode discharge grinding of micro rods, *Key Engineering Materials*, 2006, 304-305, 201-205.
3. Haddad M.J., Tehrani A.F. Material removal rate (MRR) study in the cylindrical wire electrical discharge turning (CWEDT) process, *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 199, 369-378.
4. Mohammadi A., Tehrani A.F., Emanian E., Karimi D. Statistical analysis of wire electrical discharge turning on material removal rate, *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 205(1-3), 283-289.

УДК 502.3

РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Бурмакова А.В., Блинова Е.А., Смелов В.В.

Белорусский государственный технологический университет

e-mail: isit@belstu.by

Abstract. Together with the Republican Unitary Enterprise "Research and Production Center for Geology" and the "Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus" (Institute of Nature Management), a mathematical model was developed for predicting the consequences of an emergency spill of oil products. A mathematical model is the basis of the ecological expert system developed by the specialists of the Belarusian State Technological University within the framework of the agreement with the "Research and Production Center for Geology" on geology.

The purpose of creating an expert system is to support decision-making on the selection of optimal geological environment rehabilitation technologies in terms of environmental and economic efficiency. The expert system can be used by a wide range of users: from managers of facilities where oil products are handled and there is a possibility of contamination, to the staff of the relevant departments, such as emergency response agencies, nature protection, etc.

Совместно с Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии» (НПЦ по геологии) и «Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси» (Институт природопользования) была разработана математическая модель прогнозирования последствий аварийного пролива нефтепродуктов (МП). МП является ос-

новой экологической экспертной системы, разработанной специалистами Белорусского государственного технологического университета в рамках договора с НПЦ по геологии.

Цель создания экспертной системы – поддержка принятия решений по выбору оптимальных с точки зрения экологической и экономической эффективности технологий реабилитации геологической среды. Экспертная система может применяться широким кругом пользователей: от руководителей объектов, где происходит обращение с нефтепродуктами и возникает возможность загрязнений, до сотрудников соответствующих ведомств, таких как органы по борьбе с чрезвычайными ситуациями, охраны природы и пр.

В состав экспертной системы входят шесть модулей, четыре из которых являются реализацией математической модели, позволяющей рассчитать объем и скорость проникновения нефтепродуктов в различные типы грунта и грунтовые воды, а также два справочных модуля. Первый модуль «П» (модуль прогнозирования) получает исходные данные о количестве, типе и месте разлива нефтепродукта. В результате работы этого модуля формируется отчет, который помещается в базу данных. Модуль «Р» (модуль оценки прогнозируемого состояния) получает данные из предыдущего модуля и сравнивает значения результата прогноза с нормативами предельно-допустимых концентраций. Модуль «С» (модуль классификации прогнозируемого состояния) предназначен для классификации состояний геологической среды. Модуль «Т» (модуль выбора технологий реабилитаций) формирует финальный отчет, который содержит перечень технологий реабилитации.

Модули экспертной системы используют реляционную базу данных СУБД Microsoft SQL Server 2012. Для работы модулей используются справочники, хранящиеся в базе данных: «Природоохранные объекты», содержащие данные о различных природоохранных объектах, таких как реки, озера и заказники, «Техногенные объекты», содержащие данные об объектах, на которых возможны инциденты пролива нефтепродуктов, «Физико-химические свойства нефтепродуктов». Экспертная система реализована в виде web-сервера на основе технологии ASP.NET 4.5. MVC 5.0.

МП позволяет прогнозировать:

- 1) площадь и форму наземного пятна загрязнения;
- 2) глубину и скорость проникновения нефтепродукта в грунт под наземным пятном загрязнения;
- 3) максимальную концентрацию нефтепродуктов в грунте под пятном загрязнения и времени его достижения;
- 4) максимальную концентрацию нефтепродуктов на границе грунтовых вод и времени его достижения;
- 5) скорость распространения фронта загрязнения с грунтовыми водами и ожидаемую концентрацию в области окрестных природоохранных объектов (река, ручей, колодец, водозабор и т.п.).

Исходными для МП являются следующие данные:

1. Географические координаты центра пролива, объем и тип (бензин, керосин, сырая нефть и пр.) пролитого нефтепродукта, а также тип аварии (наземный или подземный резервуар, нефтепровод, автозаправочная станция и пр.).
2. Данные о физико-химических свойствах нефтепродуктов.
3. Данные о свойствах грунтов.
4. Информация о техногенных объектах, деятельность которых связана с хранением значительных объемов нефтепродуктов.
5. Картографическая информация: рельеф местности, глубина залегания грунтовых вод, типы грунтов, коэффициенты фильтрации грунтов, природоохранные объекты.

Качество прогноза, полученного с помощью МП, зависит от полноты и точности исходных данных и может улучшено введением дополнительной информации в форме опорных географических точек, уточняющих картографическую информацию.

Для оценки адекватности модели проведены испытания на пяти объектах в Беларуси. В качестве объектов были выбраны нефтебазы и автозаправочные станции, для которых Институтом природопользования были проведены исследования по замеру концентраций нефтепродуктов. Предварительный сравнительный анализ полученного с помощью МП прогноза и результатов изменений показал, что при значительных расхождениях прогнозируемых и измеренных концентраций нефтепродуктов в отдельных точках, в целом прогноз МП не противоречит общей реальной картине загрязнения. Аналогичные исследования в настоящее время проводятся на двух объектах в Казахстане. Кроме того, Институтом природопользования проведена серия опытов, позволяющая уточнить скорость проникновения нефтепродуктов в грунте.

УДК 004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Виничук О.Н.

УО БГУИР филиал МРК

e-mail: memory1703@gmail.com

***Abstract.** Information technology in education is now a necessary condition for the transition of society to an information civilization. Modern information technologies, which can be changed depending on the level of the educational process, completely immerse the learner in the information and educational environment, improve the quality of education, motivate the processes of perception of information and obtaining knowledge. New information technologies for creating a computer and telecommunications support environment for organizations and management in various fields of activity, including education.*

Применение компьютеров в образовании привело к появлению нового поколения информационных образовательных технологий, которые произвели революцию в средствах обучения, методиках преподавания, появлению медиадидактики как тенденции развития прикладной педагогики.

Информационные технологии в образовании в настоящее время являются необходимым условием перехода общества к информационной цивилизации. Современные информационные технологии позволяют изменить характер организации учебного процесса, полностью погрузить обучаемого в информационно-образовательную среду, повысить качество образования, мотивировать процессы восприятия информации и получения знаний. Новые информационные технологии создают среду компьютерной и телекоммуникационной поддержки организации и управления в различных сферах деятельности, в том числе в образовании.

Содержание образования в соответствие с современным уровнем научного знания построено таким образом, чтобы повысить эффективность всего учебного процесса и подготовить учащихся к деятельности в условиях перехода к информационному обществу. Поэтому информационные технологии становятся неотъемлемым компонентом содержания обучения, средством оптимизации и повышения эффективности учебного процесса, а также способствуют реализации многих принципов развивающего обучения.

Основными направлениями применения ИТ в учебном процессе школы являются:

- разработка электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК);
- разработка электронных средств обучения (ЭСО);
- разработка тестирующих универсальных оболочек;
- разработка методических и дидактических материалов;
- организация и проведение компьютерных экспериментов с виртуальными моделями;
- организация интеллектуального досуга учащихся.

На сегодняшний день наиболее широко используются интегрированные уроки с применением мультимедийных средств. Обучающие презентации становятся неотъемлемой частью обучения, но это лишь простейший пример применения информационных технологий.

В последнее время преподаватели создают и внедряют авторские педагогические программные средства, в которых отражается некоторая предметная область, в той или иной мере реализуется технология её изучения, обеспечиваются условия для осуществления различных видов учебной деятельности. К таким программным средствам как раз и относят ЭУМК и ЭСО.

ЭУМК – это электронный комплекс, включающий систематизированные учебные, научные и методические материалы по определенной учебной дисциплине, методику ее изучения средствами информационно-коммуникационных технологий и обеспечивающий условия для осуществления различных видов учебной деятельности.

При разработке ЭУМК следует принимать во внимание изолированность учащегося, обучающегося не только в стенах учебного заведения. Именно поэтому материалы должны снабжаться необходимыми пояснениями, быть не только наглядными, но и привлекательными для пользователя. Использование ЭУМК в процессе подготовки учащихся меняет типичную ситуацию в образовательной системе, когда обучающая функция полностью принадлежала преподавателю. ЭУМК дают возможность учащемуся самостоятельно наиболее гибко манипулировать предлагаемой учебной информацией в соответствии с их индивидуальными способностями, при этом часть обучающих функций педагога переходит на учащегося.

В состав ЭУМК целесообразно включить презентационные материалы для чтения лекционного курса. Формат презентаций должен позволять их модификацию преподавателем, читающим лекционный курс и использующим данный ЭУМК.

Внедрение ЭУМК в образовательный процесс способствует осознанию учащимися целостной картины изучаемой дисциплины, позволяет обеспечить самостоятельное усвоение материала, индивидуализировать обучение, совершенствовать контроль и самоконтроль, повысить результативность учебного процесса.

К достоинствам современных ЭУМК относятся эффективность организации самостоятельной работы и активизация роли обучаемого в процессе обучения. Учащиеся смогут использовать ЭУМК как при подготовке, так и в качестве дополнительного источника информации при работе на занятии

Повышение уровня компьютерной подготовки обучаемых, увеличение количества и расширение разновидностей авторских педагогических программных средств, использование новых информационных технологий в науке и образовании в целом, являются одним из основных направлений совершенствования среднего специального, высшего и послевузовского образования в Республике Беларусь.

УДК 004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РОЛИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСУГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Виничук О.Н., Лобанок П.А., Хомельянский Д.В.

УО БГУИР филиал МРК

e-mail: memory1703@gmail.com

***Abstract.** To date, one of the most important issues of parents is the issue of organizing leisure activities for their child. Self-education as a leisure activity according to the opinion of E.V. Sokolov is aimed at involving people in the values of culture. Raising the general culture of the individual, educational activity develops mental abilities, cognitive interests, aesthetic and moral feelings. The highest level of leisure activities can be achieved with the help of information technology. Such an opportunity is provided by the business incubator of BSUIR on the basis of which the FREET project is being implemented.*

На сегодняшний день одним из самых важных вопросов родителей является вопрос об организации досуговой деятельности своего ребенка. Самообразование как досуговая деятельность согласно мнению Э.В. Соколова направлено на приобщение людей к ценностям культуры. Повышая общую культуру личности, образовательная деятельность развивает умственные способности, познавательные интересы, эстетические и нравственные чувства. Наиболее высокий уровень досуговой деятельности можно достичь и с помощью информационных технологий. Такую возможность предоставляет бизнес-инкубатор БГУИР на базе которого и реализовывается проект FREEET.

Идея проекта зародилась на основании того, что многие родители ищут секции и кружки своим детям в интернете, а также на основании, что многие секции и кружки бесплатные, расположенные в учебных заведениях, ФОК(ФОЦ), не имеют никакой информации в интернете. Реализовав данный проект, будет предоставлена возможность вышеописанным заведениям опубликовать свою информацию бесплатно, а людям упростить поиск досуговых мероприятий.

Основная цель: разработать веб-портал FreeT (от free time), в котором будет спроектирована максимально возможная база данных спортивных секций, кружков, групп по интересам, конференций, которые на сегодняшний день разрозненно располагаются в спортивных клубах, учебных заведениях, ФОК (ФОЦ), домах культуры и т.д.

Задачи проекта:

- создание информационной базы досуговых мероприятий г. Минска, а в последствии в областных и районных центрах Беларуси;
- размещение бесплатных объявлений социальных структур;
- размещение платных объявлений (расположение как в разделе категорий, так и на главной странице сайта);
- размещение баннеров с рекламой (для поддержания существования проекта);
- размещение информации о досуговых мероприятиях (носит справочный характер; исторические сведения о спортивных секциях, общая характеристика досуговых мероприятиях);
- создание наиболее простого и интуитивно понятного дизайна сайта;
- синхронизация размещений досуговых центров с GoogleMaps;
- адаптация сайта под мобильные устройства и планшеты;
- обеспечить возможность сортировки по дате проведения мероприятий, местонахождению, интересам.

Проект реализуется в несколько этапов. На этапе проектирования продумываются все категории, разделы портала, роли пользователей на портале, а также структура БД. На этапе разработки будет реализован веб-портал с использованием фреймворка Laravel. Также будет этап тестирования и последующий запуск в эксплуатацию.

УДК 004

БАЗЫ ДАННЫХ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩАЯ ВЕТВЬ В РАЗВИТИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Виничук О.Н., Зазульницький Д.С.

УО БГУИР филиал МРК

e-mail: memory1703@gmail.com

В настоящее время в мире накоплен огромный информационный потенциал, что привело к необходимости внедрения новых технологий обработки и передачи информации и послужило началом перехода от индустриального общества к информационному.

Значительная часть пользователей, приобретая компьютер или получая доступ к нему, прежде всего осваивает операции именно с текстовыми файлами. На первом этапе компьютер обычно используют в качестве удобной и «интеллектуальной» пишущей машинки (для

подготовки, хранения, модификации и распечатки всевозможных писем, сочинений, рефератов, объявлений, статей и тому подобное).

Вряд ли многие задумываются, что уже на данном этапе компьютер выступает в роли примитивной информационной системы, которая в свою очередь состоит из следующих элементов:

- текстового редактора как инструмента манипулирования текстами;
- группы текстовых файлов (базы данных) как объекта обработки.

На следующем этапе, как правило, возможно использование текстового файла в качестве книги, куда легко можно заносить разнообразную «списочную» информацию, например, телефонные номера, каталоги видеотеки, фонотеки, адреса и названия организаций и прочее. Способ представления и размещения информации в книгах такого формата обычно придумывает сам пользователь.

Создавая базы данных, пользователь стремится обеспечить возможность, во-первых, упорядочивать информацию по различным признакам, а во-вторых, быстро извлекать результаты выборки с произвольным сочетанием признаков. Однако описанная выше организация данных не позволит ни того, ни другого, потому что упорядочить информацию в текстовом файле значительно сложнее, чем даже в картонной коробке.

Чтобы компьютер мог безошибочно искать и систематизировать данные, необходимо прежде всего выработать и соблюдать при записи данных некоторые правила о способах представления информации, такие, как структурированное хранение данных, логическое написание имен.

В различных сферах человеческой деятельности широкое распространение получили технологии, использующие базы данных для систематизации и хранения производственной информации. Структурированная информация легко анализируется и обрабатывается, а при условии хранения в базе, постоянно обновляется и дополняется, что позволяет говорить о её неизменной актуальности. Широкое распространение информационных систем, использующих базы данных, обусловлено также тем, что настоящий раздел информационных технологий имеет значительную степень внедряемости и на практике довольно гибко интегрируется под каждый конкретный случай, даже в условиях атомной индустрии.

Основная задача информационной системы — повышение эффективности и качества бизнес-процессов, в том числе происходящих на атомных электростанциях. ИС также обеспечивают выполнение ряда задач:

- эффективный мониторинг на всех этапах и процессах жизненного цикла;
- оптимизация процессов при сооружении и эксплуатации атомных электростанций;
- преемственности информации между этапами, процессами и проектами.

В настоящее время имеется достаточно много разработок информационных систем, ядром которых является база данных. Вопросам разработки и использования баз данных в информационных системах посвящены работы многих ученых.

Литература

1. Штырова И. А., Разумова Т. А. Использование современных СУБД в информационных системах АЭС // Молодой ученый. — 2015. — №22.5. — С. 36-38.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН И ОБЛАСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Войтешонок М.А., Алдошин А.И.

Республиканское инновационное унитарное предприятие

«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

e-mail: voiteshonok@ict.by

Abstract. *The article reflects the tendency to expand the areas of IT application for blockchain. The examples of already implemented projects and application perspectives in the spheres of financial activity, scientific research, healthcare and education are given. The directions of the technology application in the Republic of Belarus are briefly reflected.*

Аннотация. *В статье отмечается тенденция расширения сфер применения информационной технологии блокчейн. Приводятся примеры уже реализуемых проектов и перспективы применения в сферах финансовой деятельности, научных исследований, здравоохранения и образования. Кратко отражены направления применения технологии в Республике Беларусь.*

В настоящее время все шире становится область применения технологии блокчейн, представляющую собой современную информационную технологию обмена ресурсами, построенную на пиринговых сетях. Основным направлением использования технологии является создание систем обмена различными ресурсами (вычислительные мощности компьютеров, место для хранения данных на жестких дисках, денежные средства и т.п.) на базе виртуальных валют (криптовалют). Одним из наиболее известных примеров в данном контексте является биткойн.

В научной сфере одним из основных направлений использования данной технологии является создание мощных пиринговых сетей с возможностью распределенных вычислений, что позволяет ученым решать важные научные задачи, требующие большого объема вычислений и расчетов. При этом ученые получают доступ к вычислительным мощностям, стоимость которых значительно ниже в сопоставлении с применением традиционных облачных вычислений. В качестве примера уже реализованной сети распределенных вычислений можно привести проект Gridcoin, в рамках которого обычные пользователи (майнеры) предоставляют ресурсы своих компьютеров для решения научных задач в математике, физике, биологии, медицине, науке о Земле. В качестве наиболее известных научных проектов, реализуемых в рамках сети Gridcoin, можно привести такие как SETI@home, Rosetta@Home, проведение расчетов для адронного коллайдера и другое [1]. Немного подробнее о данных проектах:

- SETI@home – научный некоммерческий проект добровольных вычислений для поиска внеземных цивилизаций. Реализуется на платформе BOINC, позволяющей использовать свободные вычислительные ресурсы обычных пользователей для обработки и анализа данных (радиосигналов), полученных проектом SETI.

- Rosetta@Home – проект добровольных вычислений, направленный на решение одной из самых больших проблем в молекулярной биологии – вычисление третичной структуры белков из их аминокислотных последовательностей [2]. Ожидается, что результаты реализации проекта будут способствовать прикладным исследованиям и разработке лекарственных средств с такими болезнями как рак, малярия, болезнь Альцгеймера, сибирская язва и другими генетическими и вирусными заболеваниями.

Естественно, что вычислительные мощности своих компьютеров обычные пользователи предоставляют не безвозмездно, а за вознаграждение, которое, как правило, представляет собой специальную криптовалюту.

В области здравоохранения широкое распространение получают идеи разработки на базе блокчейн приложений для анализа и хранения данных о здоровье. Интеграция больших по-

тов информации о здоровье людей и вычислительных систем обработки и анализа данных может стать важным направлением в разработке мер превентивной медицины. Кроме этого, возможно внедрение на базе технологии блокчейн электронных медицинских карт. Данные карты могут стать основой для отмеченной выше системы хранения и обработки медицинской информации. Кроме этого, отпадет необходимость в ведении и хранении многочисленных медицинских карт на бумажных носителях в отдельных медицинских учреждениях, а пациенты сами смогут предоставлять доступ врачам, фармацевтам, страховым компаниям к записям в своих электронных картах через специальные ключи.

В образовательной сфере возможно использование блокчейн для внедрения так называемых «умных контрактов грамотности». Благодаря им перспективные студенты смогут получать финансовую поддержку для обучения от спонсоров (заинтересованных компаний) со всего мира, а внедренные механизмы мониторинга периодически отслеживать их успеваемость. В перспективе подход «умных контрактов грамотности» может стать универсальным в образовательной сфере и применяться для переподготовки специалистов, обучения сотрудников компаний, студентов и аспирантов [3].

В Республике Беларусь в настоящее время использование блокчейн технологии не предполагает организации систем и механизмов для работы с виртуальными валютами. Вместе с тем не существует каких-либо значительных ограничений на ее применение в сфере информационных технологий. Так, в ближайшем будущем технология может найти широкое применение как в банковской сфере, так и других отраслях. В частности, уже в этом году Национальный банк Беларуси объявил о создании на основе технологии блокчейн информационной сети, которая может использоваться для решения широкого спектра современных и перспективных банковских и небанковских задач. В перспективе также возможна постепенная работы по направлению «умных контрактов» [4].

Технология блокчейна также весьма привлекательна для работы с ценными бумагами и кредитными активами, которая позволит исключить использования организаций, оказывающих посреднические услуги, и, как следствие, снизить стоимость кредитов. Теперь компании, которые хотят вывести на рынок акции и производить сделки с ними, смогут это сделать без каких-либо затруднений во временном исчислении. Каждая такая операция будет выполнена по средствам блокчейн технологии и для каждой акции будет присвоен цифровой маячок, после чего хедж-фонды или другие игроки рынка ценных бумаг смогут делать ставки на эти «цифровые маячки потенциально заимствованных активов», что позволит получить взаимы акцию. Такие цифровые-маячки позволят обладателям аукционных активов проследить каждую транзакцию, проводимую с их акцией.

Таким образом, технология блокчейн уже сейчас находит широкое применение в самых различных сферах человеческой жизнедеятельности – науке, информационном обеспечении финансовой и других сфер. В ближайшем будущем она может изменить здравоохранение и медицину, позволив перейти с лечения заболеваний на их предотвращение.

Список использованной литературы

1. Gridcoin – криптовалюта призванная служить во благо человечества. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/290443/>. Дата доступа: 21.10.2017.
2. Rosetta@home [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Rosetta@home>. Дата доступа: 21.10.2017.
3. Блокчейн: схема новой экономики (Мелани Свон) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biz360.ru/materials/blokcheyn-proekt-novoy-ekonomiki/>. Дата доступа: 02.10.2017.
4. В Беларуси создана информационная сеть по технологии блокчейн [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.belta.by/economics/view/v-belarusi-sozdana-informatsionnaja-set-po-tehnologii-blokcheyn-257699-2017/>. Дата доступа: 02.10.2017.

ПАРТНЕРСКИЙ САЙТ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЛУЖБЫ ЗНАКОМСТВ

Гатиго Е.С.

Полоцкий государственный университет

e-mail: katariosm11@gmail.com

Аннотация. Основное содержание исследования составляет анализ особенностей международных служб знакомств, их партнерских программ и сайтов. Выделяются и описываются основные проблемы, возникающие при разработке партнерского сайта.

Abstract. The main content of the study is an analysis of the characteristics of international dating services, their partner programs and sites. Identify and describe the main problems that arise when developing a partner site.

Если в любой поисковый сервис ввести запрос «сайт знакомств», то в ответ можно получить ссылки на огромное количество веб-ресурсов. Это говорит не только о большом разнообразии такого рода служб, но и об их несомненной популярности среди пользователей. Распространенным средством популяризации сайтов знакомств является партнерская программа, которая представляет собой ряд условий, за выполнение которых партнер получает вознаграждение. Можно даже сказать, что партнерские программы имеют место пока существуют сервисы для знакомств.

Часто партнерские программы предлагают оплату за регистрацию пользователя, либо отчисляют комиссионные с его расходов. Иногда получать вознаграждение можно, как за регистрацию, так и за дальнейшие действия пользователя. Партнерские программы есть практически у всех крупных сервисов знакомств. Среди популярных русскоязычных ресурсов, имеющих развитую партнерскую сеть, можно выделить службы знакомств Mamba (Wamba) и LovePlanet.

Сервисы, позиционирующие себя как международные службы знакомств, обычно предлагают услуги по платному переводу сообщений. Соответствующие партнерские программы учитывают эту особенность сервисов: партнер получает вознаграждение за каждый заказанный пользователем перевод.

Международная служба знакомств OwnDating.ru представляет собой площадку для общения жителей Российской Федерации, США, Канады, Западной Европы, Австралии и Новой Зеландии и т.д. Согласно партнерским условиям, размер комиссионных составляет 50% от всех платежей пользователей. Помимо этого, есть оплата за регистрации:

- регистрация девушки: 0.4-0.7\$ (зависит от количества одобренных регистраций в месяц: чем больше, тем выше);
- регистрация мужчины 0.1\$ (+ 50% от всех его платежей) [1].

Для удобства работы партнеров был разработан специальный сайт, имеющий следующие функциональные возможности:

- доступ ко всем партнерским анкетам, добавление новых анкет, удаление и редактирование анкет;
- доступ к тексту сообщений, осуществление перевода;
- взаимодействие с другими партнерами;
- просмотр начислений и выплат;
- оформление чеков при выплатах;
- генерация партнерских ссылок;
- генерация отчетов по работе на привлечение и работе анкет;
- генерация графиков по начислениям, привлечением и анкетам;
- сбор и отображение статистики по анкетам и привлечением;
- поиск по анкетам;
- массовая рассылка по анкетам или партнерам;

– информирование о сообщениях, срок ответа на которые подходит к концу.

При разработке любого партнерского сайта учитываются особенности сервиса знакомств и условия получения вознаграждений, чтобы организовать работу партнера максимально эффективно. В данном случае главной особенностью службы знакомств является услуга платного перевода сообщений. В рамках партнерской программы специалисты, осуществляющие перевод текстов, также получают вознаграждение.

Кроме того, не стоит забывать об объеме и скорости обработки данных. Для получения актуальной информации необходимо постоянно отправлять запросы сайту знакомств. Полученные ответы необходимо парсить и приводить к требуемому виду. На получение данных с сайта знакомств и их обработку уходит некоторое время, которое не должно быть критичным для эффективной работы партнера.

При создании партнерского сайта, как и при разработке любого программного обеспечения, необходимо помнить об эффективности графического интерфейса, который должен объединять в себе две составляющие: приятный внешний вид и удобство работы.

Таким образом, при создании партнерского сайта международной службы знакомств необходимо решать проблемы, связанные с большим объемом обрабатываемой информации, скоростью получения и отображения актуальных данных, удобством пользования и функциональной пригодностью.

Список использованных источники

1. Партнерские программы интернет знакомств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://partner-programm.ru/partnerki-znakomstva.html>. – Дата доступа: 12.09.2017.

УДК 004

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ФОТО, ВИДЕОФИКСАЦИИ И ЗАПИСИ ПРОЦЕССА ВЗВЕШИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Деменковец Д.В.

Кафедра программного обеспечения информационных технологий

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

e-mail: demenkovets@bsuir.by

***Аннотация.** В докладе рассматривается структурная схема автоматизированной системы фото, видеофиксации и записи процесса взвешивания железнодорожных вагонов, проблемы функционирования системы и описание функций программного средства.*

***Abstract.** The report deals with the block diagram of the automated photo system, video recording and recording of the railway wagon weighing process, the problems of the system functioning and the description of the functions of the software.*

Организация системы фото, видеофиксации процесса взвешивания

Для организации взвешивания вагонов с фото и видеофиксацией применяется следующее оборудование:

- IP видеочамера в уличном исполнении;
- IP видеочамера в обычном исполнении;
- информационное (светодиодное) табло;
- коммутатор с функцией Power Over Ethernet (питание по линии связи);
- весоизмерительный индикатор;
- персональный компьютер или ноутбук.

Структурная схема системы иллюстрирующая взаимодействие этих компонентов изображена на рисунке 1.

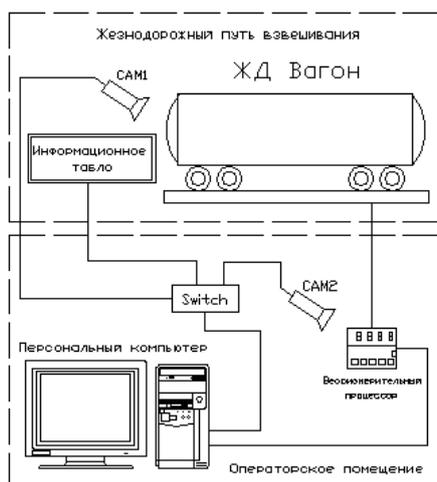


Рисунок 1 – Структурная схема системы видеофиксации

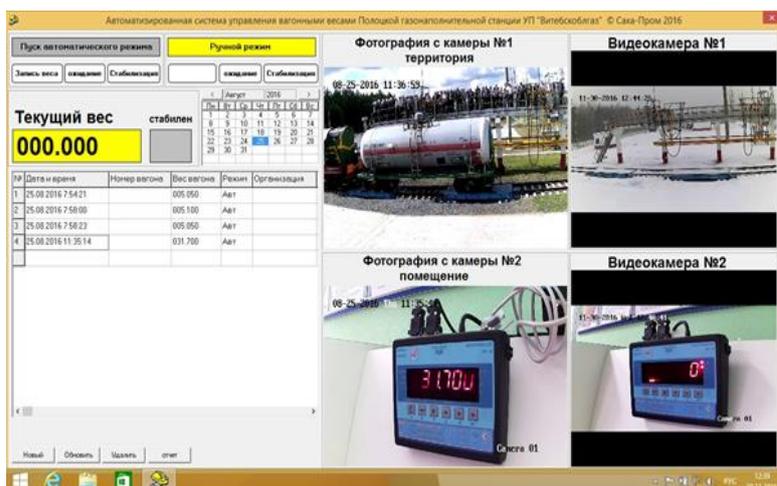


Рисунок 2 – Представление данных при реализации процедуры взвешивания

Основные проблемные вопросы, возникающие при создании подобной системы, являются:

- при установке вагона на измерительную платформу маневровым локомотивом не всегда соблюдаются нормы по максимальной скорости движения;
- многократное увеличение времени стабилизации веса полупустых вагонов с жидким грузом (заполнение менее 70 процентов);
- несоблюдение норм по обслуживанию грузовой платформы, например, загрязнение;
- невозможность прямой визуализации процесса взвешивания вагона из-за значительного удаления операторского помещения от весоизмерительной платформы (более 400 метров);
- отсутствие обратной связи с информационным (светодиодным) табло, невозможность увидеть, что на нем отображено;
- невозможность корректно прочесть номера вагонов, ввиду часто происходящей загрязненности, различного фонового цвета, большого количества других технических записей на вагоне, отсутствие определенного места расположения записи номера вагона.

Частично многие из этих проблем помогает решить фото и видеофиксация не только процесса взвешивания, но и всего процесса эксплуатации весов. Например, запись видео или создание серии фотоснимков при изменении изображения в потоковом видео.

Проблему определения номера вагона предлагается решить следующим образом. Так как изображение железнодорожного вагона имеет известное разрешение 1920x1080, то это позволяет применять алгоритм распознавания номера для определенных областей даже в том случае, когда поле номера занимает только часть изображения.

Решение проблемы отсутствия обратной связи с информационном табло достигается установкой табло в области видимости видеокамеры, фиксирующей вагон.

Программное средство системы

Программное средство системы позволяет производить фиксацию процесса взвешивания, как в автоматическом, так и в ручном режимах. Пример вида программного средства представлен на рисунке 2.

ПС имеет интуитивно понятный интерфейс с минимальным количеством компонентов управления. Он реализован с учетом требований по удобству операторского использования (usability).

Технические характеристики и возможности ПС и системы:

- регистрация полной информации по всем взвешиваниям вагонов;
- поддержка работы с архивом получаемых и сохраняемых данных;
- отображение и анализ данных о взвешиваниях в интерактивном (реальном) режиме;

- измерение массы пустого вагона (тары) и автоматическое вычисление массы перевозимого груза (нетто);
- создание записи (информационной карточки) по каждому взвешиванию с сохранением следующей информации:
 - номер взвешивания, дата и время взвешивания, номер вагона;
 - масса тары, брутто, нетто, вид груза;
 - организация грузоотправитель, грузополучатель, весовщик;
 - сопоставление фотоизображения весоизмерительного индикатора и вагона с информационной карточкой;
 - генерация отчетов по взвешиваниям за промежутки времени;
 - распечатка и хранение отчетов на жестком диске персонального компьютера.

Разработка программного средства выполнена на языке Delphi с использованием библиотек Uart, MSComm32 (для работы с весоизмерительным устройством), VX-IV (для работы с информационным табло), PasLibVLC и Pnglang (для работы с видеокамерами и изображениями).

Заключение

Возможности и функционал разработанной системы и программного средства по своим характеристикам и функционалу не уступают лучшим аналогам и образцам [1-2].

Список источников

1. Весоизмерительная компания Тензо-М – Статическое взвешивание на электронных весах Статика 3 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://www.tenso-m.ru/programmnoe-obespechenie/dlja-jelektronnyh-vesov/338/1> – Дата доступа: 07.09.2017.
2. Завод весоизмерительного оборудования ООО «НПП Техноаги» – Программа UniScale v1.1 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://technowagy.com.ua/product/programma-uniscale-v1-1/> – Дата доступа: 07.09.2017.

УДК 681.32

СЖАТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ БЛОЧНОГО АДАПТИВНОГО КВАНТОВАНИЯ

Захарова И.Ю., Богущ Р.П.

Полоцкий государственный университет

e-mail: ira9992011@yandex.ru, bogushr@mail.ru

***Abstract.** Presented results of SAR data compression modeling based on standards block adaptive quantization algorithm. As input data has been used values of echo signal SAR ERS-1 which represented like in-phase and quadrature components. Experimental results of research are presented.*

В основе ряда алгоритмов сжатия, применяемых в современных системах ДЗЗ на основе РСА, находится технология блочного адаптивного квантования (БАК) [1], основывается на том, что динамический диапазон уровней мощности сигнала в выделенном блоке данных намного меньше, чем у всего набора данных [2]. Поэтому, первым шагом является разделение необработанных данных на блоки малого размера по отношению ко всему набору входных данных. Минимальный размер блока выбирается таким образом, чтобы обеспечить нормальное распределение статистики внутри блока, а максимальный размер блока ограничен мощностью сигнала, которая должна оставаться постоянной для блоков [2]. Для радиолокационных данных ДЗЗ одним из наиболее часто применяемых является блок размером 128 отсчетов, который обеспечивает выполнение заданных условий.

Алгоритм блочного адаптивного квантования использует квантователь Макса – Ллойда, удовлетворяющий критерию минимальной среднеквадратической ошибки. Пороговые уровни квантования и восстановления при использовании квантователя Макса – Ллойда связаны со среднеквадратическим значением уровня сигнала, которое вычисляется для каждого блока. Определение оптимальных, в смысле минимума ошибки, значений порогов квантования выполняется согласно выражению:

$$T_k = C_k \cdot \sigma ,$$

где C_k – пороговое значение для квантователя Макса-Ллойда; $k \in 1..K$; K – количество уровней.

С использованием вычисленных оптимальных порогов квантования выполняется неравномерное эффективное кодирование входных отсчетов сигнала. Результат представляется в виде записей кодовых слов и величин стандартного отклонения для каждого блока данных.

При восстановлении сжатых данных для каждого блока осуществляется извлечение из пакета среднеквадратического значения уровня сигнала и определение оптимальных уровней восстановления:

$$R_k = D_k \cdot \sigma ,$$

где D_k – пороговое значение для восстановления сигнала при использовании квантователя Макса-Ллойда.

Модифицированный алгоритм на основе энтропийно-ограниченного БАК использует оптимальный квантователь, минимизирующий значения среднего квадрата ошибки (СКО) и выходной энтропии путем изменения параметров квантования, таких как количество уровней и шаг квантования. При этом требуется выполнение следующих основных шагов для одного блока входных данных: расчет количества уровней квантователя; расчет размера шага квантования; равномерное квантование значений в блоке на основе рассчитанных данных; определение СКО; вычисление энтропии; с учетом того, что входные радиолокационные данные подчиняются нормальному закону распределения вероятности; проверка условия, если значение энтропии больше заданного значения, то шаг квантования уменьшается на единицу; проверка условия, если значение СКО больше порогового, то количество уровней квантования увеличивается на единицу; запись индексов уровней квантования для блока и значения максимальной амплитуды; кодирование полученных данных алгоритмом Хаффмана.

Восстановление сжатых энтропийно-ограниченным БАК алгоритмом данных требует следующих шагов: декодирование Хаффмана; разделение на блоки; извлечение значений максимальной амплитуды; восстановление значений количества уровней и шага квантователя, формирование кодовой книги исходя из рассчитанных значений; соотнесение индекса уровня квантования с индексом кодовой книги для получения значения.

Моделирование сжатия и записи комплексных радиолокационных данных в стандартный формат CEOS реализовано с использованием программного пакета MatLab. В качестве входных значений использовались данные радара синтезированной апертуры (РСА) ERS-1 с 8 битными синфазной и квадратурной составляющими из. На рисунке 1а показано сфокусированное радиолокационное изображение РСА ERS-1, а на рисунке 1б-1в представлены результаты фокусировки восстановленных после сжатия алгоритмами БАК и модификацией энтропийно-ограниченного БАК данных для разрядности квантователя $R=4$.

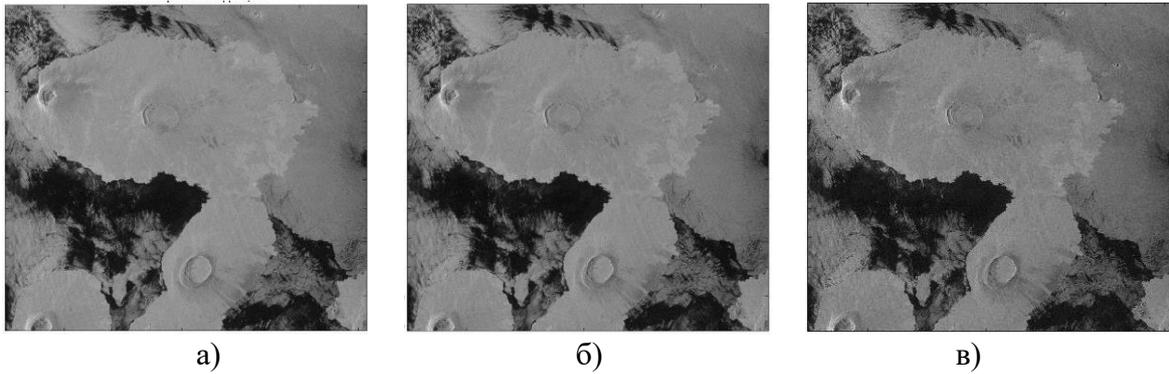


Рисунок 1 – Радиолокационные данные PCA ERS-1:

- а) необработанные радиолокационные данные;
 б) обработанные с использованием энтропийно-ограниченного БАК;
 в) обработанные с использованием БАК

Для оценки качества работы квантователя используется отношение сигнал/шум (signal to quantization noise ratio, SQNR).

Результаты расчетов для разных значений R приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов для разных значений R

Значение R, бит/символ	БАК SQNR, дБ	Энтропийно-ограниченный БАК SQNR, дБ
4	20,4	29
3	15,6	22,8
2	9,5	14,7

Визуальное сравнение синтезированных радиолокационных изображений, которые показаны на рисунке 1а, также показывает, что синтезированное изображение на основе восстановленных данных практически не отличается от синтезированного изображения на основе исходных данных.

Литература

1. Benz, U. A Comparison of Several Algorithms for SAR Raw Data Compression/ U. Benz, K. Strodl, A. Moreira // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. – 1995. – V. 33. – №5. – P. 1266-1276.

2. Agrawal, N. SAR signal processing algorithms/ N. Agrawal, K. Venugopalan // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2009. – V. 4. – № 9. – p.40-45.

УДК 621.365.46:621.396.6

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ ИНФРАКРАСНОЙ ПАЙКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Ланно А.И., Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
 e-mail: vlanin@bsuir.by

Abstract. Microcontroller handle of infrared temperature profiles soldering provides high efficiency and demanded quality of soldered joints.

По мере увеличения сложности электронных модулей растет плотность монтажа поверхностно монтируемых компонентов. Обеспечение требуемой надежности модулей вызывает необходимость формирования качественных паяных соединений по технологии групповой пайки электронных компонентов на плате. С этой целью была выбрана технология инфракрасной (ИК) пайки, которая при высокой скорости бесконтактного нагрева и возможности точного поддержания заданного термопрофиля обеспечивает высокое качество паяных соединений с плотным поверхностным монтажом при сохранении высокой производительности. Наиболее важными параметрами ИК пайки являются: температура предварительного нагрева платы, температура пайки, время пайки, состав паяльной пасты, скорость охлаждения [1].

Для проведения процесса пайки была применена ИК паяльная станция с микроконтроллерным управлением, структурная схема которой приведена на рисунке 1а.

В станции применен микроконтроллер семейства MSP430G2XXX фирмы Texas Instruments, имеющий встроенный 10-ти битный АЦП, откалиброванной частоты ЦПУ до 16 МГц, 16 битным RISC ЦПУ для обеспечения возможности быстрых вычислений с плавающей точкой, встроенный контроллер JTAG для обеспечения внутрисхемного программирования. Применение программируемого микроконтроллера позволяет автоматизировать процесс пайки с соблюдением заданного термопрофиля для различных составов паяльных паст, что в свою очередь обеспечит качество паяных соединений.

Для удобства оператора измеренная температура, а также текущие режимы пайки отображаются на жидкокристаллическом дисплее (ЖКИ) (рисунок 1б).

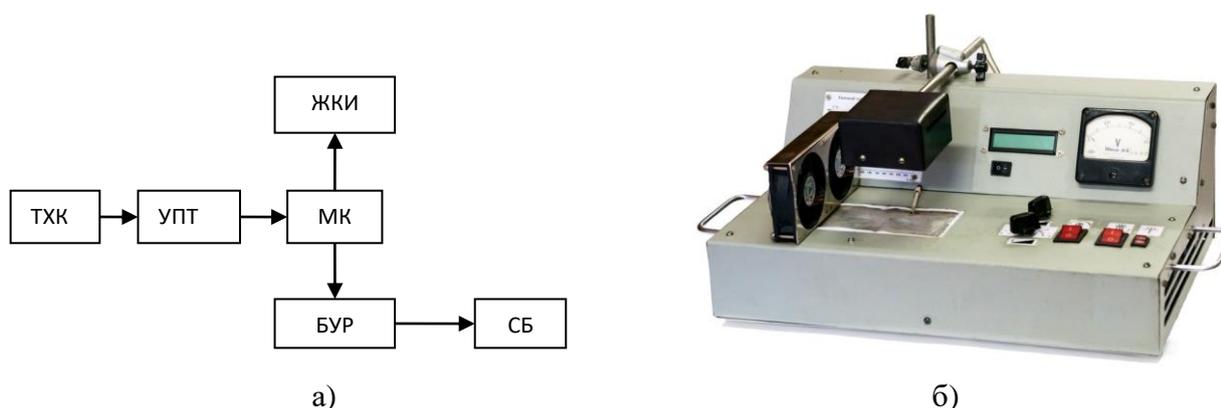
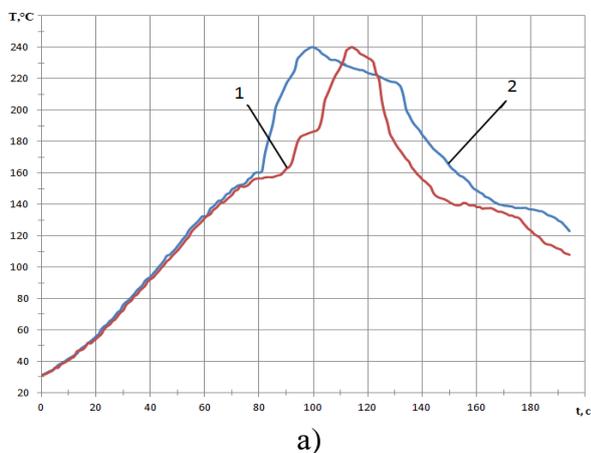


Рисунок 1 – Структурная схема управления (а) и внешний вид ИК станции (б)

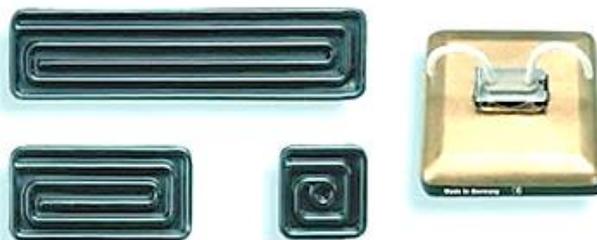
Контроль температуры обеспечивается с измерением напряжения на выходе термоэлектрического преобразователя (термопара типа ХК, ТХК), сигнал с которой усиливается при помощи усилителя постоянного тока (УПТ) на основе операционного усилителя и поступает на микроконтроллер (МК). С помощью встроенного 10-ти битного АЦП последовательного приближения измеренный аналоговый сигнал преобразовывается в двоичную форму. Для минимизации ошибки измерения усиленный сигнал термопары измеряется 20 раз в секунду с последующим вычислением среднего значения. На основании значения измеренного сигнала, с помощью градуировочной таблицы вычисляется значение текущей температуры. Алгоритм вычислений оптимизирован для выполнения на микроконтроллерах семейства MSP430. Микроконтроллер формирует сигнал управления блоком электромагнитными реле (БУР), который в свою очередь управляет силовым блоком (СБ).

Термопрофиль пайки (рисунок 2а) состоит из четырех этапов. На первом этапе осуществляется предварительный нагрев платы со скоростью не более 2–4°C/с, предотвращающий коробление изделия при температуре расплавления припоя. Высокая скорость нагрева изделия до температуры активации флюса, может привести к разбрызгиванию мелких шарик-

ков припоя на поверхности платы, из-за повышенного газовыделения припойной пасты. Главным фактором второго этапа является выдержка платы при температуре активации флюса в течение времени, необходимого для полного испарения флюсовой составляющей припойной пасты. Температура и время третьего этапа пайки устанавливаются в соответствии с характеристиками используемых паяльных паст. Завершающим является этап охлаждения платы, в котором для качественной кристаллизации припоя применяют принудительное охлаждение со скоростью $5^{\circ}\text{C}/\text{c}$.



а)



б)

Рисунок 2 – Термопрофили ИК пайки (а): обычный нагрев (1), с кольцевым отражателем (2) и керамический нагреватель Elstein SHTS/4 (б)

Термопрофили пайки галогенной ИК лампой накаливания КГМ 30/300 и керамическим ИК нагревателем Elstein SHTS/4 на этапе предварительного нагрева близки друг другу, это объясняется тем, что, на данном этапе, нагрев осуществляется только нижним нагревателем платы. На остальных этапах для галогенной ИК лампы характерна большая на 70–74% скорость нагрева по сравнению с керамическими нагревателями, что дает основание для выбора данного источника как основного нагревательного элемента в автоматизированных производственных линиях с высокой производительностью. Керамический ИК нагреватель (рисунок 2б) имеет сравнительно высокую равномерность нагрева, формы тепловых полей симметричны и не зависят от направления. Для ограничения зоны нагрева применен кольцевой отражатель ИК лучей, выполненный из листа отполированного алюминия в форме кольца диаметром 60 мм и высотой 50 мм.

Литература

1. Ланин, В.Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В.Л. Ланин, А.П. Достанко, Е.В. Телеш. – Минск: Издательский Центр БГУ. – 2007. – 574 с.

УДК 621.365.036

ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕРХТОНКИХ АЛЮМИНИЕВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА В ДИСПЛЕЙНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Лушпа Н.В., Мачерко Д.А., Аль-Камали М.Ф.С.Х.

e-mail: nikita.95@mail.ru

Abstract. The design of an electric heating element on aluminum with a carbon fiber as a resistive element is described. Nanoporous aluminum oxide in the heater design is used as a dielectric layer serving to electrically isolate the carbon fiber from the heater base made of

aluminum. This approach makes it possible to combine the advantages of using a carbon fiber as a heating element and a structure with a low thermal resistance by placing the heater body on a thermally conductive aluminum. The field of application of electric heaters can be various industries: aerospace, machine tool, automotive, medical and elements of display and information systems.

С каждым годом в устройствах промышленного и бытового назначения все большее применение находят различные виды электронагревателей. Одним из наиболее востребованных типов электрического теплового элемента является плоский электронагреватель, применение которого позволяет расширить область применения электронагрева и дает возможность создания новых экономичных тепловых приборов. Областью применения плоских нагревателей могут быть различные бытовые и специальные электрические нагреватели в медицинской, пищевой, автомобильной, станкостроительной и аэрокосмической промышленности, в устройствах промышленной автоматики в дисплейно-информационных комплексах, в тех случаях, когда необходим быстрый нагрев. Известно, что наиболее эффективным процессом передачи тепла от нагретого тела к холодному в сравнении с нагревом излучением и другими видами теплопередачи является метод контактной теплопередачи. Эффективность нагревательного элемента при передаче тепла от нагревательной структуры на теплоотдающую поверхность через изоляционную структуру определяется ее теплопроводностью. Поэтому важной задачей является разработка новых элементов быстрого нагрева с равномерным распределением температуры по поверхности и высоким коэффициентом полезного действия за счет снижения потерь тепла.

В предлагаемой конструкции нагревательного элемента в качестве резистивного элемента, выделяющего тепло, используется тонкий гибкий материал (нить) на основе углеродного волокна. Такая нить фиксируется жестко на поверхности алюминия с нанопористым оксидом алюминия методом прессования с помощью эпоксидной смолы армированной стекловолокном. Нанопористый оксид алюминия в конструкции нагревателя используется в качестве диэлектрического слоя, служащего для электрической изоляции нити из углеродного волокна от основания нагревателя, изготовленного из алюминия. Такой подход направлен на упрощение конструкции и повышение надежности плоского электронагревателя. Это дает возможность объединить достоинства использования углеродного волокна в качестве нагревательного элемента и конструкции с низким тепловым сопротивлением за счет размещения тела нагревателя на теплопроводящей детали из алюминия.

Ожидаемый эффект состоит в обеспечении однородного и равномерного нагрева требуемой поверхности при относительно низкой стоимости изготовления нагревателя. Высокие технические характеристики представляемому электронагревателю обеспечивает использование в конструкции углеродного нагревательного элемента (углеродной нити) и корпуса из алюминия с высокой теплопроводностью. Минимальная толщина такого нагревателя — 0,5 мм, максимальная удельная мощность до 40 Вт/см². Данный вид плоского электронагревателя характеризуется высокой скоростью передачи тепла, обеспечивает исключительно равномерный тепловой поток, что приводит к более быстрому разогреву и увеличению срока службы оборудования.

Основные технические характеристики плоского электронагревателя: конструкция — алюминиевая пластина; толщина — 0,3–1 мм; максимальный размер — 200×300 мм; напряжение питания — 12–380 В; род тока — переменный, постоянный; температура эксплуатации — до 100 °С; условия эксплуатации — воздушная среда.

Плоские алюминиевые электронагреватели с углеродным нагревательным элементом, показанные на рисунке 1, подходят для применения там, где требуется сложная геометрия рабочей поверхности, малая термическая масса, легкая конструкция и минимальная толщина, и, в частности, к элементам дисплейно-информационных комплексов. Достоинства таких нагревательных элементов является: плоская поверхность, малая толщина, равномерность нагрева

рабочей поверхности, экономия электроэнергии до 15–30%, повышенная устойчивость к вибрации, возможность эксплуатации в жестких климатических условиях.

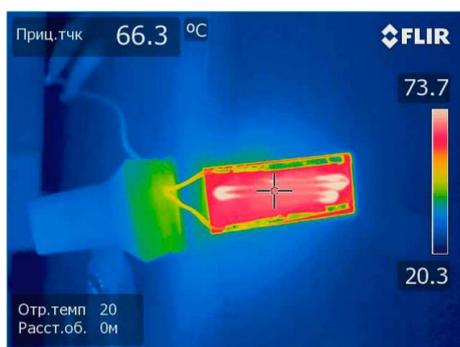


Рисунок 1 – Термограмма поверхности пленочного нагревателя, изготовленного на основании из анодированного алюминия на экране тепловизора

Областью применения плоского электронагревателя могут быть различные отрасли промышленности: аэрокосмическая, станкостроительная, автомобильная, пищевая, медицинская и т. д. — там, где необходимо получить низкозатратный с экономической точки зрения нагрев рабочей поверхности при ограничениях на размеры нагревательного элемента. Это может быть оборудование, которое подвергается воздействию экстремально низких температур. Например, жидкокристаллические экраны; сенсорные экраны; камеры видеонаблюдения; зеркала заднего вида автомобилей; радиоэлектронная аппаратура и компьютерная техника. Могут также использоваться в перерабатывающей промышленности, при производстве мебели, в составе различного оборудования в сельском хозяйстве, легкой промышленности, машиностроении, автомобилестроении и медицинской аппаратуре.

УДК 004.514.62

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ АЙТРЕКЕРА В ЗАДАЧАХ ВНУТРИГРУППОВОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЭРГОНОМИКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Маркина А.А., Дубицкий А.В.

Брестский государственный технический университет

e-mail: asyamarkina2@gmail.com

Abstract. *The analysis of eye tracking technology application for the means of usability research in intragroup testing is presented with focus on human physical and psychological peculiarities. Experimental approach used by authors is discussed as far as visualization of experiment data and limitations of the approach.*

При взаимодействии с современным программным обеспечением зрение играет роль основного, а в ряде случаев и единственного канала восприятия информации. Изображение, формируемое на сетчатке светом, проходящим через зрачок, хрусталик и стекловидное тело, обрабатывается и распознается мозгом с помощью 24 базовых стереотипов – геометрических пиктограмм или геонов, из которых строятся все остальные объекты [1]. При этом четкое и детализированное зрение, обеспечиваемое центральной частью сетчатки, известной как макула или желтое пятно, охватывает крайне небольшую площадь, но него отводится половина процессов обработки информации зрительной коры головного мозга. Соответственно, детализированная информация получается с помощью зрительной выборки и сканирования [2].

Окулографическое исследование подразумевает анализ движения взгляда и зон визуальной фокализации, на которых концентрируется взгляд. Его применение для оценки эффективности человеко-машинного взаимодействия можно разделить на три категории [3]:

- выяснение причин возникших затруднений (долгое заполнение формы и др.), в особенности, связанных с заметностью элементов, точками фокуса внимания, ментальной нагрузкой и отвлечениями;
- выявление особенностей поведения пользователей (стратегии визуального поиска, паттерны чтения и сканирования);
- сравнение нескольких дизайнерских решений в совокупности с другими видами тестирования (анкетированием, биометрической оценкой).

Последняя категория является наиболее трудоёмкой, т.к. требует учета корреляции между различными параметрами, соблюдения лабораторных условий, дополнительного видеопротоколирования рабочего процесса.

Внутригрупповые эксперименты, предполагающие использование небольшой группы испытуемых, представляют собой наиболее распространенный подход для задач оценки эргономики программных продуктов. Проведение исследования облегчается тем, что в данном случае отсутствует необходимость деления пользователей на группы, введения контрольной группы и использования дисперсионного анализа, как это потребовалось бы в случае с межгрупповым тестированием. Также к достоинствам подхода можно отнести экономию времени, отсутствие сложных статистических расчетов, относительную легкость в интерпретации результатов, а к недостаткам – теоретическую возможность влияния индивидуальных особенностей испытуемого на результат эксперимента [4]. В ряде случаев первичный эксперимент может быть проведен как внутригрупповой с последующим дополнением при более высокой выборке до межгруппового с помощью дополнительных межгрупповых связей, таких как гендерные и возрастные различия.

В ходе исследования методика окулографического тестирования отрабатывалась нами на задаче итеративного поиска заданной геометрической фигуры в матрице из 25 различных фигур, в режиме переключения между двумя полноэкранными окнами либо в режиме перекрывающихся окон. В начальном этапе тестирования принимали участие 13 человек (3 женщины и 10 мужчин) в возрасте от 18 до 25 лет. Для уменьшения «эффекта последовательности», вызванного индивидуальными особенностями испытуемых, был проведен статистический межгрупповой анализ результатов серии тестов с разделением на две экспериментальные группы по виду теста без введения контрольной группы. Предварительное обучение респондентов позволило снизить эффект новизны программного обеспечения. Невозможность исключения фоновых естественных эффектов в ходе эксперимента учитывалось при обработке данных с помощью удаления невалидных результатов. Визуализация результатов эксперимента осуществлялась построением теплокарт и графиков смещения центра распределения (рис. 1) средствами параметров описательной статистики: выделение срединной области, через которую проходит взгляд, вычислением медианы, усредненное значение координат точки, где происходила фиксация взгляда, а также определение точки, на которой пользователь чаще всего фокусировал взгляд, с помощью моды. На основе теплокарт выявляется стандартный паттерн сканирования информации (пользователь быстро просматривает строки с минимальной фокусировкой на них), а также особенности тестовых заданий (см. теплокарту на рис. 1 справа, где четко прослеживается длительная фокусировка взгляда на изображении, предложенном для поиска, с попыткой его запоминания).

Необходимо также учитывать, что существуют физиологические ограничения, препятствующие применению данной методики: например, нистагм, который характеризуется произвольным движением глаз с высокой частотой, в результате чего мозг получает нечеткое изображение объекта, а айтрекер не в состоянии уловить фиксации взгляда.

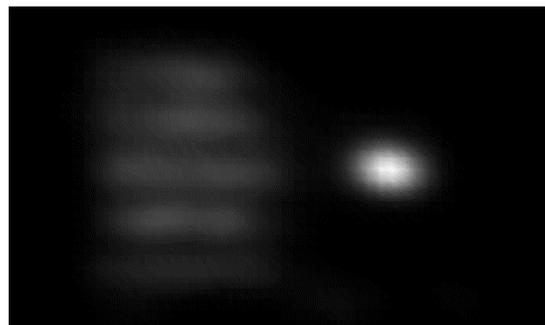
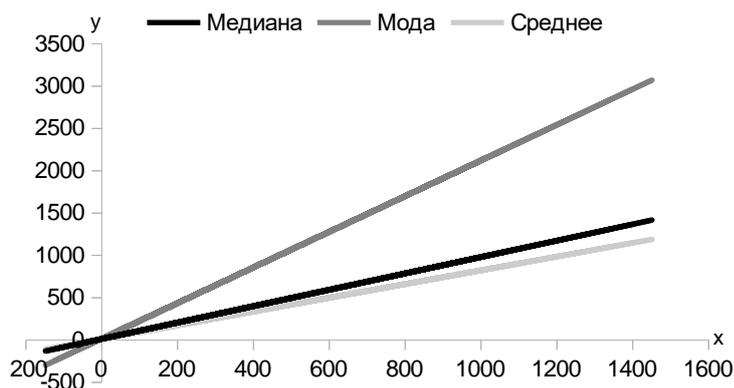


Рисунок 1 – Визуализация результатов окулографического исследования

Список литературы

1. Semmelmann K., Weigelt S. Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look // Behav. Res., 2017.
2. Titz J., Scholz A., Sedlmeier P. Comparing eye trackers by correlating their eye-metric data // Behav. Res., 2017.
3. Дубицкий А., Костюк Д., Маркина А., Фомин С. Применение айтрекеров для юзабилити-исследований ПО в GNU/Linux // Четырнадцатая конференция разработчиков свободных программ: тезисы докладов – Калуга, 22–24 сентября 2017 г. – М.: Базальт СПО, 2017. – С. 36-41.
4. Albert W., Tullis T. Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics. Elsevier, 2013. – 320 p.

УДК 004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО СНИМКА ГОРТАНИ

Навроцкий А.А., заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, кандидат физико-математических наук, доцент, e-mail: navrotsky@bsuir.by

Носкович А.Н., аспирант кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, e-mail: method21@mail.ru

Конойко Н.С., заведующий фониатрическим отделением консультативной поликлиники РНПЦ оториноларингологии, e-mail: n_konoiko@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы использования нейронных сетей для выделения объектов на фотоизображениях гортани человека.

При постановке диагноза пациентам со стенозом голосового отдела гортани необходимо измерение площади просвета гортани. Для этого решается задача выделения границ объекта на изображении, полученном методом оптической эндоскопии. Наличие шумов и искажений затрудняет выделение объекта и его границ, поэтому необходимо использование специальных алгоритмов выделения контуров и сегментирования.

Для обработки исходного изображения (рис. 1) используется нейронная сеть.

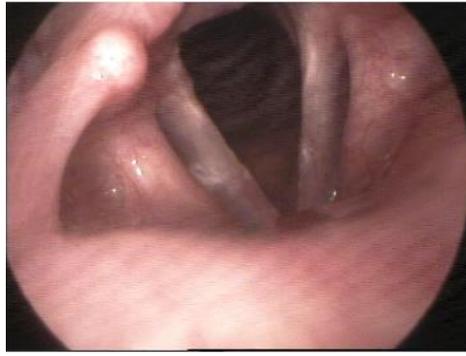


Рисунок 1 – Исходное изображение

Для реализации однослойной нейронной сети используется метод градиентного спуска, который находит локальный экстремум двигаясь вдоль градиента. Начальная точка выбирается максимально близко к выделяемой области. Градиент изображения функции $f(x, y)$ в точке (x, y) определяется как двумерный вектор:

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{bmatrix}.$$

Так как градиент определяет направление наибольшего роста функции в точке, то для поиска контура необходимо использовать антиградиент (рис 2).

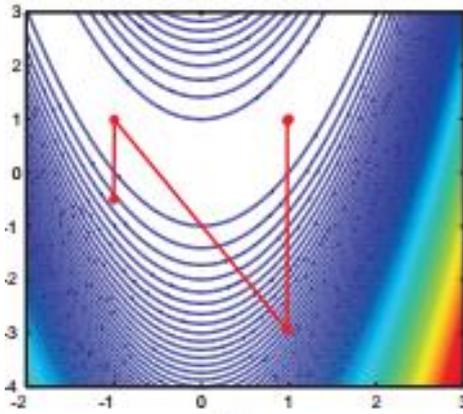


Рисунок 2 – С использованием антиградиента

В качестве границы измерения ошибки возьмём среднеквадратичное отклонение.

График E представляет собой параболическую поверхность, у которой должен быть один единственный минимум. Следовательно, нужно исправлять веса так, чтобы двигаться к этому единственному минимуму. Для этого будем двигаться в сторону, обратную градиенту. Градиент — направление, в котором достигается наибольший прирост значений. Градиент вычисляется следующим образом:

$$\nabla E(w_0, \dots, w_n) = \left[\frac{\partial E}{\partial w_0}, \frac{\partial E}{\partial w_1}, \dots, \frac{\partial E}{\partial w_n} \right].$$

Чтобы подправить веса, нужно вычислить градиент и отнять вектор какой-нибудь наперёд заданной длины:

$$w_i \leftarrow w_i - \eta \frac{\partial E}{\partial w_i}.$$

В данном случае подсчёт градиента будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{\partial E}{\partial w_i} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m \frac{\partial}{\partial w_i} \left(t^j - \sum_0^n w_i x_i^j \right)^2 = \sum_{j=1}^m \left(t^j - \sum_0^n w_i x_i^j \right) (-x_i^j).$$

Изменения весов примут вид:

$$w_i \leftarrow w_i + \eta \sum_j \left(t^j - \sum_0^n w_i x_i^j \right) x_i^j.$$

Используется алгоритм обучения персептрона, который позволяет минимизировать ошибки, возникающие из-за наличия шумов и искажений на изображении. Результат работы программы представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – С использованием алгоритма обучения персептрона

Создана нейронная сеть, позволяющая с достаточной точностью определить границы гортани на эндоскопических снимках, имеющих шумы и искажения.

Литература

1. Тропченко А.Ю. Методы вторичной обработки изображений и распознавания объектов. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2012. – 52 с.
2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М., 2004.
3. МГУ, ВМиК, кафедра «Математические методы прогнозирования». Местецкий Л.М., 2002–2004.
4. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений. // СПбГУ ИТМО. – 2008. – С. 192.
5. Абламейко С.В. Обработка оптических изображений клеточных структур в медицине. // Мн., 2005.

УДК 004.054

АВТОМАТИЗАЦИЯ АУДИТА ВЕБ-САЙТОВ ПО ЮЗАБИЛИТИ-ПОКАЗАТЕЛЯМ

Попкова Д.В.

Полоцкий государственный университет

e-mail: d.porkova@pdu.by

Аннотация. В статье рассмотрено понятие и критерии аудита юзабилити сайтов. Представлен сервис, автоматизирующий процесс тестирования оформления и удобства использования веб-ресурсов.

Abstract. The article considers the concept and criteria for the audit of website usability metrics. Provided the service that automates process of testing design and usability of web resources.

Многочисленные исследования психологов и интернет-маркетологов показывают, что современные пользователи с каждым годом становятся все более нетерпеливыми и поверхностными. По данным, приводимым исследовательской компанией «Nielsen Norman Group», средняя продолжительность нахождения пользователя на одной странице сайта составляет всего 27 секунд. При этом до самого конца страничку прокручивают лишь немногие посетители.

Это означает, что главная цель создателей сайта – суметь заинтересовать пользователя. Причем на достижение этой цели отводится буквально несколько секунд. Менее чем за полминуты случайному посетителю нужно объяснить, где он находится, чем этот ресурс отличается от других и какую выгоду можно здесь получить. Если человек не успеет получить эту информацию за те самые 27 секунд, он просто уйдет на другой сайт.

Для повышения посещаемости веб-ресурсов необходимо, чтобы он находился как можно выше в поисковых системах. Для этого сайт должен быть оформлен должным образом, привлекать внимание пользователей с первых секунд его использования.

Вопросами того, как привлечь и удержать на сайте посетителя занимается юзабилити. Проще говоря, usability – пригодность к использованию. Для того чтобы веб-ресурс оценили пользователи, он должен быть простым, но в то же время запоминающимся, а самое главное – удобным и содержательным.

Наиболее важными критериями при оценке сайта являются:

1. Расположение в топе поисковых систем.
2. Дизайн, в нем самое важное оформление главной страницы.
3. Структура сайта, то есть расположение наиболее важных элементов в поле зрения человека.
4. Навигация – это удобство использования элементов управления.
5. Элементы веб-ресурса такие как: качество рисунков и видео, переход по ссылкам и т.д.
6. Наличие поля для поиска, а также его расположение и работоспособность.

Работы по улучшению юзабилити интернет-ресурса начинаются с его тщательного и всестороннего аудита, то есть анализа. Аудит юзабилити позволяет выявить наиболее актуальные проблемы сайта с точки зрения его удобства и приемлемости для пользователей.

Большую часть своего времени тестировщики и аудиторы тратят на проверку интерфейса и удобства использования, при этом мнения одного человека недостаточно. Из этого можно сделать вывод, что тестирование юзабилити достаточно трудоемкий и ресурсозатратный процесс. В целом, для своевременной, рациональной, эффективной деятельности сайтов необходимо внедрение программ по автоматизации процесса тестирования.

Проблему удобства использования и оформления сайтов предлагаю решить с помощью разработанного онлайн-сервиса аудита сайтов для повышения показателей юзабельности.

Сервис даёт оценку по набору наиболее важных критериев, таких как скорость загрузки, работоспособность ссылок, наличие поиска, адаптивность, цветовая гамма и т.д. Немаловажным является тот факт, что система ведет диалог с пользователем, даёт рекомендации по улучшению сайта, а компания-заказчик сама решает стоит ли учитывать советы.

Одна из возможностей сервиса сохранять результаты в виде Excel-файлов. Пример проверки сайта можно увидеть на рисунке 1.

	A	B	C	D
1	Адрес проверенного сайта: http://manidoro.by/			
2				
3	Результаты проверки:			
4	№	Название проверки	Результат	Рекомендация
5	1	Цветовая гамма	Пройдена	
6	2	Шрифт	Пройдена	
7	3	Оступы	Пройдена	
8	4	Работоспособность ссылок	Пройдена	
9	5	Наличие поиска по сайту	Пройдена	
10	6	Скорость загрузки сайта	Пройдена	
11	7	Наличие логотипа	Пройдена	
12	8	Контрастность	Пройдена	
13	9	Наличие контактной информации	Пройдена	
14	10	Соответствие логики сайта	Пройдена	
15	11	Адаптивность	Пройдена	
16	12	Оформление текста	Не пройдена	Почистите HTML-код от лишнего мусора
17	13	Уникальность	Пройдена	
18	14	Читаемость текста	Не пройдена	Увеличьте шрифт
19	15	Изображения	Не пройдена	Оптимизируйте изображения
20				
21	Статистика			
22	Пройдено проверок:			80%
23	Не пройдено проверок:			20%
24	Всего не пройдено:			73%
25				
26	Дополнительные рекомендации:			
27	1	Добавьте на сайт отзывы		
28	2	Сократите JavaScript		

Рисунок 1 – Результат проверки сайта онлайн-сервисом

Разработанный сервис учитывает особенности некоторых видов сайтов, для этого следует выбрать подходящий вид веб-ресурса при указании URL-адреса.

Разработанный сервис позволит вывести деятельность аудиторов и обычных пользователей сайтами на профессиональный и современный уровень: максимально упростить выполнение функций, большинство из которых связаны с огромными объемами информации, повысить качество выходной информации: недостатков оформления и удобства использования, составления отчета с вариантами решения данных проблем, сократить сроки их выполнения.

УДК 004.4

СЕРВИС ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ

Рудькова Т.С.

Полоцкий государственный университет

e-mail: rs21tatyana@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена вопросу разработки программного сервиса для обучения решению задач на графах. Обучение происходит на практике – что более эффективно. Пользователь получает практические навыки, что повышает уровень его интеллекта и воображения.

Abstract. The article is devoted to the development of a software service for learning to solve problems on graphs. Training takes place in practice - which is more effective. The user gets practical skills, which increases the level of his intelligence and imagination.

В настоящее время исследования, относящиеся к математике, занимают все более значимое место. Проблема выбора оптимального варианта решения различного рода прикладных задач, относится к числу наиболее актуальных технико-экономических задач. Используя теорию графов можно решить ряд тесно связанных между собой задач.

Для повышения качества обучения, развития математических и логических способностей, воображения и повышения интеллекта, разработан онлайн-сервис, который помогает в обучении решению и наглядному представлению задач на графах. Данный программный сервис позволяет изучить структуры алгоритмов для решения таких задач и практическим путем закрепить эти знания. Основные функции программного продукта:

- генерация графа (отображение вершин и ребер графа);
- возможность выбора алгоритма решения задачи (алгоритм Прима и Краскала (алгоритмы нахождения остова минимального веса), Флери (алгоритм построения эйлера цикла в связанном графе), Литла (алгоритм построения гамильтова цикла в связанном графе), Дейкстры (алгоритм поиска кратчайших путей на сети), Форда-Фалкерсона (алгоритм нахождения максимальной величины потока по сети), алгоритм укладки графа);
- возможность отслеживания промежуточных вычислений решения задачи;
- возможность получения подсказок по текущему шагу решения;
- возможность отменить любое свое действие;
- получение истории действий пользователя и результата решения;
- возможность просмотра рейтинга успеваемости.

К сервису выдвигаются функциональные и технические требования, требования к надёжности. К функциональным характеристикам относятся требования: автоматизация процесса генерации графа; обработка и хранение основной информации для решения задачи; автоматизация процесса составления отчета о проделанной работе.

Для того чтобы программный комплекс был удобен в использовании и конкурентоспособен, были выделены требования: ресурс должен иметь интуитивно понятный интерфейс для пользователя; минимизация количества действий с целью более эффективного использования разрабатываемого программного ресурса; возможность работы с большими объемами данных; организация стабильности работы программного ресурса.

В качестве среды разработки программного продукта была выбрана технология ASP.NET (Active Server Pages), MVC 5 (Model-View-Controller) и язык C#, являющийся самым популярным языком для написания бизнес логики на платформе .NET.

При запуске сервиса, для начала работы необходимо зарегистрироваться, затем выбрать пункт меню «Граф» и один из способов создания графа (сгенерировать автоматически, по матрице смежности или инцидентности). Существует возможность выбора настроек генерируемого графа: ориентированный или неориентированный граф; количество вершин и ребер; алгоритм решения поставленной задачи, которые приводятся с учетом уже выбранного вида графа; режим работы (решение, обучение или экзамен).

При успешной генерации графа выводится страница, в которой производятся все дальнейшие действия, а также информативные блоки, помогающие в решении задачи.

Блок «Подсказки», выводит информацию, которая помогает пользователю сделать правильный выбор ребра или вершины. Так же показывает различные аспекты, присущие данной итерации алгоритма, например, выбор ребра минимального веса. Своеобразной подсказкой является подсветка различными цветами вершин и ребер. Вершины могут подсвечиваться двумя цветами: красным или синим. Красный цвет вершины указывает на то, что вершина уже выбрана, синий цвет – данная вершина еще не выбрана. Ребра могут быть следующих цветов: зеленый, белый, серый или желтый. Зелёный цвет ребра указывает на то, что выбрано правильное ребро, белый цвет у ребра показывает то ребро, которое можно выбрать на текущем шаге. Красный цвет – на то, что ребро выбрано не верно. Ребра, которые потенциально являются правильными, подсвечиваются желтым цветом. Для включения подсказок предусмотрен режим обучения, а для выключения – режим экзамена.

Блок «Интерактивных вычислений» помогает пользователю понять, как каждый из шагов решения задачи изменяет некоторые переменные в алгоритме, оценить правильность решения. В этом блоке выводятся значения ключевых переменных в алгоритме.

Блок «Ошибки» появляется в случае, если пользователь сделал неправильный шаг в решении задачи в режиме обучения. В этом блоке можно увидеть и понять, почему программа сделала вывод, что ход решения пользователя ошибочный.

Блок «Последние действия» отслеживает количество итераций, которые он совершил, позволяет вернуться к любому своему шагу, чтобы исправить решение. В самом низу рассматриваемого блока, выводится выбранный алгоритм для решения поставленной задачи, режим работы, а также время, затраченное на ее решение.

При успешном решении задачи, представленном на рисунке 1, выводится ответ в той форме, которую предполагает выбранный пользователем алгоритм (например, согласно алгоритму «Прима» – построено дерево решений и найден остов графа минимального веса), а также вспомогательная информация (время, затраченное на решение, ошибки, советы).

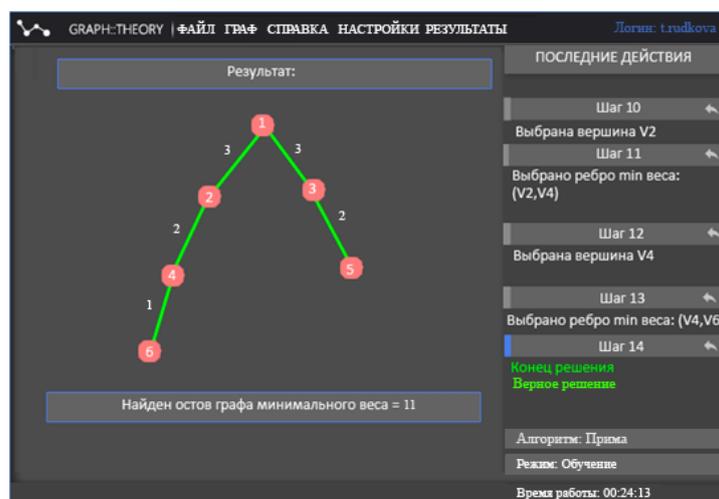


Рисунок 1 – Интерфейс страницы при успешном решении задачи

Таким образом, разработанный программный сервис с интуитивно понятным интерфейсом позволит освоить алгоритмы и получить практические знания в решении выбранных задач.

УДК 621.365.46:621.396.6

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ПРОФИЛЯМИ МОНТАЖНОЙ ПАЙКИ

Хацкевич А.Д., Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
e-mail: vlanin@bsuir.by

Abstract. The automation stand on the basis of the programmed logic controller is developed for management by temperature profiles of assembly soldering.

С развитием приборостроения, радиоэлектроники, автомобилестроения и авиастроения резко повысились объемы паяных соединений. Однако с приходом поверхностного монтажа, с уменьшением размеров компонентов до почти невидимых глазу, пайка паяльников вытеснена из серийного производства электронных модулей. Появились

высокопроизводительные бесконтактные технологии пайки – нагрев горячим воздухом, индукционный, лазерный и элетронно-лучевой нагрев [1].

Индукционный метод бесконтактного нагрева электропроводящих материалов токами высокой частоты широко применяется в технологии пайки. Основными его преимуществами являются высокоскоростной разогрев электропроводящего материала, возможность нагрева в атмосфере защитного газа, отсутствие загрязнения заготовки, локальность и избирательность нагрева. Питание индукционных нагревателей осуществляется мощными высокочастотными (ВЧ) инверторами. Управляя инвертором можно задавать необходимый режим пайки, выдерживая определенную температуру в течении заданного времени. Управление ВЧ инвертором может осуществляться посредством изменения питающего напряжения силового модуля. При использовании систем управления на основе промышленных контроллеров можно автоматизировать управление термическим циклом процесса пайки при заданных параметрах.

В автоматизированных системах управления технологическими установками широко применяются микроконтроллеры, промышленные компьютеры и программируемые логические контроллеры (ПЛК). В отличии от микроконтроллеров с ограниченным количеством входов и выходов, ПЛК имеют модульную структуру: главный модуль с необходимыми интерфейсами и входами питания, ряд дополнительных модулей, осуществляющих прием, обработку и выдачу различных цифровых и аналоговых сигналов. Количество этих модулей для одного ПЛК ограничено (от 16 до 256 в зависимости от модели), однако существует ряд решений для увеличения их количества (установка промежуточных блоков питания и усилителей сигналов) [2].

Контроллер Beckhoff CX9000 выделяется наличием большого количества одновременно подключаемых интерфейсов связи (COM, USB, DVI, Ethernet), большим объёмом энергонезависимой и оперативной памяти, простотой в обслуживании и средней ценой. Для автоматизированного стенда управления ВЧ инвертором использованы программируемый логический контроллер Beckhoff CX9000 и панель оператора WeintekMT607i (рисунок 1). Твердотельное реле серии HD2522.10U применено для непрерывного регулирования напряжения нагрузки от 0 до 230 В пропорционально входному сигналу управления. Максимально допустимые рабочие токи составляют 20 А. Одноканальный модуль аналогового выхода KL4001 управляется контроллером по шине K-BUS. Задавая значение переменной от 0 до 32767, на выходе модуля регулирую напряжение от 0 до 100 В. Автоматические выключатели ETI ETIMAT 6 C10 2P и ETI ETIMAT 6 C4 2P ограничивают ток потребления в 10 А и 4А соответственно по двум подключенным полюсам.

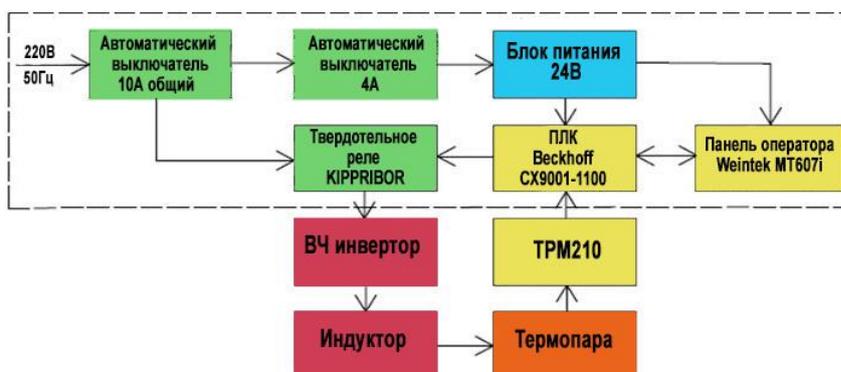


Рисунок 1 – Схема автоматизированного стенда

На передней панели установлена панель оператора WeintekMT607i, на которой можно выбрать необходимый режим нагрева, величину питающего напряжения инвертора, наблюдать термограмму и текущие показатели процесса. Данная панель представляет собой

7 дюймовый сенсорный резистивный экран разрешением 800x480 пикселей в паре с процессором ARM RISC, тактовой частотой 400 МГц, 64 Мб оперативной памяти и 128 Мб встроенной flash памяти. В качестве интерфейсов связи выступают два COM порта, переключаемые между RS232 и RS485, два USB порта (USB 1.1 и USB 2.0), слот для SD карт, Ethernet и линейный аудиовыход.

Принцип работы стенда следующий: сетевое напряжение через автоматические выключатели подается на блок питания, преобразующий сетевое напряжение в напряжение питания 24 В для панели оператора и контроллера. Контроллер с помощью модуля аналогового выхода управляет силовым модулем, изменяя напряжение питания ВЧ инвертора от 0 до 230 В.

Показания термопары считываются цифровым измерителем-регулятором температуры ТРМ210, передаются на контроллер и отображаются на панели оператора промышленного компьютера в виде графика. Изменяя напряжение питания инвертора, регулируют скорость нагрева детали в индукторе, подключенном к высокочастотному инвертору. Так же возможна регулировка частоты управляющих импульсов от 60 до 300 кГц. Для конфигурирования контроллера используется пакет TwinCAT System Manager. Пакет TwinCAT PLC Control необходим для создания и отладки программы контроллера. Для создания программы с визуальным отображением информации для оператора используется InduSoft Web Studio 6.1. Передача информации между контроллером, панелью оператора и измерителем ТРМ210 производится с помощью протокола Modbus RTU по интерфейсу RS485.

Подключив ко входу термопару, наблюдают текущее значение температуры датчика на индикаторе. Это значение измеряется и передается в сеть MODBUS-RTU по интерфейсу RS-485. Таким образом, регистрируют данные на персональном компьютере с помощью преобразователя OWEN RS585-USB, либо на любом другом устройстве, поддерживающем данные протокол и физический интерфейс.

Литература

1. Ланин В.Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В.Л. Ланин, А.П. Достанко, Е.В. Телеш. – Минск: Издательский Центр БГУ. – 2007. – 574 с.
2. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – М.: Горячая линия – Телеком., 2009. – 608 с.

УДК 62-83-52(075,8)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Хоу Ябо

Белорусский национальный технический университет

e-mail: houyabo@gmail.com

Abstract. *In this paper the sort overview is presented on the electrical traction drives for the vehicle. The electrical traction drives for the vehicle must provide the effective energy consumption, the effective velocity and torque regulation and security. The electrical drives based on different electrical motors types can be employed. The most useful for the vehicle traction drive is the permanent magnet synchronous motor (PMSM). The electrical traction drives control improvement with PMSM is an important direction for research.*

Тяговый электропривод электромобиля должен удовлетворять требованию энергоэффективности, обеспечивать хорошую управляемость и безопасность. Повышение энергоэффективности может идти по нескольким направлениям. Это выбор энергоэффективного тягового электродвигателя [1-4], применение экономичного источника электрической энергии и преобразователя электрической энергии, синтез эффективного управления. В обзоре [3] энергосберегающих электрических машин указаны пути энергосбережения: применение магнит-

ных материалов с высокой магнитной проницаемостью, оптимизация размеров, уменьшение воздушного зазора, усовершенствование вентиляции.

Многие исследователи [2-4] считают синхронную машину с постоянными магнитами (СМПМ) самой перспективной с точки зрения энергоэффективности. СМПМ имеет высокий КПД, длительный срок службы, низкий уровень шума. Недостаток СМПМ: высокая стоимость из-за использования в конструкции редкоземельных металлов. СМПМ, несмотря на это, перспективна для электромобиля.

В последнее десятилетие появились новые конструкции электродвигателей, разрабатываемых с целью повышения энергоэффективности и снижения материалоемкости и массы приводов на основе таких электродвигателей. В [1] представлены результаты исследований и модельных испытаний синхронной индукторной машины модульной конструкции. В статье указаны преимущества модульной синхронной индукторной машины: ее конструкция позволяет максимально сократить магнитные линии, исключить лобовую часть обмоток в машине, увеличить габаритную мощность машины. По принципу действия индукторная машина модульной конструкции является синхронной реактивной машиной.

Универсальная структура математической модели управляемых электрических машин переменного тока [2] позволяет учесть все возможные виды управления машин переменного тока, включая продольно-поперечное управление цепей возбуждения синхронных машины.

В [4-9] рассматриваются вопросы расчета и проектирования и исследование электроприводов на базе СМПМ. В частности, в [6] рассмотрены особенности электроприводов с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения (СРМНВ), придающие электроприводу высокие энергетические и регулировочные характеристики.

Анализ требований к электроприводу электромобиля, характер влияния способа управления на его показатели [8], показывают актуальность дальнейшего исследования систем управления тяговым электроприводом на основной СМПМ и развития методов их совершенствования.

Обзор публикаций [10] по проблемам энергосбережения для тяговых двигателей электромобилей и гибридных автомобилей показывает характерные особенности, тенденции развития, способы уменьшения потерь для синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ), асинхронных (АД), вентильно индукторных реактивных двигателей (ВИРД). Рассмотрены методы уменьшения массы постоянных магнитов в СДПМ. Наиболее энергоэффективными являются синхронные машины с постоянными магнитами (ПМ), в особенности, синхронные машины со встроенными ПМ.

В статье [11] показано преимущество применения вентильной машины комбинированного возбуждения (от постоянных магнитов и обмотки возбуждения) для электрической трансмиссии транспортных средств по сравнению с машинами: вентильной магнитоэлектрической, вентильно-индукторной и асинхронной.

Математическая модель [12] для аналитических расчетов и построения систем управления электроприводами с явнополюсными синхронными двигателями и цифровой алгоритм расчета характеристик намагничивания предназначены для математического моделирования явнополюсных синхронных двигателей.

Основной задачей совершенствования тяговых электроприводов является повышение их энергоэффективности. Совершенствование тягового электропривода на базе СДПМ возможно на основе применения современных аккумуляторов и двигателей с улучшенными характеристиками.

Список использованных источников

1. Герман-Галкин С.Г. Модульная синхронная индукторная машина в системе электропривода / С.Г. Герман-Галкин, В.В. Лебедев, А.В. Бормотов // «Мехатроника, автоматизация, управление». – Том 16, №11, 2015. – С.731-737.

2. Мустафаев Р.И. Универсальная структура математической модели управляемых электрических машин переменного тока / Р.И. Мустафаев, Л.Г. Гасанова // «Электричество», №2, 2015. – С.40-48.
3. Шумов Ю.Н. Энергосберегающие электрические машины / Ю.Н. Шумов, А.С. Сафонов // «Электричество», №4, 2015. – С.45-57.
4. Балковой А.П. Эффект модуляции параметров магнитного поля в синхронных машинах / А.П. Балковой, В.К. Цаценкин. (ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ») // «Электротехника», №2, 2015. – С.5-13.
5. Григорьев М.А. Синтез электроприводов, реализующих предельные режимы работы по быстродействию и перегрузочной способности / М.А. Григорьев, // «Электротехника», №12, 2015. – С.15-18.
6. Усынин Ю.С. Основные положения теории и практики электроприводов с синхронными реактивными двигателями независимого возбуждения / Усынин Ю.С., Григорьев М.А., Шишков А.Н. // «Электротехника», №12, 2015. – С.22-25.
7. Шмарин Я.А. Статические характеристики синхронного электропривода с постоянными магнитами / Шмарин Я.А., Кодкин В.Л., Аникин А.С. // «Электротехника», №12, 2015. – С.41-44.
8. Григорьев М.А. Тяговый электропривод электромобиля / М.А. Григорьев, Н.И. Наумович, Е.В. Белоусов. // «Электротехника», №12, 2015. – С.53-56.
9. Афанасьев А.А. Аналитический расчёт магнитного поля магнитоэлектрического двигателя на основе конформных и зеркальных отображений / А.А. Афанасьев, Д.И. Ахметзянов // «Электричество», №4, 2016. – С.41-48.
10. Шумов Ю.Н. Энергосберегающие электрические машины для привода электромобилей и гибридных автомобилей (Обзор зарубежных разработок) / Ю.Н. Шумов, А.С. Сафонов // «Электричество», №1, 2016. – С.55-65.
11. Ганджа С.А. Электротрансмиссия транспортных средств на базе вентильных машин комбинированного возбуждения (С.А. Ганджа, И.Е. Киесш) // «Электричество», №2, 2016. – С.52-57.
12. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование явнополюсных синхронных двигателей с автоматическим подбором параметров локальных характеристик намагничивания / Р.Т. Шрейнер, В.Н. Поляков, А.В. Медведев // «Электричество», №2, 2016. – С.57-64.

СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН, СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА»

УДК 621.791:621.793

THE INFLUENCE OF ALUMINA CONTENT IN CU-AL₂O₃ POWDER ON THE PROPERTIES OF COLD SPRAYING COATINGS

*Feng Li^{1,2}, Guan Chang¹, An Guosheng^{1,2}, Li Wensheng^{1,2}, Chang Jirong¹,
Georg Goransky³, Viktor Vaganov³*

¹*School of Materials Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, China*

²*State Key Laboratory of Advanced Nonferrous Materials Process and Recycles, Lanzhou, China*

³*Scientific-Technological Park of BNTU "Polytechnic", Minsk, Belarus*

georggoran@rambler.ru

Introduction

The effect of the content of aluminum oxide particles in copper powder on the structure and strength of adhesion of coatings, obtained by the method of cold gas-dynamic spraying, is in the focus of attention in this work.

Experiment content. Coating preparation parameters.

The main factors, influencing the particle velocity, are: gas pressure, gas temperature, feeding speed, spraying particle characteristics and spraying distance, etc. Table 1 displays experimental parameters for this experiment. Figure 1 shows micro morphology of Al₂O₃ and copper powder, mixing according to certain proportion. In this experiment preparation quality of Al₂O₃ content is respectively 5, 10, 15, 20 and 25%, five different ratio, spray in cold spraying equipment to the substrate surface. This experiment selects the copper, aluminum and steel base materials, and sandblasting processing. Table 2 shows the hardness of the base (substrate) materials.

Table 1 – Experimental parameters of cold gas-dynamic spraying

Experimental parameter	Numerical values
Gas pressure, MPa	0.5-0.8
Gas temperature, °C	300-400
Spray particle size, μm	30-40
Send the powder gas	compressed air

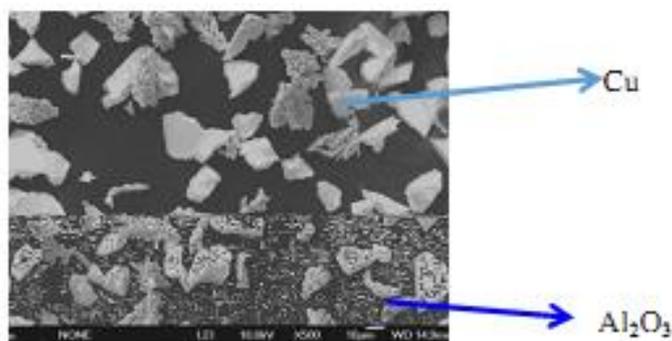


Figure 1 – Micro morphology of Al₂O₃ and copper powder

Table 2 – Substrate type and hardness

Type of the substrate material	copper	aluminum	steel
hardness HV	92.4	84.3	135.5

Coating performance testing. The thickness of the coating

The thickness of the sprayed coating, completely determining the strength of its adhesion to the substrate, is due to a number of technological parameters: the type of the powder to be sprayed, the spraying regime, and the number of cycles. In this paper, the influence of the content of aluminum oxide in the deposited copper powder on the thickness of the formed coating is investigated.

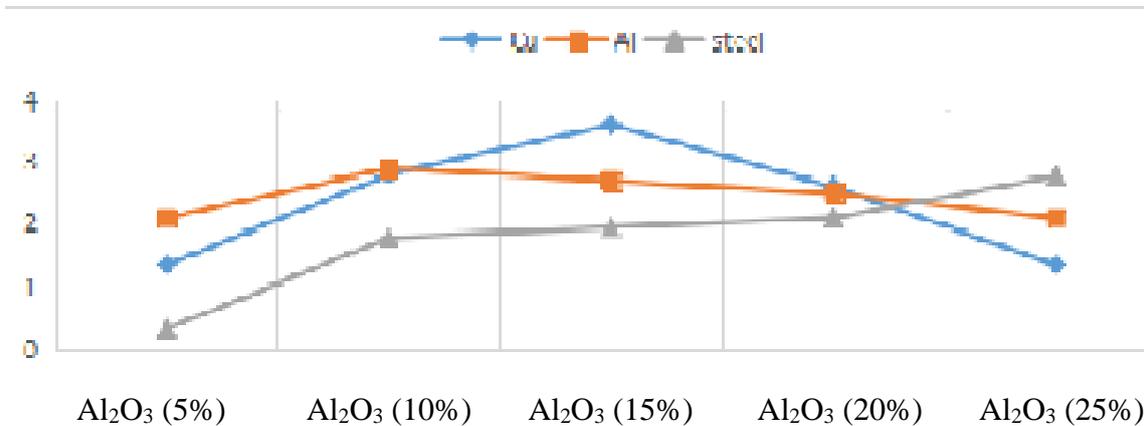


Figure 2 – Effect of the content of aluminum oxide in the deposited copper powder on the thickness of the coating, applied to different substrates (copper, aluminum, steel)

The Figure 2 shows, that all kinds of powder are available on copper, aluminum and steel substrate to achieve a good deposit. With the remaining parameters of the deposition process, the maximum coating thickness in one pass is achieved with aluminum oxide content in the range of 10 to 20%.

Bonding strength. In all the experiments, a minimum adhesion strength of the coating was found when the content of aluminum oxide additives in the copper powder was about 15% (Figure 3). The destruction occurred at the interface between the coating and the substrate, and not over the coating itself. This shows that the cohesion strength in the coating is large enough, that is, the grasping of the particles with the copper particles of the matrix takes place.

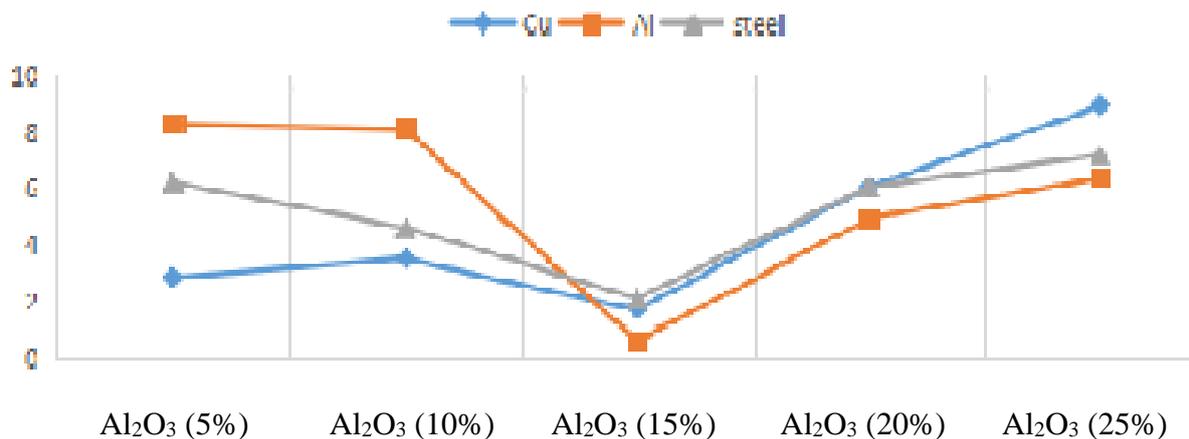


Figure 3 – Effect of the content of aluminum oxide in the deposited copper powder on the adhesion strength of the coating, applied to different substrates (copper, aluminum, steel)

The content of aluminum oxide in the copper coating. During the deposition of the coating, a certain amount of alumina particles is reflected off the surface of the substrate, which explains the decrease in the ceramic content in the formed coating. According to the coating interface microstructure pictures by using ImageJ software can accurately calculate the content of the ceramic phase in the coating (table 3).

Table 3 – The losses of Al₂O₃ during the deposition of the coating

% of Cu in the powder	75	80	85	90	95
Cu substrate	0.21	4.94	10.69	9.73	15.58
Al substrate	2.96	7.45	12.02	15.88	21.15
Fe substrate	1.95	6.11	10.36	17.13	14.61

Relationship of coating thickness and bonding strength. Adhesion strength of the copper coating, applied to different substrates (copper, aluminum, steel), versus different coating thicknesses is shown at figure 4.

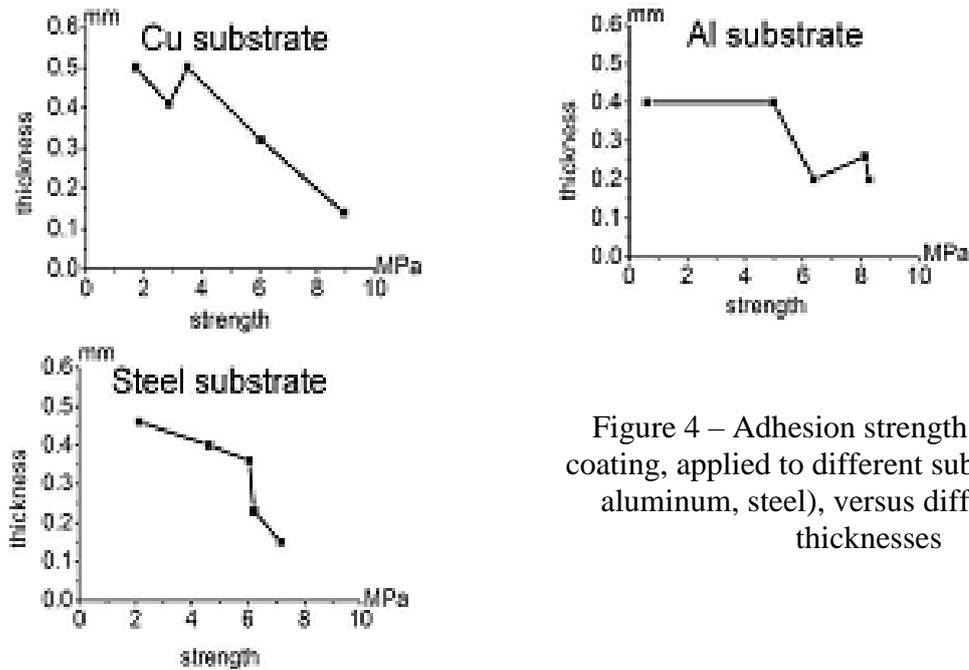
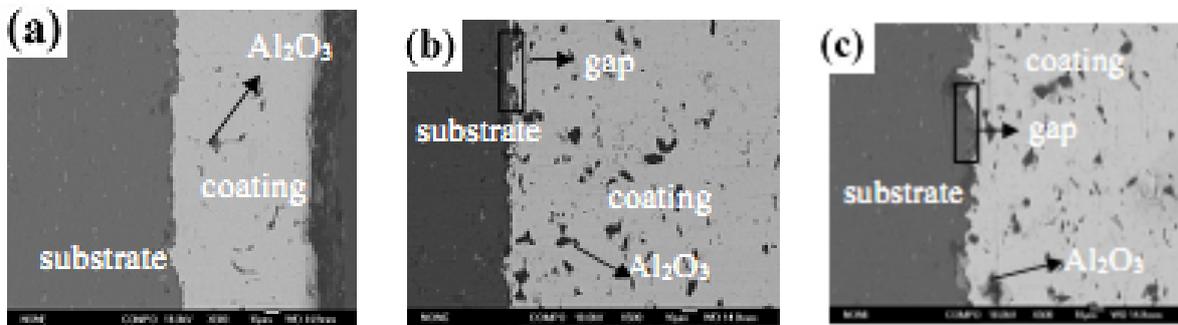


Figure 4 – Adhesion strength of the copper coating, applied to different substrates (copper, aluminum, steel), versus different coating thicknesses



The thickness of coatings, mm: 0.20 (a), 0.26 (b) and 0.40 (c)

Figure 5 – Microstructure of a copper coating, applied to an aluminum substrate

The microstructure of coatings of various thicknesses has been studied by SEM metallographic analysis and is shown in Figure 5. When the coating thickness for 0.20 mm, almost no pores between coating and substrate. As the thickness of the coating increases, there is a tendency to increase the porosity.

Conclusions. The cold gas dynamic spray was used to prepare the Al₂O₃-Cu alloys coating on Al, Cu and steel substrate with the mixture of pure Al₂O₃ powder and pure copper powder. The effect of different contents of ceramics in a powder mixture on properties of the coatings is analyzed. The results showed that at relatively high substrate hardness, different ratios of ceramics did not significantly affect the bond strength.

Al₂O₃-Cu coating on Al substrate can get largest thickness when the mixed powder includes 10% Al₂O₃. Al₂O₃-Cu coating on Cu substrate can get largest thickness when the mixed-powder includes 15% Al₂O₃. Al₂O₃-Cu coating on steel substrate can get largest thickness when the mixed-powder includes 25% Al₂O₃.

Al₂O₃-Cu coating on Al substrate can get maximum bond strength when the mixed-powder includes 10% Al₂O₃. Al₂O₃-Cu coating on Cu substrate can get maximum bond strength when the mixed-powder includes 20% Al₂O₃. Al₂O₃-Cu coating on steel substrate can get maximum bond strength when the mixed-powder includes 25% Al₂O₃.

The more the coating thickness - the lower the bond strength.

УДК 624.21

ВІМ ТЕХНОЛОГІЇ В СОЗДАНИИ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Белая Е.В., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: white.elizabeth.4344@gmail.com

Abstract. *Information modeling is one of the leading brunches in designing sphere of possible building objects. In this article the main advantages of BIM technology while creating architectural constructions are described.*

BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) – информационное моделирование здания или его информационная модель [1].

Информационное моделирование здания – один из подходов к строительству объекта, в процессе проектирования которого рассматривается вся информация о нём. Сбор, актуализация, документальная фиксация и комплексная обработка всей архитектурной, конструкторской, технологической, и экономической информации о здании со всеми ее зависимостями и взаимодействиями помогают рассматривать объект и всё что к нему относится как единое целое (рис. 1).



Рисунок 1 – Информационная модель здания в предполагаемой окружающей среде

3D модель любого строительного объекта неразрывно связана с информационной базой данных, в которой можно присвоить каждому элементу модели дополнительные свойства и атрибуты. Особенностью информационного моделирования является то, что строительное сооружение по факту проектируется как единый объект, а изменение одного из параметров может повлечь за собой автоматическое преобразование остальных компонентов, которые с ним связаны.

Эксплуатация BIM технологий предоставляет огромное количество возможностей для работы с объектом на каждом этапе его создания – начиная от разработки проекта и заканчивая дальнейшей его эксплуатацией после того, как строительство будет завершено.

Также существует возможность предупреждать и эффективно устранять проблемы, возникающие в ходе строительства и эксплуатации, так как владельцы и обследователи имеют постоянный доступ ко всей информации, связанной с объектом. Это помогает своевременно принимать решения, учитывая объем всей информации, которая была заложена при проектировании объекта (стандарты, материалы, расчёты, рабочая документация). Эти возможности, несомненно, являются плюсом проекта, потому что вы имеете информацию обо всех процессах проектирования – о разработке основной концепции проекта, его строительства или реконструкции, но и о дальнейшей его эксплуатации (рис. 2).



Рисунок 2 – Поэтапное представление объекта проектирования

Информационная модель сооружения обеспечивает возможность рассмотреть несколько решений в ходе процессов проектирования и строительства сооружения, а также возможность трехмерной визуализации и виртуального осмотра объекта в BIM модели и возможность делать прогноз расходов на строительство и эксплуатацию на ранних стадиях проектирования.

Список используемой в статье литературы

1. Электронный ресурс: Википедия / BIM. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>. – Дата доступа: 27.10.2017 г.

УДК 69.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И КИНЕТИКИ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Бондаренко С.Н.¹⁾, Чулкин П.В.²⁾, Дударев Д.Е.²⁾, Коликова Е.С.¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет

²⁾Белорусский государственный университет

Введение

Для получения информации о процессах формирования и разрушения структуры цементобетонных конгломератов необходимы чувствительные к этим процессам неразрушающие методы контроля. Наиболее перспективным из них является метод электрохимической импедансной спектроскопии, который в последние десятилетия всё активнее используется в исследованиях химических и физико-химических процессов, протекающих при твердении и коррозии в объеме конгломератных строительных материалов изготовленных на основе цементобетона [1-4].

В представленной нами работе была проведено исследование кинетики процессов удаления несвязанной воды из стандартных образцов цементобетонных конгломератных материалов разной пористости с наполнителем различного гранулометрического состава,

а также процесс разрушения материала под действием циклов замораживания и оттаивания во влажной среде.

Методика приготовления образцов для электрохимических измерений

Для проведения электрохимических измерений из цементобетона были изготовлены образцы в виде стандартных балочек размерами 40x40x160 мм, которые традиционно используются для проведения испытаний прочностных характеристик. В качестве исходных компонентов (согласно ГОСТ 310.4) использовался портландцемент и нормальный фракционированный кварцевый песок в соотношении (Ц:П) = 1:3. Портландцемент, который использовался в качестве вяжущего, имел марку М 500 (ГОСТ 10178-85) и не содержал комков и химических добавок; имел нормальную плотность цементного теста (27 %) и период схватывания около 60 минут. В состав цементного вяжущего добавлялся мелкий минеральный наполнитель, представляющий из себя нормальный полифракционный кварцевый песок с размером зерен от 0,32 до 2,5 мм. Водоцементное соотношение подбиралось таким образом, чтобы расплыв конуса, определяемый на специальном приборе, не превышал 106 мм. Вода, используемая для затворения, соответствовала требованиям ГОСТ 51232 и имела температуру +25 °С. После приготовления и перемешивания до требуемой консистенции, водноцементный раствор укладывался в форму для изготовления стандартных балочек и в течение 3 минут смесь в этой форме уплотнялась на с виброплощадке. Каждая балочка снабжалась четырьмя стальными электродами, установка которых в образце проводилась по схеме, которая позволяла регистрировать спектры импеданса и контролировать влияние возможных различий потенциалов электродов на их электрохимический отклик, а также исследовать эффекты, связанные с различием расстояний между электродами. Твердение образцов приготовленных таким образом, проводилось в ванне с гидравлическим затвором в течение 28 суток.

Исследование влияния гранулометрического состава заполнителя на открытую пористую структуру цементных конгломератов

Для оценки влияния размеров пор на спектры импеданса были изготовлены три типа образцов бетона с разным гранулометрическим составом, содержащих в составе частицы диаметром от 0,32 до 0,63 мм, от 0,63 до 1,25 мм и от 1,25 до 2,5 мм.

Характеристика и оценка вклада открытой пористой структуры в изученных образцах давалась в сравнительном сопоставлении образцов различного гранулометрического состава по содержанию несвязанной воды в порах путем взвешивания этих образцов до и после высушивания до постоянного веса. Перед электрохимическими исследованиями все высушенные образцы были выдержаны двое суток в воде, для насыщения влагой. Комплексная величина импеданса в интервале частот переменного тока от 0,1 Гц до 1000 Гц была измерена потенциостатом Gamry G300 со встроенным частотным анализатором переменного тока Gamry EIS300. Для анализа спектров была использована программа EIS Spectrum Analyzer. [5].

Для воспроизводимости исследования, в каждом эксперименте производилось по два измерения на двух разных парах электродов. Каждый раз, перед началом измерения спектра импеданса, проводился замер напряжения разомкнутой цепи, с той целью, чтобы при измерении спектра импеданса, исключить воздействие каких-либо побочных электрохимических процессов. Амплитуда зондирующего воздействия при получении спектров импеданса составляла 10 мВ.

На рисунках 1 и 2 представлен характер изменения спектра импеданса цементобетонного материала после его затвердевания в течение 28 суток и последующего полного высыхания.

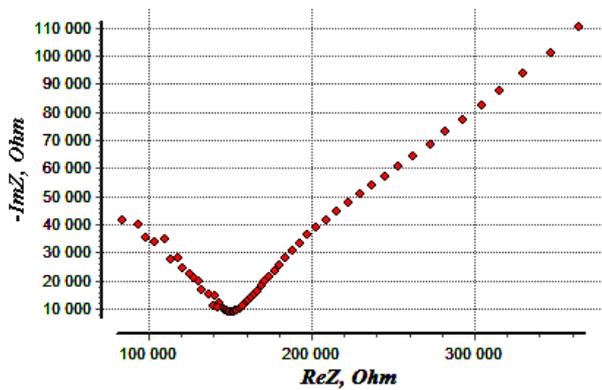


Рисунок 1 – Спектр импеданса образца цементобетона после установления квазистационарного состояния в результате затвердевания в течение 28 суток

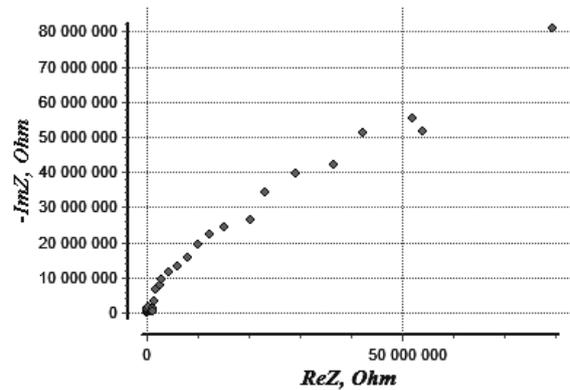


Рисунок 2 – Спектр импеданса полностью высушенного исходного образца цементобетона

***Примечание** Вид спектра импеданса полностью высушенного образца восстанавливался практически до идентичного с исходным, после контакта с водой в течение двух суток.

Анализ динамики изменения спектров импеданса показывает, что параметры, соответствующие изменению сопротивлению материала при высушивании, возрастают. Это объясняется уменьшением количества проводящего раствора в порах. Электрическая емкость при высушивании уменьшается.

Анализ спектров импеданса с использованием эквивалентных схем показал, что материал, характеризующийся наибольшим размером частиц и, следовательно, наибольшим размером пор, во влажном состоянии обладает наименьшим сопротивлением и наибольшей емкостью по сравнению с другими материалами. Однако его параметры изменяются наиболее быстро при высушивании. Это связано с относительной легкостью удаления раствора из внутренних пор по широким каналам. Материал, образованный наполнителем с частицами наименьшего размера, наоборот, менее других чувствителен к высушиванию. Эти тенденции четко проявляются при сопоставлении полученных спектров импеданса с использованием эквивалентной схемы [4]. Изменение пористости было смоделировано в некоторой степени посредством насыщения образца материала водой и последующего замораживания при температуре -15°C в течение 1 часа. После замораживания образец выдерживался в течение 1 часа при комнатной температуре, после чего регистрировался его спектр импеданса. Изменение спектра импеданса представлено на рисунке 3.

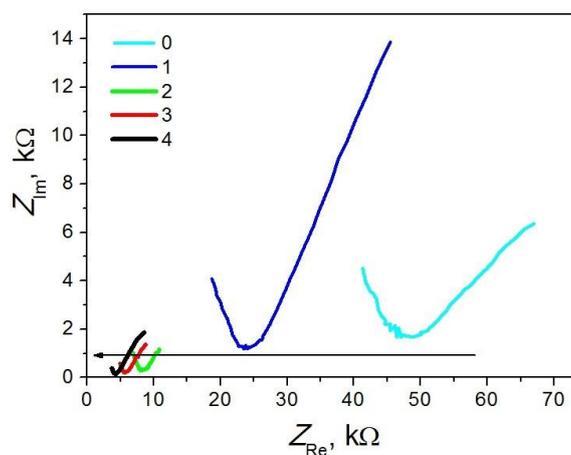


Рисунок 3 – Тенденция изменения спектра импеданса цементобетонного материала при последовательном замораживании и нагревании до комнатной температуры

Численные обозначения графиков соответствуют количеству циклов замораживание-оттаивание. Стрелка указывает тенденцию в изменении спектра.

Параметры эквивалентной схемы здесь не представлены, поскольку соответствие приведенной выше схемы спектрам, полученным после 3-го цикла замораживания, было неудовлетворительно (погрешность превышала 5%).

Уменьшение значений импеданса свидетельствует об уменьшении сопротивления материала и увеличении электрической емкости, что показал анализ спектров импеданса. Указанные изменения, вероятно, связаны с механическим расширением пор в циклах замораживание – оттаивание и дополнительным наполнением их проводящим компонентом, а также появлением новых каналов переноса заряда.

Заключение

Хотя универсальная методика анализа спектров импеданса цементобетонных материалов пока еще находится в стадии разработки и совершенствования, тем не менее, данная работа демонстрирует возможность уже на данном этапе с помощью многочастотного отклика переменного тока и анализа эквивалентных схем исследовать качественные показатели, характеризующие открытую пористость цементобетонных конгломератов.

Список использованной литературы

1. Ragoisha G.A., Bondarenko A.S. Potentiodynamic electrochemical impedance spectroscopy for solid state chemistry // Solid State Phenomena. – Vol. 90-91, 2003. – P. 103-108.
2. Christensen B.J., Coverdale R.T., Olson R.A., Ford S.J., Garboczi E.J., Jennings H.M., Mason T.O. Impedance spectroscopy of hydrating cement-based materials: measurement, interpretation, and application, J. Am. Ceram. Soc. – Vol. 77, 1994. – P. 2789-2804.
3. Jin-Ha Hwang. Impedance Spectroscopy Analysis of Hydration in Ordinary Portland Cements Involving Chemical Mechanical Planarization Slurry, Journal of the Korean Ceram. Soc. – Vol. 49. – No.3, 2012. – P. 260~265.
4. Бондаренко С.Н., Чулкин П.В., Рагойша Г.А., Коликов А.О., Бондаренко А.С. Исследование процесса твердения цементобетонного конгломерата методом импедансной спектроскопии // Наука и техника, №6, 2015. – С. 63-73.
5. Bondarenko A.S., Ragoisha G.A., EIS Spectrum Analyser, 2013 [Электронный ресурс: <http://www.abc.chemistry.bsu.by/vi/analyser/>]

УДК 69.001.5

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Васильева Е.И., Бондаренко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: kukaburo1@mail.ru

Abstract. *The use of modern technologies in the repair of highways is an urgent task. More attention is paid to the structure formation of repair materials at the micro level. The main issue is the accurate collection of data on the existing coverage, as well as the adaptation of new technologies for road repair. To solve these tasks is possible by implementing 3D-printer for road construction. The construction of 3D-models will allow for the diagnostics of pavements. And the concept of 3D-printing will make it possible to form the necessary microstructure of the repair material.*

Сформированная в настоящее время сеть дорог Республики Беларусь требует постоянного поддержания её в надлежащем состоянии. Для этого необходимо своевременное и качественное выполнение ремонтных работ.

Состав существующих покрытий по исходным материалам отличается от используемых в настоящее время ремонтных составов, поэтому актуальной задачей является обеспечение прочного контактного взаимодействия новых и старых слоев. Для этого предлагается [1] устраивать переходный микрокомпозиционный слой, который может обеспечить прочное и долговечное взаимодействие старой дорожной основы с новыми ремонтными слоями. Особенностью такого переходного контактного слоя является его градиентная структура.

Основной функцией разрабатываемого градиентного материала для промежуточных контактных зон является согласование физико-химических, термомеханических и эксплуатационных характеристик между старыми и новыми слоями дорожной одежды, что обеспечит надежную работу покрытия под интенсивными нагрузками, а также увеличит межремонтные сроки. Переходный градиентный слой будет обладать многослойной композиционной структурой с непрерывно изменяющимися по сечению свойствами [2].

Для эффективной реализации такой технологии при ремонте покрытий необходимо четко обеспечить заданное пространственное распределение проектируемого материала в контактной зоне между слоями дорожной одежды. Благодаря тому, что в основе современных 3D-технологий лежит концепция послойного нанесения материала на основе цифровой модели, использование на практике этих технологий позволяет принципиально разрешить данную задачу. Адаптация 3D-принтера для ремонта дорожных покрытий позволит создавать контактные слои с заданной геометрией расположения всех компонентов градиентного композиционного материала, что позволит обеспечить формирование оптимальных типов микроструктур.

Для практического использования данной технологии предварительно создаются 3D-модели за счет 3D-сканирования. При ремонте дорог 3D-сканирование обеспечит автоматический сбор и анализ данных о состоянии существующего покрытия. Таким образом, построение 3D-модели также позволит дополнительно проводить диагностику дороги. Во время печати принтер считывает 3D-печатный файл, содержащий данные трехмерной модели, затем последовательно наносит материал, выстраивая трехмерную модель из серии поперечных сечений. Эти слои, соответствующие виртуальным поперечным сечениям в САД-модели, соединяются вместе для создания оптимальной геометрии микроструктуры градиентного контактного слоя.

Для применения данной технологии при ремонте автомобильных дорог необходимо изменить «разрешение» принтера под проектируемый материал. «Разрешение» принтера подразумевает толщину наносимых слоев (ось Z) и точность позиционирования дозирующей головки в горизонтальной плоскости (по осям X и Y). Необходимо также проработать вопрос адаптации 3D-принтера к использованию непосредственно в местах проведения ремонтных работ.

Список использованной литературы

1. Оценка возможности формирования послойно-градиентных цементобетонных покрытий при реконструкции асфальтобетонных дорожных одежд / С. Н. Бондаренко [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 13-й Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2015. – Т. 2. – С. 205-206.
2. Калмыков А.Г., Баринов С.М., Алымов М.И. Основы технологий и применение нанокompозитов. – М.: Физматлит, 2012. – 208 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕТЬЕЙ ВЕТКИ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Гаранина Е.А., Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: your-empress-555@mail.ru, x@monogroup.by

***Abstract.** For the first time in the practice of metro construction, a mechanized tunneling complex will be used in Minsk. It will allow to shorten the construction period of the facility by a minimum of 2.5 times. The speed of the construction of tunnels with the use of such equipment is 250 m per month, despite the fact that up to now it has been from 40 to 70 m.*

Механизированный щит, который был собран на французском заводе Bessac, стоит 12 млн долларов. Прибытие оборудования в Минск планировалось на августе 2015 года, однако доставили его только на два месяца позже. На сборку щита на строительной площадке станции «Вокзальная» так же ушло несколько месяцев прежде, чем он начал свою работу.

Комплекс получил собственное имя — «Алеся» (рис. 1).



Рисунок 1 – Проходческий щит

«Алеся» лишь звучит ласково и романтично, на самом деле устройство выносливое и суровое. Во время работы стоит изрядный шум у головной части щита. Это значит, что началась разработка и подача грунта. На шнековом транспортёре расположены коронки и резцы. Под огромным давлением в специальные отверстия шенка подается специальная жидкость, которая способствует разжижению грунта. Затем порода, которая накопилась во время срезки, поступает в вагонетки. После этого дизелевоз доставляет эту породу на дальнейшую отгрузку. В то же время происходит подача тубингов на технологических тележках и их подготовка для монтажа следующего кольца, состоящего из семи элементов – шести основных и одного замка, являющегося соединяющим. При помощи блокоукладчика собирается кольцо шириной 140 см. Затем это кольцо отводится к стенкам тоннеля при помощи домкратов. Следующим шагом является закачка специального цементопесчаного раствора по трубам в пустоты между стенками и кольцом. Этот раствор должен равномерно застывать и быть очень пластичным.

Наблюдение за установкой осуществляется посредством 5 бригад рабочих: на двух – подача тубингов, на третьей – первичное нагнетание раствора, на четвертой – принятие грунта, пятое звено – операторы. Для того, чтобы щит поддерживал необходимую температуру – 5 градусов – он накрыт плёнкой. Это связано с исправностью работы гидравлики и других механизмов. Необходимая температура поддерживается с помощью калориферами. За процессом работы следит оператор и при необходимости корректирует его. В сутки скорость проходки составляет около 10 метров.

Возможности и характеристики механизированного оборудования, созданного французской компанией GSM Bessac колоссальны, если сравнивать их со щитами, которые уже используются и использовались до этого в строительстве. Длина новой установки 92 м, диаметр 6 м, а масса составляет 550 т. Благодаря этому щиту производительность стала 250 м в месяц, а это превышает работу немеханизированных щитов практически в 5 раз. Достоинствами этого комплекса являются не только высокое качество работы и её эффективность, но и безопасность обслуживающего персонала, что является немаловажным фактором. Машина сводит на ноль контакт людей с забоем, что раньше приводило к тяжелым последствиям в некоторых случаях.

Нельзя не отметить важность этой установки, которая открыла новые возможности и стала огромным шагом в строительстве минского метрополитена. Возможно, именно благодаря этому щиту жители столицы увидят новые станции раньше запланированного времени.

УДК 624.19

СУЩНОСТЬ СПОСОБА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ

Головейко К.И.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: RMA.CR7@yandex.by

***Abstract.** The paper is devoted to the stabilization of soils by artificial freezing. The article discusses a set of works, the advantages and disadvantages of this technology. This topic deserves attention, because the artificial freezing is a versatile tool for stabilizing soils and providing opportunities of work where it is impossible to apply the traditional techniques of soil stabilization.*

Метод искусственной заморозки грунтов – на данный момент один из самых надежных и универсальных способов увеличения прочностных характеристик грунтов. Заморозка грунта – это технология его искусственного понижения температуры до минусовых в его естественном залегании. Метод искусственного замораживания грунта выполняется для его стабилизации и создания некоторой степени водонепроницаемости.

Метод искусственной заморозки грунтов выполняется на различной глубине, вне зависимости от сочетания видов грунта и скорости движения подземных вод.

Технология искусственной заморозки грунтов удачно применяется при строительстве разных сооружений на слабых, неустойчивых грунтах.

Единственное ограничение – это то, что данный способ неприменим, когда скорость подземных вод превышает 200 м/сут.

По периметру и в теле будущей выработки пропускают хладагент. Как правило, в качестве хладоносителя используют охлажденный водный раствор хлористого кальция (рассол). Понемногу около всех скважин образуется ледоподобный массив. Этот массив способен воспринимать большое боковое давление слабых грунтов и напор подземных вод.

Достоинством способа искусственной заморозки грунта является то, что после остановки подачи хладагента грунт возвращается в исходное природное состояние без каких-либо перемен. Применение способа искусственной заморозки грунта становится самым разумным с увеличением глубины сооружаемой выемки. На глубинах более 35 м метод замораживания является единственно верным. Однако данный метод, как и все, имеет свои недостатки. Оттаивание грунта может приводить к деформациям сооружений, под которыми производятся работы по заморозке, в частности, если работы производятся на маленькой глубине.

РАЗРАБОТКА ГРУНТА В ЗАБОЕ ПРИ ПРОХОДЕ В СКАЛЬНЫХ И ПОЛУСКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

Гракович А.Д.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: gra41996@yandex.ru

Abstract. Description of one of the type of development of soil in the face in rocky and semi-local soils. Their varieties and ways of application. Schemes of the location of the holes in the depth of their location and a selection of explosives.

Буровзрывные работы – это система операций для разрыва скальных и полускальных пород от горного массива. Их включают в разработку зарядных полостей (шпуров), для расположения взрывчатого вещества в прямоугольно-сводчатом сечении, их заполнение и взрыва. Существует два вида взрыва: обычный и гладкий.

Обычный взрыв – это когда в первом порядке взрываются врубовые шпуры, расположенные в средней части забоя. На образованных от взрыва шпуров, от массива откалывается главная часть горной породы отбойными шпурами и в заключительную очередь, взрываются шпуры, расположенные по контуру выработки.

Под шпурами главного комплекта понимаются все кроме врубовых. Глубину шпуров главного комплекта принимают из площади поперечного сечения и крепости пород. В общем различают шпуры врубовые, вспомогательные, отбойные, контурные и почвенные (рис. 1).

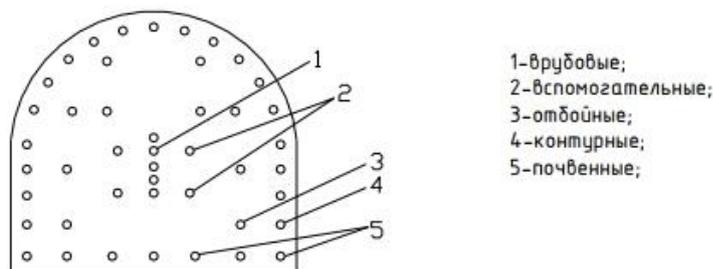


Рисунок 1 – Схема размещения различных типов шпуров

Почвенные шпуры — это вид контурных шпуров. Врубные шпуры нужны для создания сечения, которое делает проще работу отбойных и вспомогательных шпуров и повышает эффективность работы. Эти шпуры взрываются самыми первыми. В итоге их разрыва в забое появляется часть, называемая врубом. Вруб — это сумма всех врубовых шпуров. Его тип определяется по оси шпуров к плоскости забоя. Большое использование на практике получили такие разновидности как наклонные и прямые врубы. Наклонные врубы образуются шпурами, пробуренные наклонно под углом 50-75 градусов к плоскости забоя. Длина между краями шпуров должна быть не менее 10-20 см.

Гладкий взрыв – это взрыв для более точного контура выработки. Приобретение высоких качеств, получается при большем приближении оси шпуров по контуру к запроектированному сечению разработки и уменьшением длины между шпурами, с использованием взрывчатых веществ слабой мощности, с остатком большого зазора между закладками взрывчатых веществ и стенкой шпура, сосредоточенными зарядами в шпуре (рис. 2).

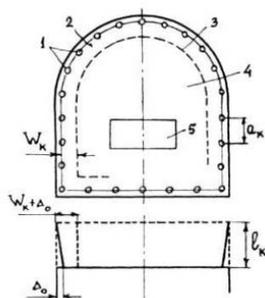


Рисунок 2 – Схема гладкого взрывания: 1 – контурные шпурсы; 2 – площадь забоя, взрываема контурными шпурами; 3 – контур обнажения, создаваемый взрывом отбойных шпуров; 4 – площадь забоя, взрываема отбойными шпурами; 5 – площадь забоя, взрываема врубовыми шпурами

Подборку взрывчатых веществ производят по методу ведения взрывных работ, обводненность поверхности. При прочих равных условиях предпочтение отдают тем взрывчатым веществам, которые наиболее дешёвые и безопасные. При гладком взрывании для создания контура используют патронированные взрывчатые вещества слабой мощности.

УДК 712.414

СПЕЦИФИКА ПОДБОРА АССОРТИМЕНТА РАСТЕНИЙ И СОЗДАНИЯ ТОПИАРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В СОВРЕМЕННОЙ ПРАКТИКЕ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МИНСКА)

Дерюжина М.А.

Белорусский государственный технологический университет

e-mail: moya_poshta@list.ru

***Abstract.** In the article features of practice of modern gardening in Minsk with use of topiary compositions of deciduous shrubs, results of the analysis of the data of field examinations of molded vegetative compositions at the most popular in urban planning architectural and landscape objects are considered.*

Применение топиарных композиций – весьма актуальное направление в практике детального архитектурно-ландшафтного оформления среды, особенно значимого для высокоурбанизированных территорий современных населенных мест. В силу специфики визуального восприятия выразительные формы фигурных стриженных композиций из декоративных растений обладают определенным потенциалом эстетического воздействия, нередко играют роль скульптурных или информативных акцентов в решении городских пространств. Среди топиарных композиций в городском озеленении обычно преобладают композиции, выполненные из лиственных кустарников. Изучение возможностей использования в современном городском озеленении стриженных композиций из лиственных кустарников осуществлялось в 2016 г. на 71 из наиболее значимых в градостроительном отношении объектов озеленения г. Минска (в ходе натурных обследований проанализированы 1993 элемента топиарных композиций).

Исследования показали достаточно высокую (92,1%) степень сохранности топиарных композиций в озеленении г. Минска в сравнении с имеющимися данными 2011–2012 гг. В то же время отмечены случаи исчезновения или сокращения числа топиарных композиций на ряде отличавшихся ранее заметным разнообразием стриженных растительных форм объектов озеленения города, связанных с элементами транспортной инфраструктуры (например, озелененная территория на пересечении пр. Любимова и пр. Дзержинского). Большой устой-

чивостью обладают топиарные композиции в составе ландшафтного оформления пространств рекреационного характера. Использованный для создания топиарных композиций на изученных объектах озеленения ассортимент лиственных кустарников представлен 28 видами и 11 декоративными формами (таблица 1). Наиболее часто используются при создании топиарных композиций на территории г. Минска бирючина обыкновенная (17,8%), кизильник блестящий (16,6%), дерен белый (10,8%), пузыреплодник калинолистный и спирея острозубчатая (по 8,0%). Применение декоративных форм лиственных кустарников отмечено в 10,8% случаев.

Таблица 1 – Применение наиболее распространенных видов и декоративных форм лиственных кустарников в топиарных композициях на обследованных объектах озеленения

Наименование видов и декоративных форм растений	Количество топиарных элементов, шт.	Высота композиции, м				Вариант композиции						
		до 0,5	0,5–1,5	1,5–3,0	более 3,0	линейная	колонна	куб, призма	шар, полусфера	абстрактная	скульптурная	многоярусная
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Барбарис обыкновенный	89	+	+	+		+			+	+		
Барбарис обыкн. ' <i>Atropurpurea</i> '	77	+	+	+		+			+	+		+
Барбарис Тунберга	50	+	+			+			+			
Барбарис Тунберга ' <i>Atropurpurea</i> '	40	+	+	+		+			+	+		
Бирючина обыкновенная	354	+	+	+		+		+	+	+	+	+
Боярышник обыкновенный	62	+	+	+	+	+	+		+		+	+
Дерен белый	215	+	+	+		+			+	+		+
Кизильник блестящий	330	+	+	+		+		+	+	+		+
Пузыреплодник калинолистный	160		+	+	+	+			+	+	+	+
Спирея острозубчатая	160	+	+	+		+			+	+	+	
Спирея японская	40	+	+			+			+	+		
Форзиция промежуточная	113	+	+	+		+			+	+	+	+
Чубушник вечнозеленый	37		+	+		+			+	+		
Другие виды	266	+	+	+		+			+	+	+	+
Всего	1993	21	32	24	2	32	1	2	28	18	6	10

Из декоративных форм лиственных кустарников в изученных композициях преобладают представители рода Барбарис (барбарис обыкновенный '*Atropurpurea*', барбарис Тунберга '*Atropurpurea*'), на долю которых приходится 5,9% топиарных элементов, а также ива пурпурная '*Gracilis*' (1,5%), дерен белый '*Sibirica Variegata*' (1,1%), пузыреплодник калинолистный '*Diabolo*' (0,9%). Остальные декоративные формы встречаются в композициях единично.

Среди вариантов изученных топиарных композиций лиственных кустарников преобладают линейные стриженные формы, представленные бордюрами и разновысокими живыми изгородями (композиции данного типа создаются с участием 32 видов и декоративных форм растений), а также формы стрижки «шар» (28 видов и декоративных форм растений). Подавляющее большинство композиций составляют бесштамбовые варианты геометрических форм, отмечен лишь один случай применения в композициях стриженного шара на штамбе (3 экземпляра боярышника обыкновенного, ул. Гусовского).

Из перспективных приемов декоративной стрижки лиственных кустарников, отмеченных в оформлении объектов озеленения г. Минска, представляют интерес многоярусные композиции геометризованных растительных форм высотой 0,5–1,5 м, а также волнообразные живые изгороди переменной высоты. Высота стрижки изученных композиций в целом соответствует биологическим особенностям растений. Состояние лиственных кустарников в топиарных композициях в основном (в 78,9% случаев) хорошее. Сводная оценка декоративности композиций, включающая оценку колористического и композиционного единства с ландшафтным окружением и соразмерности элементов композиции, в 89,0% случаев показала высокий уровень декоративности.

Тем не менее, в целом можно сделать вывод, что как диапазон вариантов топиарных композиций и приемов их использования в озеленении г. Минска, так и ассортимент лиственных кустарников для создания стриженных растительных форм нуждаются в расширении, прежде всего за счет более активного использования декоративных форм растений, позволяющих обеспечить большее разнообразие окрасок и фактур элементов композиции. Формовка крупных растительных форм (лиственных деревьев) встречается в городском озеленении пока ограниченно, это в основном формирование простых геометрических форм (конуса, цилиндра) на штамбах. Ассортимент пород представлен преимущественно липой мелколистной. Хвойные растения используются в топиарных композициях несколько чаще, однако в силу относительно небольших размеров основного представителя ассортимента растений (туи западной и ее декоративных форм) и точечного характера создания композиций не оказывает выраженного влияния на формирование архитектурно-ландшафтного облика города.

УДК 691: 676.034

СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРОБЛЕНОГО БАМБУКА

Должонюк А.В., Бакатович А.А.

Полоцкий государственный университет

e-mail: a.dalzhonak@psu.by, a.bakatovich@psu.by

***Abstract.** The results on the development of ecologically clean wall material containing crushed bamboo as a large aggregate are presented. Electronic and atomic emission microscopy of a large aggregate has been done. It has been established that the introduction of sawdust or rice husk as a second aggregate, the treatment of the surface of bamboo trunks to obtain a rough texture and the use of a smaller fraction of bamboo has a significant positive effect on the physical and mechanical properties of the wall material.*

Преимущества бамбука такие как, высокая прочность, технологичность, стойкость к гниению, антисептическое действие, по сравнению с другими растениями позволила предположить, что дробленые стволы возможно использовать в композиционных стеновых материалах. В экспериментальных составах дробленый бамбук использовали в виде крупного заполнителя, а древесные опилки применяли для заполнения пустотного пространства. Вяжущим компонентом являлся цемент. Для исследования физико-механических свойств стеновых материалов на основе бамбука изготавливали образцы - кубы с размером грани 150 мм. Образцы выдерживали в форме одни сутки, а затем в условиях приближенных к климату стран Азии и Африки при температуре 28–30°C и влажности воздуха 75–80%. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики стенового материала

№ состава	Расход компонентов на 1 м ³ , массовая доля							Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
	Бамбук				Опилки	Цемент	Вода			
	крупная фракция		мелкая фракция							
шероховатая фактура	гладкая фактура	шероховатая фактура	гладкая фактура							
1	-	0,36	-	-	-	0,41	0,23	660	0,8	0,16
2	0,36	-	-	-	-	0,41	0,23	660	1,2	0,16
3	-	0,24	-	-	0,12	0,29	0,35	800	1,4	0,13
4	0,24	-	-	-	0,12	0,29	0,35	800	1,6	0,13
5	-	-	-	0,35	-	0,4	0,25	660	1,2	0,16
6	-	-	0,35	-	-	0,4	0,25	660	1,7	0,16
7	-	-	-	0,25	0,11	0,29	0,35	800	1,9	0,13
8	-	-	0,25	-	0,11	0,29	0,35	800	2,3	0,13

При сопоставлении результатов испытаний образцов составов 1 и 2 на крупной фракции бамбука, установлено, что прочность на сжатие образца 2 возросла на 44%. Увеличение прочности обусловлено повышением адгезии цементного камня к шероховатой поверхности бамбука. Использование мелкой фракции бамбука с шероховатой поверхностью (состав 6) позволяет увеличить прочность на сжатие на 39 % по сравнению с составом 5 на мелкой фракции и гладкой фактурой. Анализ данных по образцам 1 и 5 показывает, что за счет дополнительного измельчения бамбука, несмотря на его гладкую фактуру, прочность возрастает на 53%. Повышение прочности происходит за счет увеличения геометрической площади боковых граней с шероховатой поверхностью, образующихся при расщеплении вдоль волокон в процессе получения мелкой фракции бамбука, а также в результате увеличения площади и количества контактных точек между частицами бамбука. Аналогичная зависимость отмечается и для составов 2, 6 с шероховатой поверхностью. Так, для состава 6 прочность возрастает на 48% по сравнению с составом 2.

Для заполнения пустот в каркасе из дробленого бамбука вводили древесные опилки, обладающие высокой теплоизолирующей способностью. Поэтому, несмотря на увеличение плотности стенового материала с 660 до 800 кг/м³ за счет введения опилок, произошло снижение коэффициента теплопроводности с 0,16 до 0,13 Вт/(м·°С). Кроме того, присутствие древесных опилок повысило связность структуры композитного материала, что повлияло на прочность при сжатии. При анализе данных испытаний составов 1-4 на крупной фракции бамбука, установлено, что введение опилок обеспечивает увеличение прочности стенового материала на 33-75% независимо от фактуры поверхности крупного заполнителя. Такая же зависимость прослеживается и для составов 5-8 на мелкой фракции бамбука, где присутствие опилок позволяет повысить прочность на 35-58%.

С целью установления факторов, обуславливающих прочностные и теплотехнические характеристики стенового материала, изучена структура дробленого бамбука с применением микроскопии. В процессе исследований получены изображения внешней поверхности бамбука, поперечных и продольных срезов с использованием сканирующего электронного микроскопа «JSM-5610 LV». Проведены исследования структуры бамбука с помощью атомно-силового микроскопа NT-206. Получены 3D изображения поверхностной структуры бамбука и профили поверхности по горизонтальному и вертикальному вектору [1]. На микроснимках шероховатой внешней поверхности бамбука отчетливо выражена рельефная бороздчатая фактура с возросшим количеством пиков и впадин, в следствии удаления поверхностного слоя и нарушения целостности строения волокон. Глубина образовавшихся борозд, как в продольном, так и в поперечном направлении, достигает 20-30 мкм. Соответственно повышается адгезия бамбука, как крупного заполнителя с цементным камнем, что положительно влияет на прочностные характеристики стенового материала.

Выполнение комплекса технических решений связанных с введением опилок в качестве мелкого заполнителя, обработкой поверхности стволов для придания шероховатости и применением более мелкой фракции бамбука оказывает существенное влияние на физико-механические характеристики стенового материала. В результате при увеличении плотности на 21%, повышается прочность на сжатие стенового материала в 2,9 раза и уменьшается коэффициент теплопроводности на 0,03 Вт/(м·°С).

Для регионов Центральной Азии важной задачей является проблема рациональной утилизации рисовой лузги. Ежегодно в мире образуется порядка 600 млн. тонн рисовой лузги, неподвергающаяся гниению из-за наличия диоксида кремния. Требуются огромные площади земельных угодий для захоронения отходов. Основными производителями лузги являются Китай и Индия (58% мирового урожая). Один из вариантов утилизации заключается в использовании рисовой лузги для производства теплоизоляционных плит [2]. Средняя плотность плит составляет 230 кг/м³, прочность на сжатие 0,5 МПа, коэффициент теплопроводности 0,068 Вт/м·°С [2].

После проведения комплекса экспериментальных исследований установлена возможность замены древесных опилок на рисовую лузгу в стеновом материале на основе шероховатого бамбука. В качестве вяжущего использовали жидкое стекло. При плотности стенового материала 440–510 кг/м³, прочность на сжатие составила 2–2,4 МПа, коэффициент теплопроводности равен 0,08–0,09 Вт/м·°С.

Основной областью применения стеновых материалов на основе бамбука является возведение несущих стеновых ограждений на высоту одного этажа до 3 м. Стеновой материал на основе бамбука возможно использовать в виде блоков для кладки стен, а также при возведении монолитных стен из композиционной смеси изготовленной непосредственно на строительной площадке. При этом разработанный материал из бамбука выполняет не только функцию несущего стенового ограждения, но и одновременно обеспечивает высокие звуко- и теплоизолирующие свойства наружных стен, что также актуально для стран с теплым климатом.

Литература

1. Долгонок А.В., Романовский, С.А. Опыт применения дробленого бамбука в качестве крупного заполнителя для арболитовой смеси / А.В. Долгонок, С.А. Романовский // Труды молодых специалистов Полоцкого гос. ун-та. – Вып. 84. Строительные материалы. – Новополоцк: ПГУ, 2016. – С.114–117.
2. Давыденко Н.В. Теплоизоляционные плиты на основе отходов растениеводства и неорганического вяжущего: дис. канд. тех. наук: 05.23.05 / Н.В. Давыденко. – М., 2016. – 204 л.

УДК 625. 865, 543.257

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Дударев Д.Е., Васильева Е.И., Бондаренко С.Н.
Белорусский национальный технический университет
e-mail: kukaburo1@mail.ru

Abstract. *To obtain information of the processes of formation and destruction of the structure of cement-concrete conglomerates, nondestructive testing methods sensitive to these processes are needed. The most promising of them is the method of electrochemical impedance spectroscopy, which in recent decades has been increasingly used in studies of the chemical and physico-chemical processes occurring during hardening and corrosion in the volume of conglomerate building materials made on the basis of cement concrete.*

Строительство автомобильных дорог с долговечным цементобетонным покрытием, отвечающим современным, все возрастающим требованиям к качеству материала, требует контроля и управления как процессами твердения при формировании, так и последующего постоянного мониторинга процессов коррозии и разрушения цементобетонного конгломерата при его эксплуатации в составе дорожной структуры.

При исследовании процессов гидратации и твердения дорожного материала на основе портландцемента был опробован метод импедансной спектроскопии, который позволил охарактеризовать физико-химические процессы в изученных образцах цементобетона при твердении после контакта с водой, а также последующей гидратации после высушивания образцов [1]. В работе была показана принципиальная возможность использования импедансной спектроскопии в исследованиях по технологии цементобетонных материалов.

Исследования, выполненные в рамках представляемой работы, показывают перспективность использования метода импедансной спектроскопии для изучения кинетики удаления влаги из порового пространства цементобетонных материалов и генезиса открытой пористой структуры этих материалов в процессе их эксплуатации в составе дорожного покрытия. В работе [1] была предложена эквивалентная электрическая схема, которая позволила выявить тенденции изменения параметров спектров и привязать к конкретным физико-химическим процессам, протекающим в образцах цементобетонных материалов при их твердении и последующем контакте с влагой. На рисунке 1 представлены характерные спектры импеданса образца цементобетонного материала сразу после его затвердевания в стандартных условиях в течение 28 суток и последующего полного высыхания до установления постоянного веса.

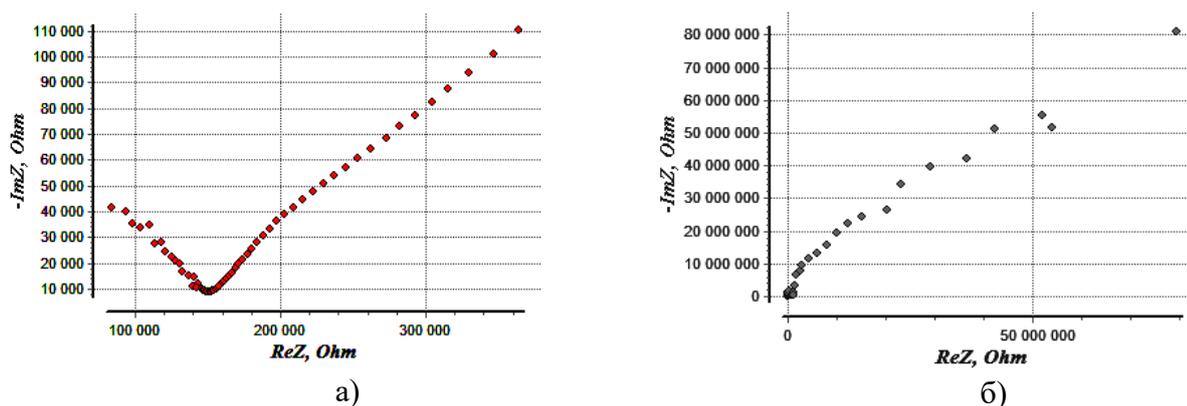


Рисунок 1 – Спектр импеданса образца цементобетона

а) после установления квазистационарного состояния в результате затвердевания в течение 28 суток; б) полностью высушенного исходного образца

Анализ спектров с использованием эквивалентных схем [2] показал, что для образцов испытуемого материала, в которых для изготовления использовались частицы заполнителя с наибольшим размером (в данной серии опытов была установлена прямая зависимость размера частиц с размером пор) было характерно наименьшее сопротивление и наибольшая емкость по сравнению с образцами материалов с заполнителем меньших размеров частиц. При высушивании отмечалось быстрое возрастание сопротивления и соответствующее уменьшение электрической ёмкости образцов с крупным заполнителем. Для образцов с мелким заполнителем тенденция изменения спектров при высушивании была не такой выраженной. Полученные результаты можно объяснить тем, что удаление влаги из внутренних пор образцов с открытой пористой структурой легче реализуется по широким каналам, что характерно для образцов с порами больших размеров.

Посредством насыщения открытой пористой структуры материала водой и последующего замораживания при температуре – 15°C в течение 1 часа было смоделирова-

но возможное изменение пористости испытуемых образцов в циклах колебания температуры при многократном прохождении через точку замерзания/оттаивания. Анализ спектров импеданса образцов подвергнутых в течение 1 часа замораживанию при температуре -15°C показал уменьшение значений импеданса и увеличение электрической ёмкости, что с большой вероятностью, связано с механическим расширением существовавших в исходных образцах открытых пор, появлением новых каналов переноса заряда и заполнением вновь образованного порового пространства проводящим раствором.

Изменения в спектрах импеданса в опытах по замораживанию представлены на рисунке 2. Численные обозначения для спектров соответствуют количеству циклов замораживание-оттаивание. Стрелка указывает тенденцию в изменении спектра.

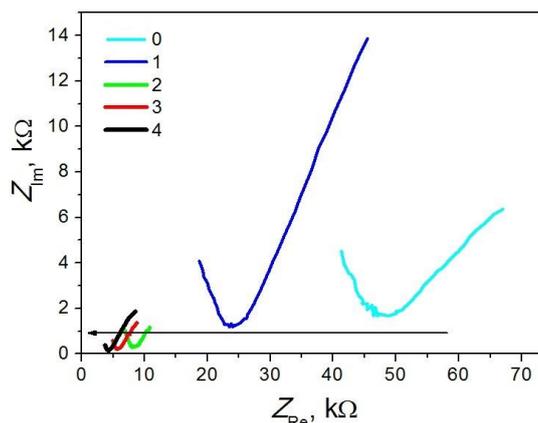


Рисунок 2 – Тенденция изменения спектра импеданса цементобетонного материала при последовательном замораживании и нагревании до комнатной температуры

Заключение

Полученные при выполнении данной работы результаты демонстрирует возможность с помощью многочастотного отклика переменного тока и анализа эквивалентных схем исследовать и сравнивать качественные показатели, характеризующие открытую пористость цементобетонных материалов.

Список использованной литературы

1. Бондаренко С.Н., Чулкин П.В., Рагойша Г.А., Коликов А.О., Бондаренко А.С. Исследование процесса твердения цементнобетонного конгломерата методом импедансной спектроскопии // Наука и техника. – №6, 2015. – С. 63-73.
2. Ragoisha G.A., Bondarenko A.S. Potentiodynamic electrochemical impedance spectroscopy for solid state chemistry // Solid State Phenomena. – Vol. 90-91, 2003. – P. 103-108.

УДК 728.5:625

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОПРОСУ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Малков И.Г., доктор архитектуры, профессор, зав. кафедрой «Архитектура»; БелГУТ
Евстратенко А.В., магистр архитектуры, ассистент кафедры «Архитектура»; БелГУТ
e-mail: krisis@inbox.ru

Abstract. The criteria for selecting the site for the location of roadside service facilities are given. Recommendations are given on the choice of the place of their localization.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь наибольшая доля грузо- и пассажироперевозок в 2016 году пришлась на автомобильный

транспорт: 162579 тысяч тонн грузов (39 % общего грузооборота) и 10055 миллионов пассажиро-километров (42 % от общего пассажирооборота). Автомобильные дороги служат задачам внутриреспубликанского и транзитного сообщения, туристических перемещений. Объекты придорожного сервиса выполняют важнейшие функции обслуживания участников дорожного движения, транспортных средств, а также предоставляют сопутствующие услуги.

Изучение схемы размещения объектов придорожного сервиса, предложенной Министерством транспорта и коммуникаций, а также информация, полученная от специалистов, работавших над ее созданием, показывают, что на первоначальном этапе не были учтены все факторы, влияющие на выбор локализации потенциальных площадок. В основу действующей генеральной схемы и нормативов размещения объектов придорожного обслуживания в Беларуси положен немецкий стандарт. В этом отношении мы пошли по пути многих государств Содружества, приняв в качестве «эталона» регламенты Германии и воссоздавая выбранную модель в иных социально-экономических условиях. Далее процесс составления генеральной схемы заключался в установлении перечня существующих объектов сервиса, а также предложений частных инвесторов, районных и областных исполнительных комитетов.

На наш взгляд, в Беларуси имеются определенные критерии выбора площадок для размещения объектов придорожного сервиса вдоль автодорог республиканского значения. Анализ научно-практических работ, обследование двух основных международных трасс, проходящих через территорию Беларуси, анкетирование и опросы участников дорожного движения позволяют нам выделить следующие критерии выбора точки размещения пункта обслуживания: технический, ландшафтно-рекреационный, физиологический, туристско-событийный, экологический, хозяйственный, экономический, безопасности. Технический, ландшафтно-рекреационный, физиологический и туристско-событийный критерии можно отнести к стимулирующим. Экологический и хозяйственный относятся к критериям ограничения. Экономический и критерий безопасности одновременно являются критериями стимулирования и ограничения.

Технический критерий определяет необходимость восполнения запаса топлива и потребность в техническом обслуживании транспортного средства. Ландшафтно-рекреационный определяет особенности местности и привлекательность территории для рекреации, формирования положительных визуальных образов. Физиологический определяется усталостью водителя и пассажиров, потребностью в физическом и зрительном отдыхе, приеме пищи, посещении санитарно-бытовых помещений. Туристско-событийный критерий, приобретающий особое значение в современных условиях в связи с ростом популярности туристических ресурсов Беларуси, как у местных жителей, так и иностранных граждан, предполагает расположение объекта вблизи фокусов притяжения туристов. Экологический критерий определяется следующими составляющими: мероприятия по переселению ценных представителей растительного и животного мира, обеспечение сохранности природных комплексов, поддержании экологического равновесия природных ландшафтов. Хозяйственный критерий обуславливает ограничения, накладываемые на использование сельскохозяйственных земель, представленные пашнями, сенокосами, пастбищами, залежами, землями, занятыми многолетними насаждениями, по иному назначению. Экономический критерий определяет размер ожидаемой прибыли, уровня рентабельности и срока окупаемости от введения в эксплуатацию и непрерывного функционирования объекта. Критерий безопасности – определяющий в вопросе распределения объектов придорожного сервиса, грамотное размещение и организация работы которых напрямую влияет на безопасность дорожного движения.

Экологический, хозяйственный, экономический и критерий безопасности в равной степени значимы для всех объектов придорожного сервиса вне зависимости от назначения. В выборе места расположения пунктов постоя и питания следует руководствоваться ландшафтно-рекреационным, физиологическим и туристско-событийным критериям, размещая указанные объекты с необходимым интервалом в первую очередь в местах с выразительными видами, у значимых пересечений автодорог, вблизи туристических зон и даже в составе тури-

стических маршрутов. С площадками отдыха соотносим ландшафтно-рекреационный критерий размещения. Туристско-событийный критерий предполагает в том числе вовлечение сохранившихся почтовых станций как в состав сети объектов придорожного сервиса, так и туристических маршрутов. Техническим критерием определяется размещение автозаправочных станций и станций технического обслуживания. Современные автозаправочные станции кроме главного назначения, выполняют функции кафетериев, точек торговли продовольственными и промышленными товарами, благодаря чему сеть пунктов питания и торговли значительно расширена, а расстояния между объектами сокращены. Более того, предоставление дополнительных услуг на автозаправочных станциях стало в Беларуси главной тенденцией последних лет, приносящей достаточные выгоды и повлекшей изменение объемно-планировочного и архитектурного решения зданий. Техническим фактором обусловлена и задача создания условий для использования электромобилей. Проблема отсутствия пунктов подзарядки вне городской местности, вдоль белорусских автомагистралей является особенно острой, что в определенной степени сдерживает распространение электрокаров. Возникает вопрос локализации (самостоятельно или на базе автозаправочной станции) и оснащения таких площадок пунктами торговли и питания, продажи печатной продукции, санитарными уборными и прочим. Актуальной задачей стало создание вдоль белорусских автодорог специализированных площадок для стоянок караванеров с возможностью подключения к внешним сетям (электричество, водопровод, канализация). Оптимальный вариант организации таких мест на оживленной автотрассе – использование объектов первого уровня: благоустроенных уборных. Возможно включение в состав объекта автомойки, пункта торговли, станции техобслуживания. Местоположение площадки чаще согласуется с ландшафтно-рекреационным и техническим критериями. Поток иностранных караванеров в нашу страну сдерживается несколькими факторами, основным из которых является практически полное отсутствие оборудованных кемпингов и необходимой дорожной инфраструктуры.

Стоит отметить, что для пользователей автодорог, участвовавших в проведенном нами опросе, важно равномерное размещение объектов придорожного сервиса с установленным интервалом, в особенности это касается пунктов питания и автозаправочных станций. Кроме того, опрошенные участники дорожного движения высказались о значимости качественного архитектурно-художественного облика заведения обслуживания, а также необходимости наличия наружной рекламы и своевременного информирования.

Регулярность размещения и качество объектов транспортной инфраструктуры в Беларуси способствует популяризации автомобильных перевозок всех видов, туристических, деловых, транзитных и прочих прибытий в Беларусь, что, несомненно, способно принести немалые экономические выгоды. Требуется увеличение числа объектов придорожного сервиса, в особенности многофункциональных и комплексных, вдоль дорог республиканского значения с учетом интенсивности движения и установленного интервала размещения на различных участках.

УДК 624.27

ОСНОВЫ РАБОТЫ С SOFiSTiK КАК С ПРЕПРОЦЕССОРОМ AUTODESK REVIT НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАЛОЧНОГО МОСТА

Загрецкая Ю.Ю., Петров М.П.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: 3440097@mail.ru

***Abstract.** Advantages of the preprocessor Autodesk Revit, automatic element detection. Consistent calculation of the reinforced concrete bridge in SOFiSTiK with visualization in Revit and Sofiplus.*

В интегрированном программном комплексе, использующем конечно-элементарный анализ, под названием SOFiSTiK, решается любая инженерная задача, от разнообразных зданий и сооружений до динамического анализа. Различные виды нагрузок, моделирование конструкций, совместная работа грунта с сооружением, а также удобное чтение и моделирование конструкций через AutoCAD и Autodesk Revit.

Наиболее удобно пользоваться препроцессором Revit. Интерфейс SOFiSTiK – Revit обеспечивает полную интеграцию конечно-элементарного анализа со всеми возможностями SOFiSTiK. Благодаря 3D генераторам, сетка КЭ запускается автоматически в SOFiSTiK с передачей элементов:

- плиты, стены, колонны и балки;
- все группы элементов, описанные аналитической моделью;
- нагрузки: сосредоточенные, распределенные по линии или плоскости;
- загрузки;
- граничные условия;
- разбивочные оси.

На примере расчета железобетонного балочного моста, выполненного в Autodesk Revit (рис. 1) рассчитывается собственный вес конструкции в SOFiSTiK (рис. 2). После этого в SOFIPLUS загружаем пролетное строение постоянными (такие, как нагрузка от барьерного ограждения и перильного ограждения) и временными (нагрузка от пешеходов на тротуарах и автомобильная нагрузка A14) нагрузками в соответствии с их расположением (рис. 3). Производим расчет.

Завершающий этап заключается в расчете моста в SOFiSTiK, а также создании комбинаций загрузжений (расчетной и нормативной) (рис.4) для их дальнейшего расчета на основании полученных эпюр в визуализаторе результатов WinGRAF.

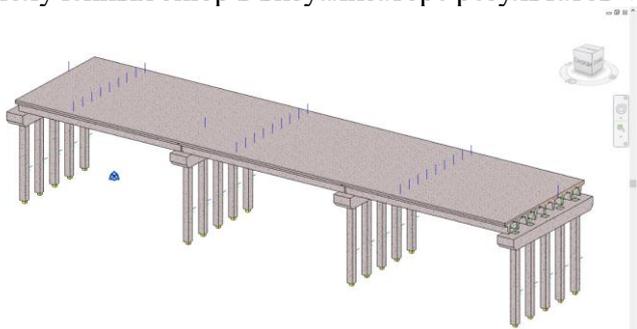


Рисунок 1 – Железобетонный балочный мост, выполненный в программе Autodesk Revit

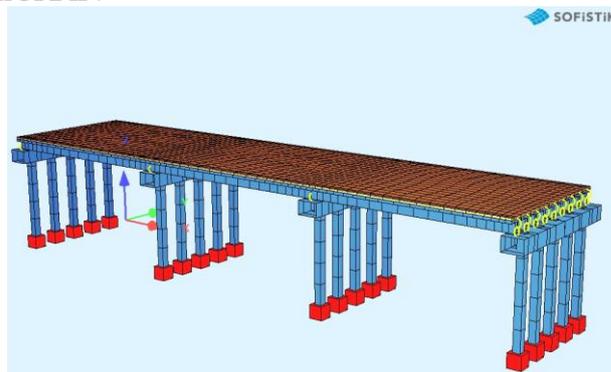


Рисунок 2 – Визуализация моста в SOFiSTiK

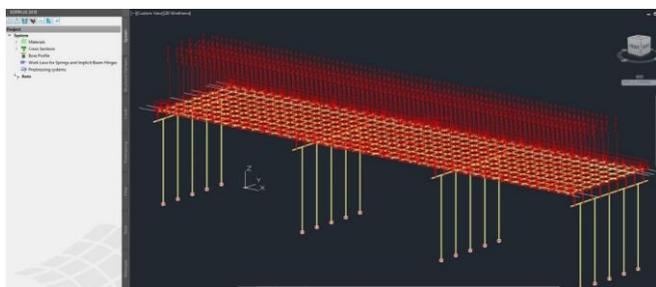


Рисунок 3 – Пролетное строение с нагрузками от перильного и барьерного ограждений, а также от пешеходов и автомобилей

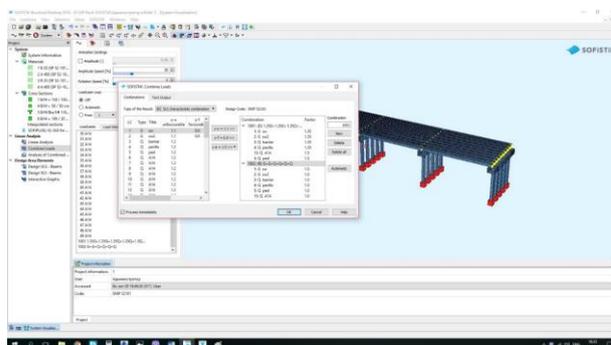


Рисунок 4 – Создание нормативной и расчетной комбинаций загрузжений

Использование Autodesk Revit в связке с SOFiSTiK дает преимущества в виде упрощения, а также ускорения проектирования.

Литература

1. Публикация «Переход на BIM-технологии на примере Autodesk Revit 2013», автор Петров М.П.

2. Презентация на тему «Взаимодействие программных комплексов SOFiSTiK и Autodesk Revit» автор Яшанов А. <http://docplayer.ru/37058365-Vzaimodeystvie-programmnyh-kompleksov-sofistik-i-autodesk-revit.html>

УДК 712.5

ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Веренько В., Занкович В., Чжун Юй Ли, Ли Ра С., Тинг Го Лю, Цзи Цун Ши
Henan Gaoyuan Maintenance Technology of Highway Co., Ltd
Science and Technology Park of BNTU «POLYTECHNIC»
e-mail: park@icm.by; vitali.zankavich@chngaoyuan.com

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты совместных белорусско-китайских исследований процессов деформирования и разрушения асфальтобетонов дорожных покрытий под действием циклических нагрузок. В основу подхода оценки свойств асфальтобетонов заложено доказательство того, что независимо от состава и структуры, асфальтобетоны с равным количеством упругих (вязкопластических) связей обладают одинаковой релаксационной способностью. Представлены также текущие результаты исследований по разработке мобильного испытательного комплекса для оценки надежности дорожных асфальтобетонных покрытий к восприятию циклических воздействий от транспортных нагрузок.

Введение

Усталостная долговечность асфальтобетонов – один из важнейших критериев, обеспечивающих их надежную и долговечную работу в составе дорожных конструкций, особенно подверженных многократным нагрузкам в широком температурно-временном поле. При выборе типа асфальтобетонов для устройства дорожных покрытий важно иметь методику сравнительной оценки их свойств с точки зрения усталостной долговечности.

В общем случае, усталость материала – это накопление повреждаемости от воздействия переменных (циклических) нагрузок, приводящее к его разрушению за некоторый промежуток времени.

В мировой практике существует большое количество видов испытаний с последующим установлением усталостных характеристик (при постоянной величине напряжений или деформации), например, двухточечный изгиб; трехточечный изгиб; четырехточечный изгиб; изгиб при кручении; прямые испытание с осевым приложением нагрузки (сжатие растяжение); испытание на раскол (непрямое испытание на растяжение).

Все из указанных методов испытаний имеют как преимущества, так и недостатки с точки зрения оценки способности асфальтобетона сопротивляться циклическим воздействиям в дорожных конструкциях. Многочисленны и теории оценки усталости асфальтобетонов, например, теории, основанные на исследовании напряжений и деформаций; энергетические теории; теории на основе механики разрушения.

В тоже время, до сих пор нет однозначного решения задачи нормирования и оценки показателей усталости асфальтобетонов дорожных покрытий. В большинстве случаев связано это с тем, что затруднена корреляция с процессом развития соответствующих деформаций в реальных дорожных конструкциях. Требуется длительный эксперимент, результат которо-

го зависит от многочисленных факторов, определяющих воздействие транспорта, климата, технологических особенностей строительства (ремонта) и др. Результаты расчетов предельного количества циклов до разрушения зачастую могут отличаться в десятки и сотни раз. В большинстве случаев необходимы длительные испытания, что затрудняет возможность оперативного контроля качества асфальтобетонов, например, в производственных условиях и требуется дорогостоящее оборудование. Таким образом, затрудняется возможность унификации критерия и его использования при нормировании показателей свойств асфальтобетонов в технических спецификациях. Не всегда имеется возможность использовать результаты испытаний для практических целей конструирования и расчета дорожных одежд, но при этом критерий усталостной долговечности является главным в системе оценки надежности работы асфальтобетона в дорожных конструкциях в течение расчетного срока службы и требует постоянного совершенствования.

Особенности и перспективы оценки усталостной долговечности асфальтобетонов дорожных покрытий

Сложность оценки усталостной долговечности асфальтобетонов заключается еще и в том, что они сочетают в себе свойства коагуляционных, конденсационных и кристаллизационных структур. В подобных системах расположение различных связей, вяжущего матрицы и вторичной структуры неравномерно по объему материала, прочность и деформативность структурных агрегатов и кластеров также очень неоднородна. С точки зрения механики деформирования и разрушения, структуру подобных материалов можно представить в виде феноменологической модели [1] с комплексным набором упругих, вязких и пластических связей, чередующихся по последовательной и параллельной схемам.

Каждая связь модели (упругая, вязкая, пластическая) имеет собственные механические характеристики, в результате чего асфальтобетон обладает спектром упруговязкопластических свойств. Изменение температуры, величины нагрузки, режима нагружения могут приводить к замене одних связей другими (например, упругих вязкими).

В зависимости от температуры, режима нагружения, состава асфальтобетона в процесс деформирования будет вовлекаться различное число упругих и вязкопластических связей. Соответственно асфальтобетона в различной степени будет проявлять свойства упругого или вязкого тела.

В случае если деформируются только упругие связи, наблюдается полная обратимость деформации, разрушение происходит по механизму хрупкого тела, отсутствует влияние времени действия нагрузки. И наоборот, вязкопластические связи ответственны за появление остаточных деформаций, подвержены влиянию температуры и времени нагружения.

Накопление повреждаемости в структуре асфальтобетона может происходить по двум схемам: разрыв упругих связей; достижение предельной деформации вязкопластических связей.

Независимо от состава и структуры, асфальтобетоны с равным количеством упругих (вязкопластических) связей обладают одинаковой релаксационной способностью, скоростью релаксации, коэффициентом поперечной деформации, соотношением между количеством рассеянной и накопленной энергией. Обусловлено это тем, что при одинаковом содержании связей замедление скорости релаксации влечет за собой и снижение константы скорости релаксации на ту же величину. Такое положение является важнейшей особенностью поведения исследуемых материалов, что позволяет выработать новые подходы к анализу их свойств, например, усталостной долговечности.

При разработке методологических основ оценки надежности и долговечности асфальтобетонов конструктивных слоев дорожных одежд в провинции Хэнань (КНР) направление исследований основывалось на том, что накопление повреждаемости в структуре асфальтобетонов от действия циклических воздействий будет определяться следующими факторами: количеством вовлеченных в процесс деформирования асфальтобетона упругих связей; максимальной прочностью асфальтобетона во всем диапазоне температуры (времени действия

нагрузки); максимальной деформацией во всем диапазоне температуры (времени действия нагрузки).

Если обозначить долю упругих связей, ответственных за состояние асфальтобетона, некоторым скаляром n_r , а вязкопластических n_v , то должно выполняться условие:

$$n_r + n_v = 1. \quad (1)$$

Поскольку в результате деформации вязкопластических связей происходит полное рассеяние приложенной энергии, то теоретически можно принять, что соотношения n_r и n_v определяются отношением диссипативной энергии к приложенной. В таком случае количество n_r и n_v зависит, прежде всего, от релаксационных свойств асфальтобетона и времени действия нагрузки, а количество упругих связей, вовлеченных в процесс деформирования, можно определить из следующей зависимости:

$$n_r = \frac{E_t}{E_c} = \left(\frac{R_t}{R_c} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (2)$$

где E_t и R_t – модуль релаксации и прочность асфальтобетона при конкретных условиях действия нагрузки и температуры, МПа;

E_c и R_c – максимальные значения модуля релаксации и прочности во всем диапазоне температуры и скорости (времени) действия нагрузки, МПа;

m – коэффициент, зависящий от свойств (типа) асфальтобетона.

Величина коэффициента m для асфальтобетонов находится в пределах 0,75-0,90 и, в первую очередь, определяется его модулем упругости (жесткостью). Чем выше модуль упругости (жесткость), тем выше коэффициент m , который может для сравнительных расчетов может приниматься равным 0,8.

Значение n_r изменяется в процессе ползучести и релаксации, поскольку E_t является функцией напряжения и времени действия нагрузки. Это приводит к сложному влиянию процессов ползучести и релаксации на свойства асфальтобетона и механику разрушения [2].

При работе асфальтобетона в упругой стадии ($n_r \rightarrow 1$) его прочность будет равна максимальной во всем диапазоне температуры (времени действия нагрузки) и соответствовать R_c . Поскольку число циклов до разрушения зависит от отношения действующих напряжений к прочности, то чем выше R_c , тем больше будет и цикловая устойчивость асфальтобетона в упругой стадии работы и тем больший уровень повреждаемости в материале может быть достигнут на момент разрушения. Следовательно, значение R_c может служить критерием циклической долговечности при постоянном напряжении в упругой стадии работы.

Максимальная прочность асфальтобетона во всем диапазоне температуры (времени действия нагрузки) может быть рассчитана по результатам испытания на раскол (непрямое растяжение) стандартных цилиндрических образцов по следующей зависимости:

$$R_c = \frac{\frac{R_{t_1}^T + R_{t_2}^T}{2}}{1 + k_1 \log \left(\frac{R_{t_1}^T}{R_{t_2}^T} \right)} \quad (3)$$

где $R_{t_1}^T$ – прочность асфальтобетона при скорости действия нагрузки t_1 и температуре испытания T , МПа;

$R_{t_2}^T$ – прочность асфальтобетона при скорости действия нагрузки t_2 и температуре испытания T , МПа;

k_1 – коэффициент, зависящий от условий испытания (скорости действия нагрузки, температуры).

Если режим нагружения соответствует работе асфальтобетона в вязкой стадии ($n_r \rightarrow 0$), то более высокую циклическую долговечность имеют асфальтобетоны, способные рассеять до разрушения большее количество энергии W_d , которая коррелируется с величиной максимальной деформации ε_m , реализуемой в широком диапазоне температуры и времени действия нагрузки. Работа асфальтобетона в вязкой стадии наблюдается при протекании релаксационных процессов, ползучести и т. п.

Поскольку увеличение R_c повышает вероятность роста долговечности в упругой стадии работы, а увеличение ε_m в вязкой, то в общем случае ($0 < n_r < 1$) максимальной циклической долговечностью будут обладать материалы, имеющие максимальное значение произведения $R_c \cdot \varepsilon_m$.

На рисунке 1 представлены данные теоретической обработки зависимости к определению предельного количества циклов до разрушения при постоянных действующих напряжениях и деформациях от расчетной транспортной нагрузки, определенных в процессе исследования методом конечных элементов трехслойного дорожного покрытия [3]. Исследовались асфальтобетоны, по своим структурным особенностям относящиеся к щебеночно-мастичным. Как видно из полученной зависимости, увеличение количества циклов до разрушения от постоянно действующих напряжений при увеличении значения максимальной прочности R_c асфальтобетна однозначно.

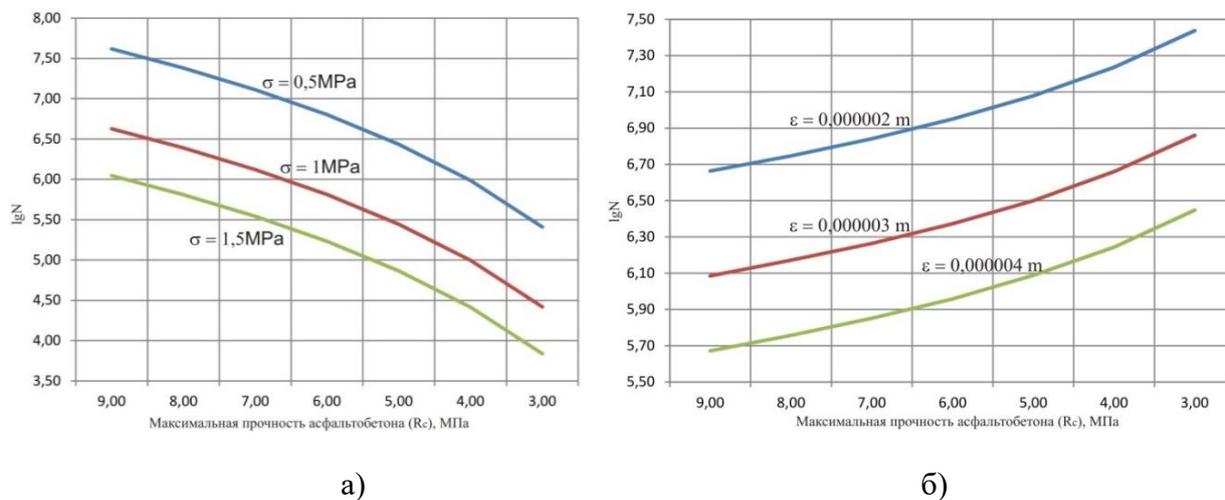


Рисунок 1 – долговечность асфальтобетона при воздействии циклических постоянных напряжений (а) и деформаций (б)

Несколько иная ситуация наблюдается, когда материал периодически подвергается постоянному уровню деформации. В этом случае зависимость предельного количества циклов до разрушения от n_r будет иметь вид экстремальной кривой. Это обусловлено тем, что под действием постоянной деформации напряжения возрастают с увеличением n_r , поскольку увеличивается модуль $E_t = f(n_r \cdot E_c)$. Поэтому, чем выше n_r , тем меньше циклов до разрушения выдерживают упругие связи. И, наоборот, вязкопластические связи

n_v с увеличением n_r принимают на себя меньшую долю общей деформации и их долговечность увеличивается.

В результате максимальная долговечность материала будет наблюдаться при некотором оптимальном соотношении упругих и вязкопластических связей.

На рисунке 2 представлена зависимость к определению максимального количества циклов до разрушения (циклической долговечности) от действия расчетной транспортной нагрузки 130 кН.

Как видно из рисунка 2 асфальтобетоны с высоким значением максимальной прочности R_c однозначно имеют и более высокий потенциал к сопротивлению циклическим воздействиям. В тоже время для таких асфальтобетонов важным является контроль количества вовлеченных в процесс деформирования упругих связей n_r при соответствующих температурах, величине нагрузки и режимах нагружения.

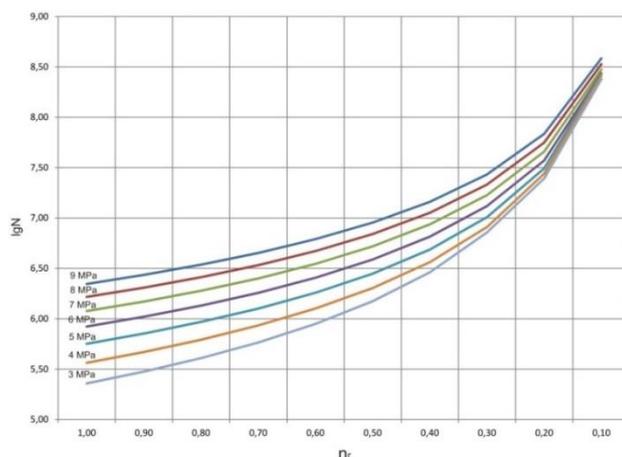


Рисунок 2 – долговечность асфальтобетона в зависимости от величины максимальной прочности и количества, вовлеченных в процесс деформирования, упругих связей

Выполненный анализ теоретических и практических результатов исследований показал, что в качестве критерия, определяющего циклическую долговечность асфальтобетонов в Республике Беларусь может выступать, кроме показателя их максимальной прочности, показатель количества вовлеченных в процесс деформирования упругих связей n_r при температуре 0°C и скорости деформирования 50 мм/мин (R_0), для Китайской Народной Республики (провинции Хэнань) – при температуре 15°C .

Уровень максимальной прочности R_c от 6 МПа до 9 МПа и выше в основном достижим для асфальтобетонов, модифицированных полимерами, от 3 МПа до 6 МПа – для асфальтобетонов на чистых дорожных битумах. Количество упругих связей n_r при расчетных условиях для модифицированных асфальтобетонов, применяемых для устройства покрытий на автомагистралях высоких технических категорий, должно находиться в пределах не выше 0,55-0,85, для асфальтобетонов на чистых битумах – не выше 0,40-0,55.

Таким образом, появляется возможность довольно простой оптимизации свойств асфальтобетонных смесей на стадии проектирования их состава по критериям усталостной и циклической долговечности, что значительно повысит надежность данного процесса.

В тоже время, на настоящий момент экспериментальная оценка усталостной (циклической) долговечности эксплуатируемых асфальтобетонных дорожных покрытий только косвенно может быть оценена через величину упругого прогиба, который может быть определен, например, с использованием балки Бенкельмана (рисунок 3а), автоматического прогибомера (рисунок 3б), устройства с падающим грузом (рисунок 3в) и т.д.



Рисунок 3 – способы измерения упругого прогиба

В тоже время, стандартные методы диагностики, основанные на измерении упругого прогиба, только констатируют состояние покрытия, но не позволяют выяснить предысторию появившихся дефектов и тем более не позволяют прогнозировать их развитие во времени. Это затрудняет процесс назначения вида и сроков проведения мероприятий содержания и ремонта.

Зачастую получается так, что если исходить из абсолютных величин упругого прогиба, то можно сделать однозначный вывод, что дорожные одежды находятся в хорошем состоянии, так как по всем измеренным величинам отмечается значительный запас прочности в сравнении с предельными значениями. Однако это не коррелирует с фактическим состоянием покрытий. В первую очередь это связано с тем, что не величину упругого прогиба оказывает сильное влияние вид основания, например, что актуально для Китайской Народной Республики, из укрепленных минеральными вяжущими материалами значительной толщины. В таких условиях величина упругого прогиба отходит практически на последний план.

Одним из эффективных способов измерения упругого прогиба дорожных одежд является способ динамического измерения прогиба от движущегося колеса. Такой способ позволяет получать значительно больше информации относительно характеристик дорожного покрытия. На базе компании «Гаююань» (КНР) разработан мобильный комплекс, позволяющий производить измерения в движении для различных осевых нагрузок от 10 до 20 тонн (рисунок 4, 5).



Рисунок 4 – мобильный измерительный комплекс для диагностики дорожных одежд



Рисунок 5 – результаты измерения упругого прогиба

Однако даже такой способ прямого измерения прогиба является недостаточным для целей оценки фактической надежности дорожного покрытия и определения оптимальных сроков проведения мероприятий содержания и ремонта, что является наиболее важным элементом системы менеджмента дорожных одежд.

В настоящее время заканчивается большой эксперимент, проводимый на опытном участке автомагистрали протяженностью около 38 км, выделенном государственными органами провинции Хэнань для исследовательских целей, выполняемых белорусскими и китайскими специалистами, целью которого является сбор и обработка данных измерений характеристик прогиба дорожных одежд при различных осевых нагрузках, скорости движения и температуры. Это позволит, наряду с представленными выше результатами исследования усталостных свойств асфальтобетонов, разработать комплексную методику оценки остаточного ресурса и назначения оптимальных сроков проведения превентивных и ремонтных мероприятий для дорожных асфальтобетонных покрытий на жестких основаниях.

Заключение

1. В настоящей статье представлены результаты исследования способности асфальтобетонов сопротивляться циклическим воздействиям транспорта.

2. Установлено, что для оценки способности асфальтобетонов сопротивляться накоплению усталости, приводящей к разрушению, может использоваться величина их максимальной (структурной) прочности во всем диапазоне температуры и режимов действия нагрузки.

3. Теоретически подтверждены предпосылки к тому, что максимальной циклической долговечностью во всем диапазоне температуры и режимов действия нагрузки будут обладать асфальтобетоны, имеющие оптимальное соотношение упругих и вязкопластических связей. Чем менее хрупким будет материал, чем меньше в его работу будет вовлечено упругих связей, тем меньше будет вероятность появления усталостных деформаций при прочих равных условиях.

4. Задано направление дальнейших исследований, связанное с выполнением комплекса экспериментальных и теоретических исследований, направленных на выработку методологии оценки надежности и долговечности асфальтобетонов дорожных покрытий, испытывающих циклические воздействия транспорта и погодно-климатических факторов, в течение расчетного срока службы, что позволит, помимо всего прочего, оптимизировать процесс проектирования составов асфальтобетонных смесей, в т.ч. модифицированных полимерами.

5. С использованием разработанного мобильного испытательного комплекса выполняется ряд экспериментально-теоретических исследований, направленных на изучение надежности дорожных асфальтобетонных покрытий к восприятию циклических воз-

действий от транспортных нагрузок. Конечным результатом разработки являются методологические основы усовершенствованной системы менеджмента дорожных одежд дорог высоких технических категорий, относящиеся к оценке остаточного ресурса и назначению оптимальных сроков проведения превентивных и ремонтных мероприятий.

Литература

1. Веренько В. 1993. Дорожные композитные материалы. Структура и механические свойства. – Навука і тэхніка. – Минск, 246 с.
2. Веренько В. 2008. Деформации и разрушения дорожных покрытий: причины и пути устранения. Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі. – Минск. – 304 с.
3. Веренько В., Занкович В., Ладышев А., Афанасенко А., Яцевич П., Лира С. – 2015. Долговечные асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог, мостов и улиц. – АртДизайн. – Минск. – 291 с.

УДК 712.5

ВИДЫ ТРАВЯНИСТЫХ ПИОНОВ КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ

Зинович А.А.

Белорусский государственный технологический университет
e-mail: anna.zinovvich@mail.ru

Пионы (*Paeonia* L.) – род растений сем. Пионовые (*Paeoniaceae* Rudolphi). Пионы травянистый – это многолетнее корневищное красивоцветущее растение, которые во многих странах мира культивируются с незапамятных времен. Их особо почитают в Китае, где они считаются национальным цветком. В настоящее время мировой ассортимент насчитывает свыше 30 видов и 8000 сортов травянистых пионов.

Интродукция пионов в условиях Беларуси осуществлялась на базе ботанического сада Национальной академии наук Беларуси и датируется еще 1956 годом. Коллекция видовых травянистых пионов была окончательно сформирована и зарегистрирована только в 2005 году, в настоящее время она представлена 9 видами пиона травянистого и 3-мя формами пиона лекарственного (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Состав коллекции видовых травянистых пионов Центрального ботанического сада НАН Беларуси

Название		Год поступления в коллекцию	Источник поступления
русское	латинское		
Пион лекарственный	<i>Paeonia officinalis</i> L.	2000	Кью, Лондон
Пион лекарственный белый махровый	<i>Paeonia officinalis alba plena</i>	1972	Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва
Пион лекарственный розовый махровый	<i>Paeonia officinalis rosea plena</i>		
Пион лекарственный красный махровый	<i>Paeonia officinalis rubra plena</i>		
Пион уклоняющийся	<i>Paeonia anomala</i> L.	2002	Зоопарк, ботанический сад Вильгельма, Германия
		2001	Ботанический сад института биологии Коми НЦ УрО РАН

Окончание табл. 1

		2012	Алтайский ботанический сад
Пион молочноцветковый	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	2003	Ботанический сад-институт УрО РАН
		2007	Институт биомедицины, Япония
Пион Млакосевича	<i>Paeonia mlokosewitschii</i> Lomak	1992	ЦБС НАН Беларуси, лаб. древесных растений
		2007	Ботанический сад и дендрарий университета им. Менделя, Чехия
Пион румынский	<i>Paeonia romanica</i> D. Brandza	2003	Ботанический сад университета в Люблянах, Чехия
Пион крымский	<i>Paeonia taurica</i> Anders.	2005	Институт ботаники им. Комарова, Россия
Пион тонколистный	<i>Paeonia tenuifolia</i> L.	2004	Германия, институт биологии, дендрарий
Пион Вича	<i>Paeonia vietchii</i> Lynch.	2005	Ботанический сад университета в Брайтоне, Германия
Пион Витмана	<i>Paeonia Wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl.	2006	Цветоводы-любители города Москва

Таблица 2 – Основные морфо-биологические признаки видовых пионов

Вид	Родина	Высота растения, см	Цветение	
			начало	длительность, дней
<i>Paeonia officinalis</i> L.	Южной, Восточной и Малой Азии	60–90	вторая половина мая	10-12
<i>Paeonia anomala</i> L.	Восток европейской части России, Урал, Алтай, Сибирь, Китай, Монголия	80–100	середина мая	10-13
<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	Сибирь, Хабаровский и Приморский края, Монголия, Китай, Корея и Япония	60–100	май-начало июня	10-12
<i>Paeonia mlokosewitschii</i> Lomak	Восточное Закавказье	50-60	начало мая	6-9
<i>Paeonia romanica</i> D. Brandza	Италия, Балканы, Малая Азия, Молдавия	40–50	конец мая	6-8
<i>Paeonia taurica</i> Anders.	Крым, Кавказ	40-60	начало мая	9-11
<i>Paeonia tenuifolia</i> L.	Крым, Украина, Кавказ	45–50	начало мая	10-12
<i>Paeonia vietchii</i> Lynch.	Китай	50-60	вторая половина мая	7-9
<i>Paeonia Wittmanniana</i> Hartwiss ex Lindl.	Кавказ, Абхазия	80–100	начало мая	6–8

Виды пионов, представленные в коллекции ботанического сада, могут найти применение в озеленении, срезке, флористическом дизайне, селекции и промышленном цветоводстве, некоторые из них обладают лекарственными свойствами. В озеленении пионы можно использовать как в одиночных посадках, так и в группах, миксбордерах, бордюрах. Пионы декоративны не только своими цветами, но и ажурной листвой от момента отрастания до пожелтения листьев. Они не смогут заменить однолетние цветочно-декоративные растения, однако могут стать ярким дополнением цветников в условиях городской среды.

УДК 624.042.08

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ БАЛКИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКОЙ. ЗАТУХАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Колонович А.В., Новиков П.И., Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

Элементы несущих конструкций мостов постоянно испытывают динамические воздействия. Причинами воздействий являются такие внешние факторы как: порывы ветра, движение автотранспорта по сооружению, поперечные удары от подвижной нагрузки, воздействие ледохода на конструкции опор, сейсмические воздействия и другие.

Цель проведённого нами испытания — это изучение амплитудно-частотных характеристик свободных колебаний металлической балки. Испытательная модель представляла собой балку длиной один метр на шарнирных опорах, одна из которых является подвижной. Импульсное динамическое воздействие моделировалось путем сбрасывания на балку грузов с определенной высоты (рис. 1).



Рисунок 1 – Испытательная установка – балка, с подключенными к ней датчиками

Проводились серии испытаний с изменением колеблющейся массы. При испытании применялись грузы с массой по 500 грамм. Амплитудно-частотные характеристики колебания балки снимались при помощи цифрового акселерометра и электротензометра.

Сбрасывая груз с определенной высоты, мы моделировали импульсную ударную нагрузку. На компьютере фиксировались данные затухания свободных колебаний (рис. 2).

В каждой серии испытаний производилось более десяти ударных воздействий на балку (рис.3), что давало возможность максимально корректно изучить затухание свободных колебаний с учётом изменчивости полученных экспериментальных данных.

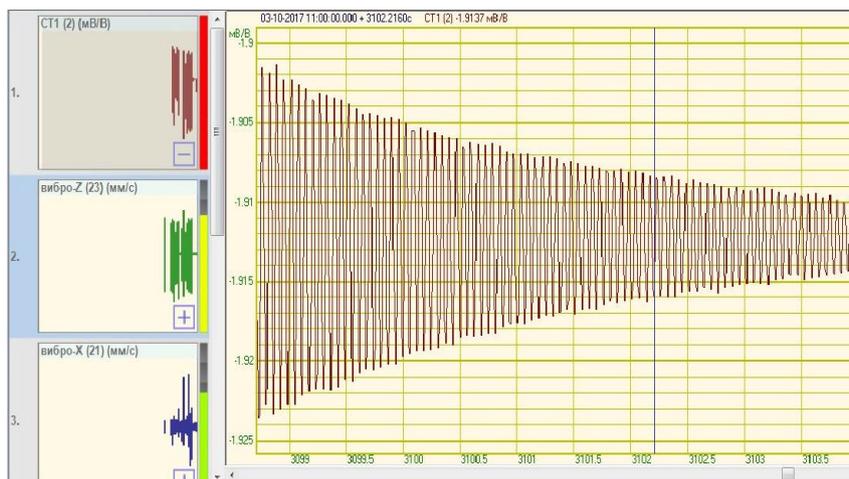


Рисунок 2 – Осциллограмма свободных затухающих колебаний балки при импульсной нагрузке

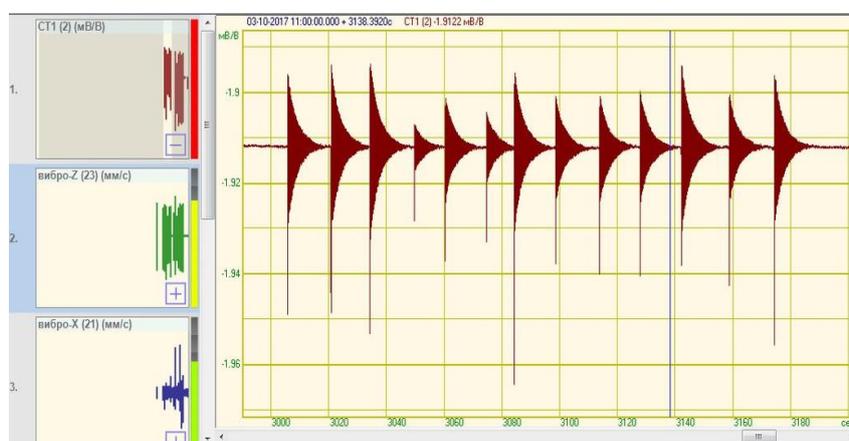


Рисунок 3 – Осциллограмма, полученная после серии испытаний

После обработки данных, были построены графики зависимостей, полученных экспериментальных данных. После анализа графиков были выявлены следующие зависимости: с увеличением массы груза при ударе, частота свободных колебаний уменьшалась, а период колебаний увеличивается, также изменялся декремент затухания свободных колебаний.

Следующим шагом планируется сравнение полученных экспериментальных данных с ручным динамическим расчётом и динамическим расчётом в программном комплексе SOFiSTiK.

УДК 69.059.14

ВИБРОДИАГНОСТИКА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Королев В.О., Ходяков В.А.

Беларусский национальный технический университет

e-mail: x@monogroup.by

Abstract. This article describes the methods of vibrodiagnostics of road bridges. It reveals the positive and negative aspects of the methods of active and passive vibrodiagnostics used, and also talks about the practical application of these methods.

Метод вибродиагностики позволяет определить актуальное состояние эксплуатируемых мостовых сооружений и выявить какие-либо отклонения, которые могут привести к

чрезвычайным последствиям. Суть метода заключается в измерении параметров амплитудно-частотных характеристик сооружений. Каждый объект имеет собственную, характерную для него, виброхарактеристику. Этот метод можно применять для мостов, находящихся на различных стадиях: в процессе строительства и на стадии эксплуатации.



Рисунок 1 – Схема процесса осуществления вибродиагностики

Существует несколько методик, с помощью которых можно определить виброхарактеристики автодорожных мостов.

Пассивный метод вибродиагностики

Особенностью данного метода является использование режима нагружения разного рода воздействий: случайного или постоянного, которые имеют природный или техногенный характер.

На практике этот метод реализуется путем нерегулярного воздействия: ветра, прогона одного автомобиля либо колонны и т.д. Все эти виды воздействия носят нестабильный характер. Данный метод обладает рядом недостатков: требуются значительные временные затраты на регистрацию наблюдаемых величин динамического отклика, а также слабая достоверность полученных результатов, так как не используется нормируемая система нагружений. Вследствие чего тяжело выявить устойчивые формы колебаний и передаточные функции параметров отклика конструкции.

Характеристики отклика сооружений в зависимости от способа регистрации и обработки полученных данных в ходе эксперимента: частоты низших форм колебаний пролетных строений, спектры мощности или относительных амплитуд, величина добавки динамического коэффициента. Сопоставление полученных результатов с данными расчетной модели носит качественный характер и может осуществляться с помощью частотного анализа.

Метод активной вибродиагностики

Данный метод, в отличие от описанного выше, характеризуется тем, что к конструкции прилагается вибрационная нагрузка с помощью специальной искусственной системы нагружения.

В этом методе вибрационная нагрузка может быть импульсной и гармонической. От этого зависит эффективность и трудозатраты на диагностику.

На практике метод импульсного нагружения может реализовываться разными приемами: прогоном одиночного автомобиля через искусственные неровности, оттяжкой конструкции тросом через размыкающее звено, сбросом груза, ударом через пластичную прокладку и т.д. Недостаток этого метода заключается в том, что опыт нужно повторять несколько раз, так как из-за малой длительности воздействия импульсной нагрузки тяже-

ло получить стационарные колебания. Сопоставление полученных результатов с данными расчетной модели носит такой же характер, как и в методе пассивной диагностики.

Более эффективным методом активной вибродиагностики является использование гармонического нагружения, однако данная технология требует значительных денежных затрат, поскольку применяются дорогостоящие вибровозбудители. Есть альтернатива механическим вибровозбудителям – электросервогидравлические вибровозбудители, которые отличаются тем, что все процессы, включая регистрацию данных, осуществляются в режиме «управляемого эксперимента». Необходимым условием для получения достоверных данных является крепление вибровозбудителей на испытываемой конструкции.

Из описанных выше методов можно сделать вывод, что в каждом есть преимущества и недостатки. Преимуществом данных методов вибродиагностики является то, что нет необходимости выводить мост из эксплуатации при проведении экспериментов, требуется перерыв в движении лишь 15 минут. Метод активной вибродиагностики дает более полную и достоверную информацию о деформациях, происходящих в конструкциях, но он значительно дороже, в отличие от метода пассивной вибродиагностики. Что касается метода пассивной вибродиагностики, то он менее дорогостоящий, но требует больших временных и трудовых затрат для получения достоверных данных.

УДК 621.9.047.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИМПУЛЬСНОГО БИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

*Нисс В.С., Королёв А.Ю., Паршута А.Э., Будницкий А.С.
Белорусский национальный технический университет*

Abstract. *A number of universal electrolytes for pulsed bipolar electrochemical processing have been developed, which make it possible to reduce the environmental hazard of the electrochemical polishing process. It is most expedient to use the developed technology for surface treatment of products made of technical aluminum and deformed alloys based on it, such as AD, D16, AMG, AMC for the purpose of subsequent oxidation or application of galvanic coatings.*

Электрохимическое полирование (ЭХП) алюминия и его сплавов в настоящее время является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов повышения качества поверхности, несмотря на то, что используется в промышленности на протяжении многих десятилетий. Однако ЭХП в его классическом виде имеет ряд существенных недостатков. Одним из них является зависимость режимов обработки и составов электролита от обрабатываемого материала. Кроме того, для электрохимического полирования применяются агрессивные дорогостоящие, электролиты, требующие специальных технологий по утилизации. Для электрохимического полирования алюминия в настоящее время применяют электролиты на основе ортофосфорной кислоты, а также смесь соляной кислоты с искусственным ангидридом. Электролиты при электрохимическом полировании алюминия требуют подогрева до температуры 60 – 90 °С. Обработка при таких температурах наносит значительный вред окружающей среде и производственному персоналу.

Для устранения существующих недостатков процесса ЭХП и расширения его технологических возможностей нами был предложен способ обработки с применением одно- и биполярных электрических импульсов. По результатам исследований способа разработаны принципиально новые процессы импульсной электрохимической обработки с длительностью импульсов 0,2–20,0 мс, обеспечивающие снижение энергетических затрат на процесс полирования и очистки поверхностей по сравнению обработкой при постоянном токе. Разработан ряд универсальных электролитов для электрохимического полирования алюминия и его

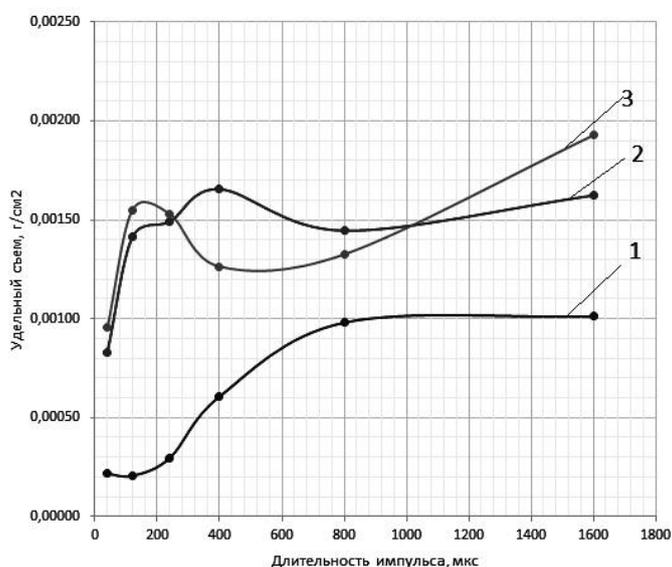
сплавов, не содержащих соединений хрома (VI), позволяющих снизить экологическую опасность процесса.

Разработанный способ позволяет выполнять полирование, глянецвание, очистку, скругление острых кромок и удаление заусенцев на изделиях, изготовленных из алюминия и алюминиевых сплавов. Обработка осуществляется в неподвижном электролите с рабочей температурой 20 °С при плоских катодах и нерегулируемых межэлектродных зазорах, что принципиально упрощает всю технологическую оснастку и процесс обработки. Достижимая шероховатость поверхности составляет Ra 0,04 мкм. Продолжительность полирования 2 – 4 мин, глянецвания – 30 с.

Разработанные процессы импульсной биполярной электрохимической обработки по сравнению с традиционным электрохимическим полированием обеспечивают:

- выполнение обработки в универсальных электролитах простых составов на основе серной и ортофосфорной кислот без добавления хромового ангидрида;
- выполнение обработки без дополнительного подогрева электролита;
- выполнение обработки с большей эффективностью, при которой скорость сглаживания микронеровностей обрабатываемой поверхности, отнесённая к общему съёму металла, значительно возрастает;
- стабильность геометрических и физико-химических свойств рабочей поверхности деталь-электролит за счет удаления катодных отложений.

По результатам исследования влияния параметров импульсов на характеристики поверхности установлено, что съём материала образца из алюминия зависит от длительности импульсов, при этом наблюдается увеличение съема при плотности тока 0,39 А/см² и увеличении длительности положительного импульса до 1600 мкс (рисунок 1). Кроме того, установлено что наибольшее снижение шероховатости поверхности достигается при длительности импульса 400 мкс и плотности тока 0,39 А/см².



1 – 0,17 А/см², 2 – 0,28 А/см², 3 – 0,39 А/см²

Рисунок 1 – Зависимости съема материала образца из алюминия технического АД1 от длительности импульсов и плотности тока

По результатам экспериментальной обработки изделий из алюминия и алюминиевых сплавов установлено, что наиболее целесообразно применение разработанной технологии для обработки поверхности изделий из технического алюминия и деформируемых сплавов

на его основе, типа АД, Д16, АМГ, АМЦ с целью последующего оксидирования или нанесения гальванических покрытий.

УДК 544.654.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИЛЛИСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Паршута А.Э., Сорока Е.В.
Белорусский национальный технический университет

***Abstract.** The processes of galvanizing and copper plating using millisecond pulsed electric modes have been developed. It is established that the use of the developed processes increases the efficiency of the process, since it allows, depending on the type of electroplating, to significantly increase the deposition rate, the productivity of the process, to obtain coatings with predetermined physical and mechanical properties, and to obtain multilayer coatings.*

Практика показала, что наиболее эффективное воздействие на равномерность распределения металла на поверхности, а также на процесс осаждения, структуру и свойства гальванических покрытий оказывает импульсный электролиз. Применение импульсного тока в гальванотехнике при гальваническом осаждении металлов и сплавов позволяет расширить спектр их эксплуатационных свойств: повысить адгезию покрытия с основой, уменьшить пористость и наводороживание, повысить твердость и износостойкость, увеличить коррозионную стойкость и защитную способность, повысить чистоту и электрическую проводимость, а также существенно улучшить другие физико-химические и функциональные свойства гальванических покрытий. Эффективность импульсного электролиза определяется не столько большим числом регулируемых параметров, по сравнению с постоянным током, но теми особенностями изменения потенциала электрода, который положительно влияет на стадию переноса заряда, адсорбцию и кристаллизацию металла покрытия [1].

Неравномерность толщин осадений при электролизе обусловлена в основном неравномерностью распределения плотности тока и концентрационной катодной поляризацией. До настоящего времени эти проблемы решались интенсификацией обмена электролита у катодной поверхности: барботажем, возвратно-поступательным перемещением катода в электролите, вибрацией катода, применением ультразвука. Однако диффузионные механизмы обмена существенно ограничивают производительность процесса. Для обеспечения равномерности распределения тока от периферии детали к середине используются выравнивающие экраны, используют металлическую обечайку вокруг детали, изменяют форму анода, чтобы выровнять электрическое поле у поверхности детали. Для предотвращения этого эффекта используются также выравнивающие добавки, которые создают барьерный слой в местах наибольших градиентов.

Предложенный импульсный режим питания гальванических ванн позволяет при обратном (отрицательном) импульсе тока проводить анодное стравливание металла на больших градиентах тока, то есть в местах, где произошло большое наращивание при прямом токе. С другой стороны, интенсивное разрушение концентрационной катодной поляризации будет способствовать обновлению раствора в прикатодном слое. При этом выравнивающие добавки, которые адсорбируются на катодной поверхности при реверсе тока позволяют создать барьерный слой, который препятствует осаждению металла на острых краях, и получить равномерное покрытие.

Применяемые в промышленности на данный момент электролиты цинкования и меднения в силу своих особенностей обладают недостаточной рассеивающей способностью. Это приводит к большому разбросу толщины покрытия, особенно на сложном профиле, не говоря о нанесении меди в производстве печатных плат. Так, гарантированное получе-

ние 9 мкм цинкового покрытия на деталях средней сложности приводит к тому, что неравномерность толщины на некоторых поверхностях может составлять до 12 – 16 мкм. Все это приводит к существенному перерасходу ценных компонентов и увеличению цены конечного продукта.

В результате выполнения работы разработаны процессы цинкования и меднения с использованием миллисекундных импульсных электрических режимов. Установлено, что применение разработанных процессов повышает эффективность процесса, поскольку позволяет в зависимости от вида гальванопокрытия значительно увеличить скорость осаждения, производительность процесса, получать покрытия с заданными физико-механическими свойствами, получать многослойные покрытия и т.п. Для изменения свойств покрытий используются также импульсы тока разной полярности. Для того чтобы обеспечить более быстрый подвод ионов металла к катоду в начале процесса гальванического осаждения, можно временно использовать ток гораздо выше допустимого предельного стационарного значения.

По результатам исследований установлено, что использование положительных электрических импульсов миллисекундной длительности позволяет проводить процесс нанесения цинка и меди при более высоких плотностях тока (до 10 А/дм²) по сравнению с нанесением на постоянном токе. Кроме того, использование положительных электрических импульсов миллисекундной длительности при нанесении цинка позволяет устранить дендритообразование. Удельная масса медного покрытия зависит от периода следования импульсов и их длительности, при этом наблюдается увеличение массы покрытия при увеличении длительности отрицательного импульса до 12 мс и повышении плотности тока с 3 до 8 А/дм².

Литература

1. Костин, Н.А. Импульсный электролиз / Н.А. Костин, В.С. Кублановский, В.А. Заблудовский. – Киев: Наук. думка, 1989. – 168 с.

УДК 712.253(476.4)

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТАРИННОГО ПАРКА УСАДЬБЫ ХРЕПТОВИЧЕЙ В ДЕРЕВНЕ ЩОРСЫ НОВОГРУДСКОГО РАЙОНА

Королькова Ю.А., Пармасевич Н.В.

Белорусский государственный технологический университет

e-mail: jumar_kor@mail.ru

Abstract. CULTURAL HERITAGE, OLD MENTION, PARK, RESTAURATION, DESIGN, VEGETATION, TRANSIT, RELIEF, FUNDING, EXTERNAL RELATIONS. *The object of designing is the old park, which is located in the village Schors (Novogrudok district, Republic of Belarus). A literature review of sources on the design topic was also conducted, legislative and project documentation was analyzed to identify existing norms and requirements when designing this type of territory and solving the task. In the old park, an inventory of plantations was carried out, which showed their sanitary and aesthetic state. The state of lawns, transits and equipment, is estimated. We have researched and developed business ideas to make a profit from old houses. The purpose of the design is to carry out the reconstruction of landscaping and improvement of the territory of the old park.*

Культурное наследие имеет огромное значение для поддержания и развития социальных, политических, национальных и философских ценностей отдельных личностей и целых народов.

Старинные усадьбы – значимые объекты нашего культурно-исторического наследия, однако современное состояние их нередко оставляет желать лучшего. Задача сохранения старинных усадеб Беларуси, а также ландшафтной реорганизации и восстановления территориально связанных с ними парков-памятников садово-паркового искусства, которые еще не успели полностью разрушиться, чрезвычайно актуальна. Территории восстановленных усадеб можно ис-

пользовать в различных целях: для реализации образовательных и оздоровительных программ, туризма, творчества, некоторых видов производства. Разработка технической документации и концепции восстановления и дальнейшего развития старинного парка усадьбы Хрептовичей в деревне Щорсы Новогрудского района позволит трансформировать его в привлекательное место для образовательного туризма и отдыха не только белорусов, но и иностранных гостей.

Цель исследования – восстановление и развитие старинного парка усадьбы Хрептовичей как места для проведения культурных мероприятий и отдыха населения, а также иностранных туристов.

Задачи исследования:

1. Изучение архивных документов, литературных и изобразительных источников, проектных материалов по старинному парку и усадьбе Хрептовичей в д. Щорсы Новогрудского района, методик и сложившейся практики восстановления старинных парков и усадеб.

2. Проведение детальных натурных обследований системы ландшафтных композиций, состава и состояния насаждений на территории старинного парка усадьбы Хрептовичей: определение границ существовавшей растительности и открытых пространств, выявление общей композиции парка, установление исторических форм рельефа и аллеино-дорожной сети, фиксация и обследование исторической растительности, картографирование, гидротехническое обследование водных устройств, определение размеров малых форм, учет достопримечательностей и др.

3. Разработка концепции ландшафтного восстановления старинного парка усадьбы Хрептовичей.

4. Разработка детальных проектных предложений и рекомендаций по ландшафтной организации старинного парка усадьбы Хрептовичей.

Методы исследования:

- сопоставительного анализа литературных и интернет-источников;
- натурных обследований;
- фотофиксации;
- графического моделирования;
- экспериментального проектирования.

Приусадебные парки как элемент единого ансамбля являются неотъемлемой частью исторического наследия, но, к сожалению, вследствие недостаточного финансирования, это «зеленое наследие» остается не обихожеными и недостаточно используется. Тем не менее существует ряд других проблем:

– недостаточная транспортная доступность парка по отношению к наиболее крупным городам Беларуси, а особенно к г. Минску, так как он является столицей и основной поток иностранных туристов наблюдается оттуда;

– недостаточная осведомленность людей о существовании и местонахождении данного старинного парка.

Однако при достаточном финансировании данные проблемы возможно решить и тем самым увеличить поток посетителей на территорию усадьбы Хрептовичей. С целью привлечения инвестиций для восстановления старинного парка усадьбы Хрептовичей в д. Щорсы Новогрудского района нами предполагается разработка бизнес-идей по получению прибыли, а также разработка идеи-концепции восстановления данного историко-культурного комплекса.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВА КАК КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кострова Е.С., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос деревообрабатывающей промышленности в Беларуси. Существующие строительные материалы, не обладают такими свойствами, которые присущи древесине. Дерево достаточно удобно в производственной обработке. Так же, из всех материалов древесина является одной из самой легкой и прочной, долго сохраняющей приятный запах и тепло. Почему же в нашей стране при большом количестве лесов уровень по заготовке и применению древесины не является примером для других стран?

Проведем сравнительный анализ между Республикой Беларусь и США (В частности штата Вашингтон, так как по климату и площади он достаточно схож с Беларусью). Выясним проблемы отставания развития данной отрасли в нашей стране.

На данный момент территория лесов в Беларуси занимает 9247,5 тысячи гектаров или 40 процентов от всей площади страны. Отрасль по деревообработке примерно составляет 2% в структуре промышленного производства республики (табл. 1).

Таблица 1 – Подразделение видов промышленности

Промышленность	Примечание
Лесозаготовительная	Сектор лесозаготовок включает: <ul style="list-style-type: none"> – заготовку и вывозку древесины; – раскряжевку древесины; – производство деловой древесины; – производство пиловочника; – производство фанерного, спичечного и технологического сырья; – добыча живицы.
Деревообрабатывающая (механическая обработка)	Делится на: <ul style="list-style-type: none"> – лесопильную (6,6%); – производство стандартных домов и строительных деталей из дерева (24%); – фанерную (4,9%); – мебельную (62,3%); – производство спичек (2,2%).
Лесное хозяйство республики функционирует в условиях исключительной государственной собственности на леса, централизованного лесопользования и лесопользования.	

С каждым годом В Беларуси увеличивается объём лесозаготовок. В 2016-м он составил 15,1 млн м³ ликвидной древесины при плане в 12,5 млн м³. К 2025 году данный показатель достигнет 25 млн кубометров. То, что леса в стране заметно поредели, видно уже невооружённым взглядом [2].

В нашей Республике «зеленая территория» представляет одну из самых важных национальных богатств. Для устойчивого социально-экономического развития страны, лесные ресурсы играют большую роль в обеспечении энергетической, экономической, экологической безопасности. По ключевым показателям, характеризующие лесной фонд (запас рас-

тущей древесины в пересчете на одного жителя, лесистость территории, площадь лесов) (рис. 1, рис. 2), Беларусь находится в первой десятке лесных государств Европы.

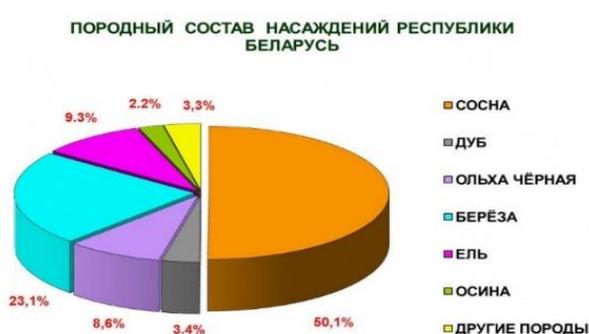


Рисунок 1 – Возрастной состав лесов

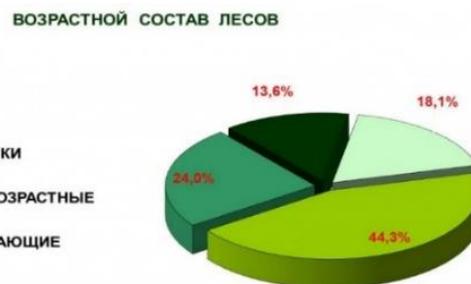


Рисунок 2 – Состав насаждений

В основном предприятия и производства находятся в сфере управления Белорусского производственно-торгового концерна лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности «Беллесбумпром» и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (табл. 2). В настоящее время практически все деревообрабатывающие предприятия в составе концерна «Беллесбумпром» являются акционерными обществами. При таких обстоятельствах государственная доля в уставных фондах изменяется от 16% до 60% (рис. 3) [2].



Рисунок 3 – Отрасли в структурном отношении лесопромышленности

Таблица 2 – Предприятия, работающие над определенной продукцией [3]

Вид производства	Примеры предприятий	Город
Производство лесопильных и строительных материалов	ООО «БелПрогрессЛес»	Молодечно
Фанера	ОАО «Борисовдрев»	Борисов
Мебель	Унитарное предприятие «Торговый дом «Лагуна»	Барановичи
Стандартны дома, бани, теплицы	ОДО «СПП «Промтехресурс»	Витебск
Строительные детали из дерева	ОАО «Минскдрев»	Минск
Спички	ЗАО «Холдинговая компания Пинскдрев»	Пинск

Лесу необходима рубка ухода. Иначе возрастет пожароопасность. В настоящее время уход стал быть похож на промышленную добычу древесины.

От продажи участков государство не получает ни копейки, а у лесхоза есть товарная древесина. При достижении «ухаженой» участка возраста рубки, цена ее стоимости станет намного меньше из-за небольшой ликвидной массы оставшегося древостоя.

Частая вырубка делает лес реже, что является ослаблением его ветроустойчивости, больше всего это заметно после 1-2 лет с момента резки. В результате этого, последствия ураганов становятся «рекордными».

Наша страна имеет огромные территории лесов, большое количество запаса древесины, но страдает обработка. Мы поставляем данный материал в другие страны, а потом покупаем готовые обработанные деревянные детали, различные конструкции. Страны, которые получают необработанную древесину, остаются в более выигрышном положении. Конечно, на обработку материала требуются большие финансовые вложения. Однако, кроме готовых к дальнейшему использованию всевозможных пиломатериалов, завод получает так называемые отходы производства. Они могут послужить для последующего использования в качестве вторичного сырья.

Теперь рассмотрим ситуацию в штатах. Современный способ управления лесами США (Рис. 4) достаточно сложен и своеобразен, что объясняется многообразием форм собственности на леса, их целевым назначением, а также тем, что законы и другие нормативные правовые акты могут считаться как органами федеральной власти, так и властями штатов [1].

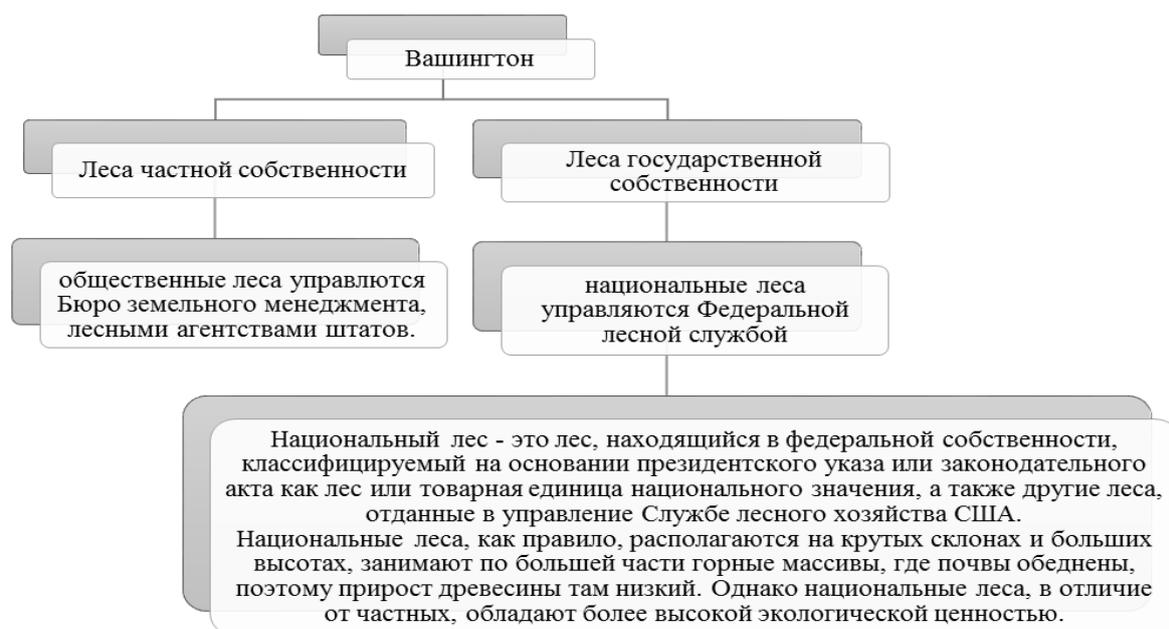


Рисунок 4 – Система управления лесами в Вашингтоне

Исходя из данных рассмотрений, можно сделать вывод, что проблема заключается в отставании развития технологий по переработке древесины. Недостаточно продуман уход за лесами, что влечет за собой потери «зеленых» площадей.

Нужно, чтобы имеющиеся в стране древесина и макулатура перерабатывались на отечественных предприятиях. Ценное сырье для получения готовых изделий не должно уходить за рубеж по бросовым ценам, а потом возвращаться в виде продукции, которую можно выпускать в республике. Следует загрузить производственные мощности, таким образом обеспечить работу людям и получать хорошую экономическую выгоду. После чего можно усовершенствовать существующие технологии обработки и заготовки древесины, а также строительство деревянных конструкций.

Список литературы

1. Журнал лесопромышленного комплекса Леспроминформ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lesprominform.ru/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.
2. Публикация материала для обучения Лекции.Орг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lektsii.org/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.
3. Справочник компаний Беларуси [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://belorussia.su/>. – Дата доступа: 09.10.2017 г.

УДК 621.791:621.793

ОЦЕНКА СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ХОЛОДНЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

¹Ли Ваншен, ¹Ан Гуашен, ¹Фенг Ли, ²Горанский Г.Г., ²Ваганов В.В.

¹Ланьчжоуский технический университет, г. Ланьчжоу, Китай

²Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

e-mail: georggoran@rambler.ru

Abstract. 1. The values of adhesion, hardness and viscosity of applied coatings are determined for various types of aluminum powders in a wide range of temperature modes of gas-dynamic spraying. 2. The structure of the coatings was evaluated. The absence of oxidation of the sputtered particles is shown. The distribution of the elemental composition of the coatings is determined as a function of the distance to the coating-base contact zone. 3. The thickness and properties of non-porous Al coatings are controlled by varying the composition of the powder to be sprayed, the temperature regimes and the number of spraying cycles.

Введение

Увеличение ресурса работы стальных деталей, работающих в условиях износа, высоких температур и химически активных сред, может достигаться микродуговым оксидированием предварительно нанесенных на стальные поверхности алюминиевых покрытий, когда формируется высоко плотное, твердое покрытие Al_2O_3 с хорошей адгезией и коррозионной стойкостью. Нанесение на стальные детали алюминиевых подслоев, предназначенных к последующей трансформации в Al_2O_3 при микродуговом оксидировании, целесообразно выполнять холодным газодинамическим напылением.

Цель работы – оценка структуры, степени адгезии и твердости алюминиевых покрытий, нанесенных холодным газодинамическим напылением, т.к. эти факторы определяют в значительной степени уровень свойств окончательного покрытия из Al_2O_3 .

Методика. В качестве материала основы использовалась Сталь 30. Алюминиевые порошки марок А-10-01, А-20-01, А-30-01 напылялись холодным газодинамическим методом на установке ДИМЕТ-405. Температуры динамического потока воздуха на расстоянии 10 мм от среза сопловой насадки СНК-6 на различных режимах приведены в таблице 1.

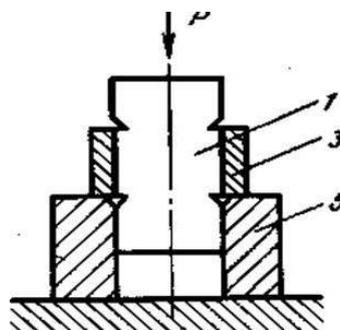
Таблица 1 – Температуры динамического потока воздуха

Температурный режим	Значение температуры, °С
1	140...165
2	235...245
3	315...340
4	390...415
5	495...510

Толщина покрытий варьировалась от ~ 10-12 до ~ 50-80 мкм путем изменения числа циклов напыления. (Принципиально толщина покрытия могла быть увеличена вплоть

до 3000 мкм и выше, однако такая задача в данной работе не стояла.) Толщина покрытий измерялась с помощью широкодиапазонного магнитного толщиномера МТЦ-3 (каждый результат – среднее 5 измерений), а твердость – посредством портативного ультразвукового импедансного твердомера «Константа ТУ» (каждый результат – среднее 5 измерений).

Внешний вид образцов для оценки степени адгезии покрытий штифтовым методом приведен на рисунке 1, а схема определения прочности адгезии покрытия – на рисунке 2. Приведенные значения степени адгезии напыленных покрытий – средний результат 7 испытаний на разрывной машине Instron -3380.



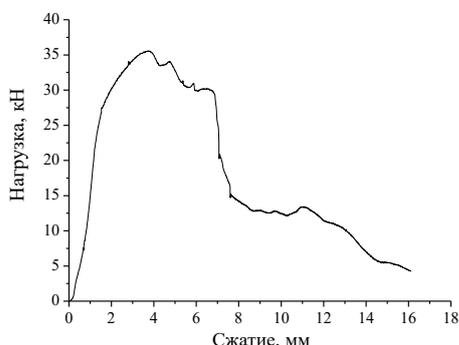
1 – образец, 5– основание, 3 – покрытие

Рисунок 1 – Образцы для оценки степени адгезии штифтовым методом

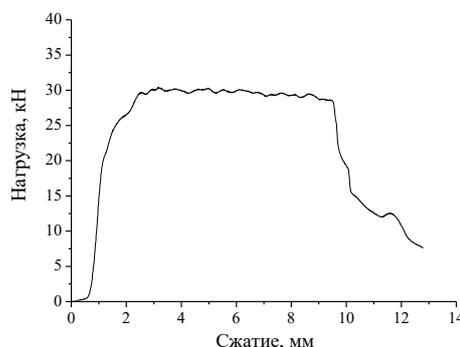
Рисунок 2 – Схема определения прочности адгезии

Результаты эксперимента

Диаграммы нагрузка-деформация при испытаниях прочности адгезии подслоев представлены на рисунке 3. Результаты испытаний сведены в таблицу 2 (здесь ϵ_k – критическая деформация переходной зоны с покрытием до разрушения).



алюминий А-10-01



алюминий А-30-01

Рисунок 3 – Диаграммы нагрузка-деформация при испытаниях прочности адгезии подслоев

Таблица 2 – Механические свойства алюминиевых покрытий (толщина – 10-18 мкм)

	Марка порошка								
	А-10-01			А-20-01			А-30-01		
№ режима	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Адгезия, МПа	85	118	92	89	122	90	80	118	72
Твердость, МПа	980- 1140	890- 1010	720- 780	940- 1100	860- 940	660- 690	880- 1020	810- 880	600- 640
ϵ_k , %	28	32	39	34	37	42	41	46	46
Пористость, %	0-2	0-2	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1

Наибольшая степень адгезии наблюдается для всех порошков при работе в режиме 3, т.е. при температуре динамического потока воздуха 315-340 °С, причем она выше для порошка марки А-20-01.

Твердость покрытий при переходе к более высокотемпературным режимам напыления 2→3→4 снижается для всех порошков, оставаясь наибольшей для порошка марки А-10-01. По мере снижения твердости возрастает вязкость покрытия и переходной зоны, о чем свидетельствует нарастание критической деформации переходной зоны с покрытием ϵ_k .

Пористость покрытий для всех порошков фактически от режимов напыления не зависела, составляя ~ 1%. Шероховатость поверхности покрытий $Rz = 20-40$.

Морфология поверхности покрытий представлена на рисунке 4а, а их строение – на рисунке 4б. В беспористой однородной структуре покрытия отсутствуют окисленные по границам зерна металла, так как в составе напыляемой алюминиевой шихты имеются в качестве добавок частицы корунда Al_2O_3 (до 20%). При ударе о покрытие в момент напыления они сбивают образовавшиеся пленки окислов Al_2O_3 , обеспечивая высокую степень адгезии и когезии. Часть частиц Al_2O_3 не улетает из зоны напыления, «завариваясь» в алюминиевой матрице (рисунок 4в). Они способствуют повышению твердости покрытия, не препятствуя развитию объемной диффузии кислорода в алюминий при последующем микродуговом окисдировании.

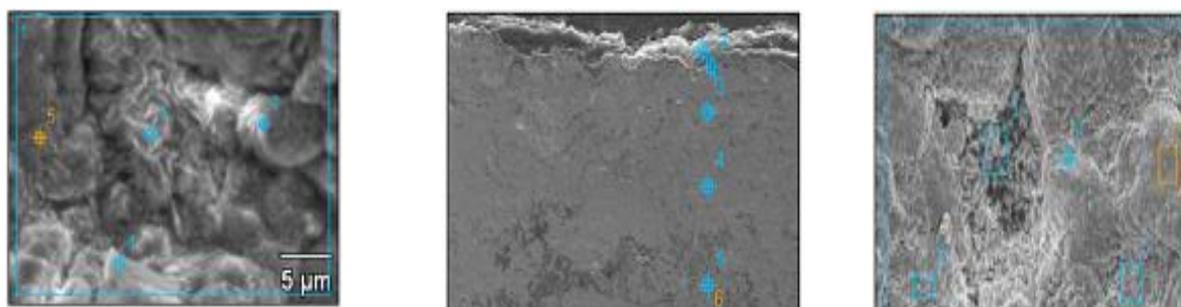


Рисунок 4 – Морфология поверхности покрытия (а), его структура (б) и включения Al_2O_3 (в)

Структура и распределение элементного состава покрытия в зависимости от расстояния до зоны контакта покрытие-подложка приведены на рисунке 5.

Изменение числа циклов (времени) напыления ведет к росту толщины напыляемого слоя для всех технологических режимов. Это сказывается на снижении прочности адгезии и вязкости покрытия (таблица 3).

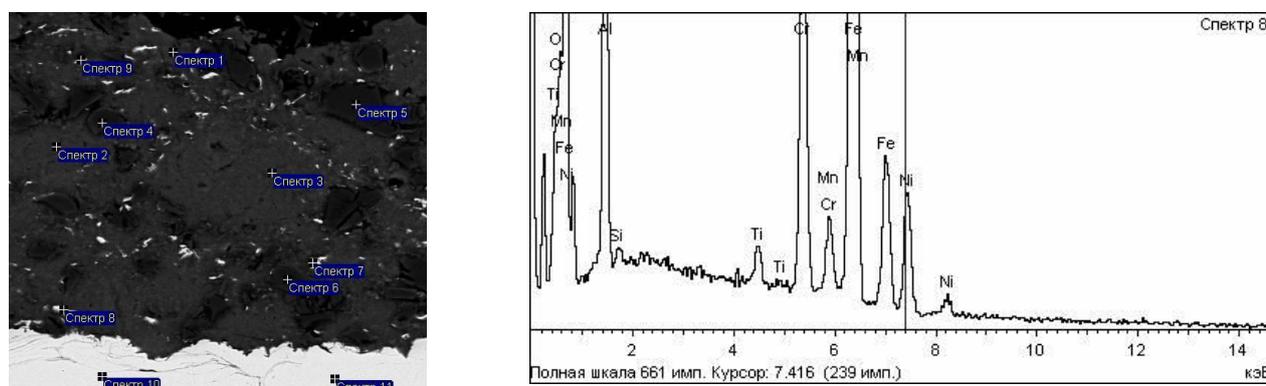


Рисунок 5 – Структура и распределение элементного состава покрытия

Таблица 3 – Механические свойства алюминиевых покрытий (порошок А-20-01, режим 3)

	Цикл напыления		
	8	16	24
Толщина, мкм	18	56	81
Адгезия, МПа	122	104	92
Твердость, МПа	940-1100	860-940	860-940
ϵ_k , %	42	37	29
Пористость, %	0-1	0-3	0-3

Заключение

1. Для различных типов алюминиевых порошков в широком диапазоне температурных режимов газодинамического напыления определены значения адгезии, твердости и вязкости наносимых покрытий.

2. Выполнена оценка структуры напыляемых покрытий. Показано отсутствие окисления напыляемых частиц. Установлено распределение элементного состава покрытий в зависимости от расстояния до зоны контакта покрытие-основа.

3. Толщина и свойства беспористых Al покрытий управляемы за счет варьирования составами напыляемого порошка, температурными режимами и числом циклов напыления.

4. Полученные методом холодного газодинамического напыления Al покрытия при однородной структуре и минимальной пористости обладают высоким уровнем адгезии, твердости и вязкости, что позволяет использовать их как подслои на стальные подложки для последующего микродугового оксидирования при создании керамических покрытий на стальных изделиях.

УДК 501.22:621.763

СИНТЕЗ И УПРОЧНЕНИЕ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Мекто А.Д.¹, Смоляк В.В.¹, Калиниченко В.А.²

¹⁾ студенты гр. 10405115 МТФ, Белорусский национальный технический университет,
e-mail: itashics@gmail.com

²⁾ зав. НИИЛ ПТФ, Белорусский национальный технический университет,
e-mail: kvlad@bntu.by

Abstract. *The paper presents information about cast composite materials with macroheterogeneous structure with high wear resistance for operation in heavy loaded friction units with small linear velocities intended for use in the units and aggregates of building machinery are used. Described a number of aspects of use of these products.*

Композитный материал – многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении её механических характеристик [1, 2].

Композиты с металлической матрицей разделяют на армированные волокнами (волоконистые композиты) и наполненные тонкодисперсными частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные композиты).

В дисперсно-упрочненных материалах матрица является основной несущей нагрузку составляющей, а дисперсные частицы тормозят движения дислокаций, повышая предел текучести и прочность материала. Высокая прочность достигается при размере частиц 10-500 нм при среднем расстоянии между ними 100-500 нм и равномерном их распределении в матрице. Дисперсно-упрочненные композиты могут быть получены на основе большинства применяемых в технике металлов и сплавов [1, 2].

Композиционные материалы на основе меди разрабатывают, главным образом, триботехнического назначения, так как они обладают повышенными механическими свойствами. Для макроготерогенных композиционных материалов, применяемых в узлах трения строительных машин, важную роль имеет состав матрицы и армирующего элемента. Если в качестве армирующего элемента, в основном, используется литые гранулы стали ШХ15 или литейная чугунная дробь марки ДЛЧ диаметром порядка 1 мм, то в отношении состава матрицы имеется широкий спектр подходящих материалов, которые удовлетворяют поставленной задаче (повышенная прочность на сжатие, низкий коэффициент трения и высокая износостойкость). По результатам проведенных испытаний наиболее эффективно использование безоловянистых бронз. Среди них, особое значение в качестве основы играют кремнистые бронзы (содержание кремния до 3,5%). Наибольшее распространение получили бронзы, дополнительно легированные никелем и марганцем, которые улучшают механические и коррозионные свойства.

В кремнемарганцевой бронзе БрКМц3-1 добавка 1,0...1,5% марганца практически полностью находится в α -твердом растворе, поэтому полуфабрикаты из этого сплава упрочняющей термической обработке не подвергаются. Бронза БрКН1-3 относится к числу термически упрочняемых сплавов, в которых никель с кремнием образуют силицид Ni_2Si с растворимостью, резко уменьшающейся с понижением температуры. Силицид кремния определяет упрочнение бронзы при старении (450°C, 1 час) после закалки с 850°C. Бронзы БрКМц3-1 и БрКН1-3 отличаются высокими пружинными и антифрикционными свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью. Бронзы технологичны: деформируются в горячем и холодном состояниях, свариваются с другими бронзами и сталью, паяются мягкими и твердыми припоями.

По результатам проведенного обзора, кроме применения в композициях бронз типа БрКЗМц, была использована бронза типа БрБ2 с бериллием, обладающая более низкой температурой плавления, отсутствием при ударном воздействии искры, с практически аналогичными механическими свойствами [3].

Из разработанных материалов могут изготавливаться изделия практически любой геометрической формы и размера, включая биметаллические заготовки, например, направляющие различного назначения, червячные колеса, втулки, подшипники скольжения для тележек и рельсовых кранов, лебедок и иных механизмов с невысокими линейными скоростями. На рисунке 1 приведены полученные изделия из композиционных материалов на основе бронз БрКЗМц1, БрБ2.

Благодаря особенностям и высоким механическим свойствам композиции (общий износ пары трения – не более 0,1 мм/ км пути; коэффициент трения со смазкой – 0,04-0,06; удельное давление – до 100 кг/см²; электрохимическая стойкость при работе с ответной парой трения) данный тип материалов может эксплуатироваться в ряде агрессивных сред с высокой запыленностью, повышенной температурой или влажностью и др. (что характерно для строительных площадок), где использование аналогичных материалов не представляется возможным.



Рисунок 1 – Образцы применения композиционных материалов
 а) – шестерня, б) – биметаллическая втулка, в) – композиционная втулка для велок компании REG AG (Германия)

Заключение. Рассмотрены особенности синтеза литых композиционных материалах на основе меди с макронеоднородной структурой, высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения строительных машин и механизмов с малыми линейными скоростями. Из разработанных материалов можно изготавливать изделия практически любой геометрической формы и размеров, включая биметаллические детали, предназначенные для использования в узлах трения различных типов машин и механизмов, используемых в современном строительном производстве.

Литература

1. Concise Encyclopedia of Composite Materials / Ed. by A. Kelly. — Elsevier Science, 1994. – 378 p.
2. Композиционные материалы. Справочник / Под общей ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение, изд.6-е, М.: Металлургия, 1986. – 546с.

УДК 535.137

ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕД ДЛЯ ФОТОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Микитчук Е.П., Козадаев К.В.

*Белорусский государственный университет
 e-mail: m.helenay@yandex.by, kozadaeff@mail.ru*

Abstract. *Surface nanostructures synthesized by means of pulsed laser deposition at atmospheric pressure are studied from the viewpoint of performance of fiber-optic photoacoustic generators. Wide variety of surface nanostructures is investigated theoretically as well as experimentally. Optical absorption spectral properties are manipulated by means of the control of the nanoparticles shape, surface occupation density and aspect ratio.*

Поверхностные структуры, содержащие металлические наночастицы (НЧ), находят широкое применение для фотоакустической генерации ультразвука в современных системах диагностики и неразрушающего контроля [1,2]. Широкополосные ультразвуковые сигналы могут генерироваться путем облучения поверхности поглощающего материала модулированным лазерным сигналом: падение лазерного излучения высокой интенсивности на фотоакустический поглощающий материал приводит к его тепловому расширению/сжатию (сжатие происходит в момент отсутствия излучения). Тепловой механический эффект (сжатие

и расширение поглощающего материала) приводит к генерации упругих колебаний, что в свою очередь возбуждает акустические волны в окружающей среде [1].

Существует ряд сложностей, связанных с предельными (максимальными) достижимыми рабочими частотами и размером таких преобразователей, задаваемыми эффектами объемной оптики. Например, принципиально важно обеспечить однородность фронта акустической волны, генерируемой с помощью воздействия модулированного лазерного излучения в как можно более тонком слое материала фотоакустического преобразователя [1,3]. Для эффективности фотоакустической генерации также важен поглощающий материал, который должен обладать высоким оптическим коэффициентом поглощения на длине волны лазерного излучения, при этом также и высоким коэффициентом теплового расширения [2].

Применение НЧ благородных металлов позволяет значительно увеличить эффективность фотоакустической генерации за счет высокого поглощения оптического излучения на частотах плазмонного резонанса. В общем случае полоса поверхностного плазмонного резонанса (ППР), в частности, ее спектральное положение и форма зависят от материала и формы НЧ, а также взаимного расположения НЧ относительно друг друга. Например, использование различных материалов в качестве подложки приводит к заметному изменению положения максимума и ширины пика ППР в оптических спектрах, положение максимума в спектре экстинкции неоднородных НЧ существенно зависит от объемной доли металла в наноструктуре, что позволяет создать эффективные поглотители. Ранее также установлено, что увеличение показателя преломления окружающей среды вокруг НЧ может приводить к незначительному красному сдвигу в оптическом спектре [3–5].

Толщина нанокompозита также оказывает влияние на ширину полосы частот генерации ультразвука: высокочастотные компоненты ультразвукового сигнала в твердом теле ослабляются быстрее, чем низкочастотные, поэтому для качественной широкополосной фотоакустической генерации ультразвука важно обеспечить минимально возможную толщину фотоакустического преобразователя.

Для формирования поверхностных наноструктур благородных металлов возможно применение метода импульсной лазерной абляции монометаллических мишеней [6]. Процесс формирования НЧ проходит в атмосфере воздуха с последующим нанесением их в виде монослоя на подложку. Процесс формирования НЧ в абляционном факеле обеспечивает выталкивание атмосферных газов, что в свою очередь обеспечивает синтез НЧ благородных металлов с высокой химической чистотой без оксидной/ гидроксидной оболочки [6]. При лазерной абляции с помощью неодимового лазера (Nd:YAG с длиной волны 1064 нм), генерирующего импульсы длительностью 20 нс и со средней энергией ~200 мДж, возможно формировать НЧ благородных металлов на поверхности подложки (в том числе, оптического волокна), а также управлять плотностью заполнения ими поверхности.

В работе получены монослои с НЧ Ag на стеклянной и кремниевой подложках, полученные методом лазерной абляции в атмосфере воздуха (рис. 1). Характерные изображения формируемых наноструктур приведены на рисунке 1. Для случая, когда диаметр окружности, описанной около основания НЧ, примерно равен высоте НЧ, наибольшее поглощение имеет место в наноструктурах с НЧ Ag, форма которых близка к цилиндрической, при этом максимальная величина поглощения может достигать 80–90%.

Установлено, что на этапе синтеза наноструктур путем вариации формы наночастиц, а также путем изменения линейных размеров и плотности заполнения поверхности наночастицами, возможно достигать коэффициента поглощения оптического излучения свыше 80%.

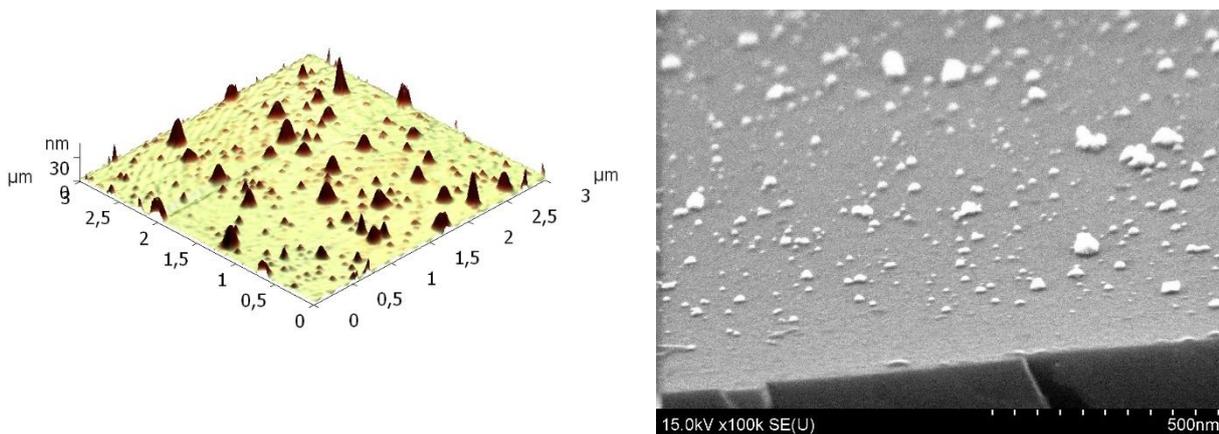


Рисунок 1 – Наноструктура с НЧ Ag на стеклянной и кремниевой подложках, соответственно, полученная методом лазерной абляции в атмосфере воздуха

Список использованных источников

1. Numerical simulation of fiber-optic photoacoustic generator using nanocomposite material / Ye Tian [et al.] // J. of Comput. Acoustics. – Vol. 21. – art. No. 1350002.
2. Nondestructive characterization for PDMS thin films using a miniature fiber optic photoacoustic probe / Xiaotian Zou [et al.] // Proc. of SPIE - The Int. Soc. for Opt. Eng. – Vol. 8694. – P. 86940-86940.
3. Микитчук Е. П. Моделирование электромагнитных свойств серебряных наноструктур на подложке в атмосфере воздуха / Е. П. Микитчук, К. В. Козадаев // Журнал. Бел. гос. ун-та. Сер. Физика. – 2017. – № 1. – С. 100–107.
4. Микитчук Е.П. Моделирование взаимодействия между серебряными наночастицами в двумерном массиве на стеклянной подложке / Е.П. Микитчук, К.В. Козадаев // Ж. Прикл. Спектроскоп. – 2016 – Т. 83, № 6. – С. 947–952.
5. Goncharov V.K. Diagnostics of the monolayer silver nanostructures on a solid substrate using the bifactorial analysis of the SPR band / V.K. Goncharov, K.V. Kozadaev, A.P. Mikitchuk // High Temp. Mat. Processes: Int. Quarterly of High-Technol. Plasma Processes. – 2014. – V.18, №3. – P. 217–229.
6. Goncharov V.K. Investigation of noble metals colloidal systems formed by laser synthesis at air / V.K. Goncharov, K.V. Kozadaev, D.V. Shchegrikovich // Adv. in Opt. Tech. – No. 907292.

УДК 721.021.23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ AUTODESK И DYNAMO В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

Мусиенко Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: musienko97@yandex.ru

Abstract. *In this article the speech about expediency of application of BIM of modeling will go to tunneling. We will review a concrete example of modeling of a tunnel with application of a linking of Revit and Dynamo. I will tell you about benefits on economic indicators and you will be pleasantly surprised.*

Autodesk – лидер в 3D проектировании, инженерного и развлекательном программном обеспечении. Если вы когда-либо управляли высокоэффективным автомобилем, восхищались высоким небоскребом, использовали смартфон или посмотрели крутой фильм, возможно вы испытали то, что испытывают миллионы клиентов, работающих с продуктами Autodesk.

Autodesk Revit – это инструмент информационного моделирования здания (BIM), который позволяет создавать дизайн для архитектурных, структурных и MEP (механика, электричество и сантехника) дисциплин. Revit использует инструменты для разработки BIM в большинстве строительных проектов. По исследованиям проводимых в Великобритании 2016 года, Revit – самый популярный инструмент для проектирования.

Поскольку его основные преимущества были выявлены для строительных проектов, использование BIM также возрастает быстрыми темпами для проектов в области инфраструктуры. Autodesk предлагает программные решения для этой цели и настоящее время предлагает работу в облаке, где над одним проектом может работать сразу несколько человек и как следствие получения более точной, эффективной модели.

С другой стороны, инфраструктурные проекты включают компоненты неправильной геометрии, такие как туннели. Это совершенно непростая задача - создать точную геометрию, горизонтальные и вертикальные кривые. Будучи такой сложной задачей Revit все еще является решением "головной боли" инженеров.

Можно найти много методов для создания туннелей. В том случае, если строительная компания хочет создать имитацию конструкции, можно создавать туннели в качестве типовой модели в Revit и раздельными туннелями с равным интервалом в Dynamo. В свою очередь Autodesk Civil 3D может предоставить 3D геометрию пути, которая нам необходима. (см. рис.1.1). А также не составляет труда редактировать компоненты (рис 1.2.).

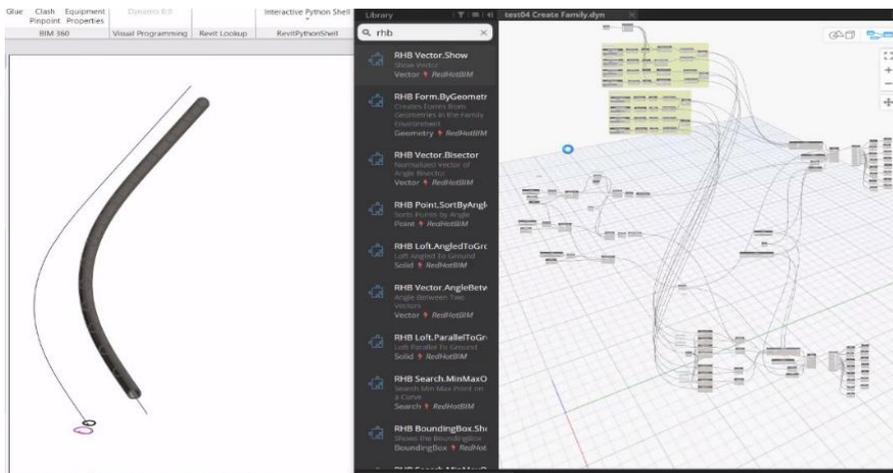


Рисунок 1.1 – 3D геометрия туннеля

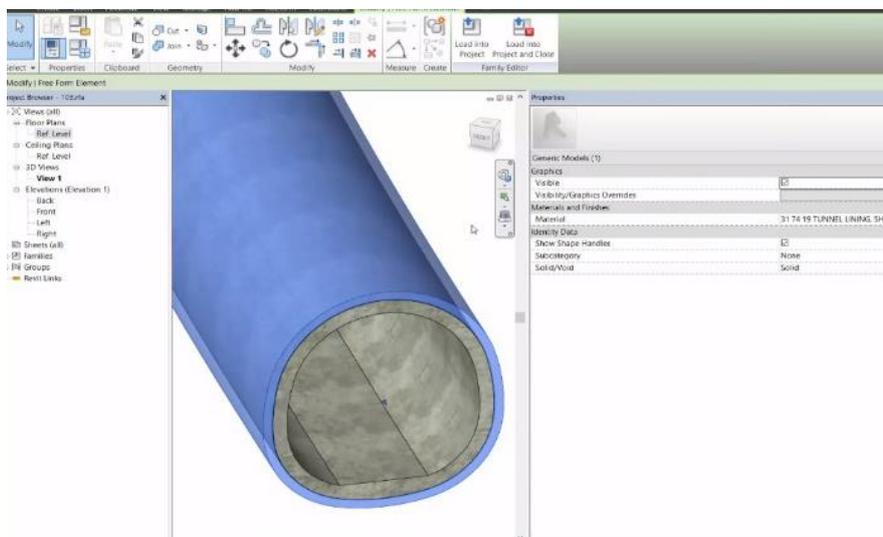


Рисунок 1.2 – Редактирование элементов туннеля

В случае, когда подрядчик запрашивает физический прогресс в течение периодического времени, например, ежемесячно, прогресс может быть различным в каждом периоде. Создавая параметры смещения и длины для типичных адаптивных семейств туннелей, туннели могут создаваться с различными интервалами. Первый компонент туннеля имеет 0-метровое смещение со значением длины, которое обеспечивается ежемесячным прогрессом. Компонент, который отображает следующий месяц, будет иметь значение смещения, равное предыдущей длине компонента, а новое значение длины исходит из текущего прогресса.

Например, в проекте смещение первого компонента составляет 0 м, а прогресс – 34,98 м. (см. рис 1.3). В следующем месяце значение смещения равно значению длины предыдущего месяца. Следующий прогресс – 25,8 м (рис 1.4).

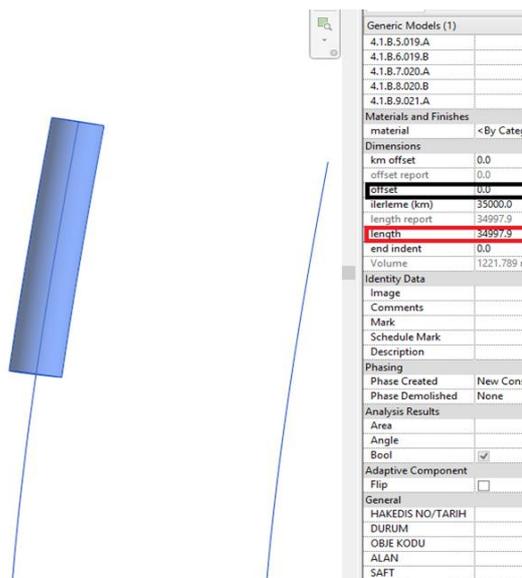


Рисунок 1.3 – Построение первого компонента туннеля

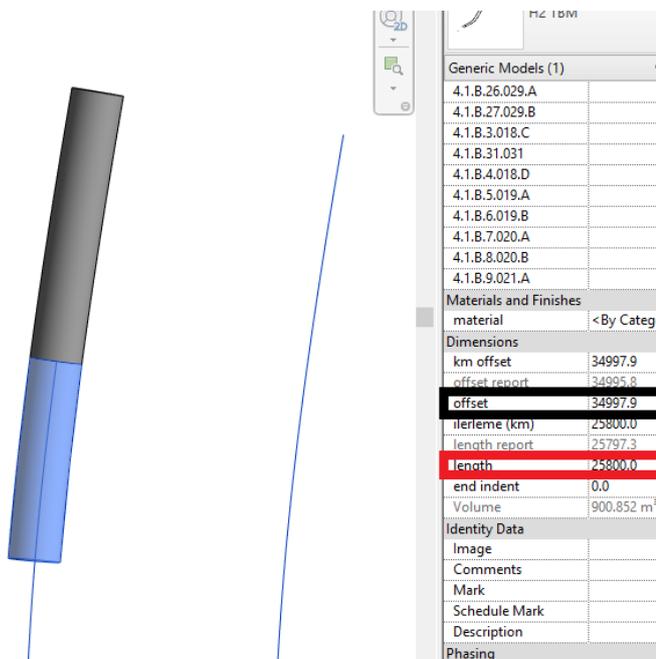


Рисунок 1.4 – Построение второго компонента туннеля

В заключении добавлю, то что автоматизация проектирования существенно сокращает расходы, около 20-30% затрат строительства. Примерно 60% трат на здание во всем его жизненном цикле – это эксплуатация. Где-то 40% расходов приходится на строительство, а на проектирование дается малая доля инвестиций. В СНГ нормальным удорожанием объекта в процессе строительства составляет около 20% его предварительной стоимости, обычным делом является и 50% погрешности. Стоит отметить, что грамотная работа проектировщиков может сократить ее до 5-7%.

Например, проектировщики дорог в Сочи. Чтобы удостовериться, что на начало строительства отсутствуют ошибки, на каждый объект специалисты Autodesk строили BIM модель на основании 2D. BIM модель одного технологического заезда, который построили за 15 минут, позволила найти ошибку в расчетах на 70 тысяч долларов. А таких ошибок было найдено на сотни тысяч.

УДК 624.195

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПОД ТРАНСПОРТНЫМИ МАГИСТРАЛЯМИ

Новик С.В.

*Белорусский национальный технический университет
e-mail: serega0201@gmail.com*

Abstract. *In this article, we will consider the advantages and disadvantages of constructing tunnels of small deposits in urban conditions. We will get acquainted with the existing methods of construction, as well as the problems that arise in their implementation.*

Тяжело представить жизнь современного мегаполиса без тоннелей. Пешеходные, автомобильные и конечно линии метрополитенов (рис. 1) – все они служат одной важной миссии, а именно, упорядочивают циркуляцию пассажирских и транспортных потоков, не допуская перегруженности, и обеспечивают безопасность каждому из участников движения. А самый действенный способ снизить риск столкновений пешеходов и автомобилистов – это развести их перемещения по разным уровням. И среди возможных решений наиболее предпочтительным является сооружение тоннелей. При том в городских условиях их строят, чаще всего, мелкого заложения (до 10-15 м). К примеру, пешеходные тоннели характеризуются глубиной залегания (до 3-3,5 м), что очень удобно для пешеходов из-за относительно низкой разности между отметками уровня земли. Для сравнения, у пешеходных мостов эта разница достигает 4,5-5 м, а у мостов через железнодорожные пути и вовсе увеличивается до 6,5-7 м. Пешеходные тоннели не стесняют проезжую часть дороги, защищают людей от воздействия вредных газов и неблагоприятных погодных условий, легче осуществляется их связь с наземными и подземными сооружениями. Однако наряду с таким количеством плюсов именно тоннели являются наиболее финансово затратными и трудоёмкими в постройке. Это связано в первую очередь с необходимостью выполнения больших объёмов земляных работ, а также переустройства подземных коммуникаций.

В зависимости от условий строительства городские тоннели мелкого заложения, как правило, строятся открытым либо закрытым способом (рис. 2-3). Это зависит от места расположения, гидрогеологических условий, плотности подземных коммуникаций, урбанизации района, а также от степени загруженности надземных магистралей или ж/д путей.

Так, на городских окраинах строительство чаще всего ведётся открытым методом. Раскапывается котлован и непосредственно в нем строится тоннель. Для этого отлично подходит «миланский способ». В первую очередь строители возводят стены, затем укладывают на них перекрытия и сразу запускают движение транспорта. А внутри тем временем продолжается строительство.

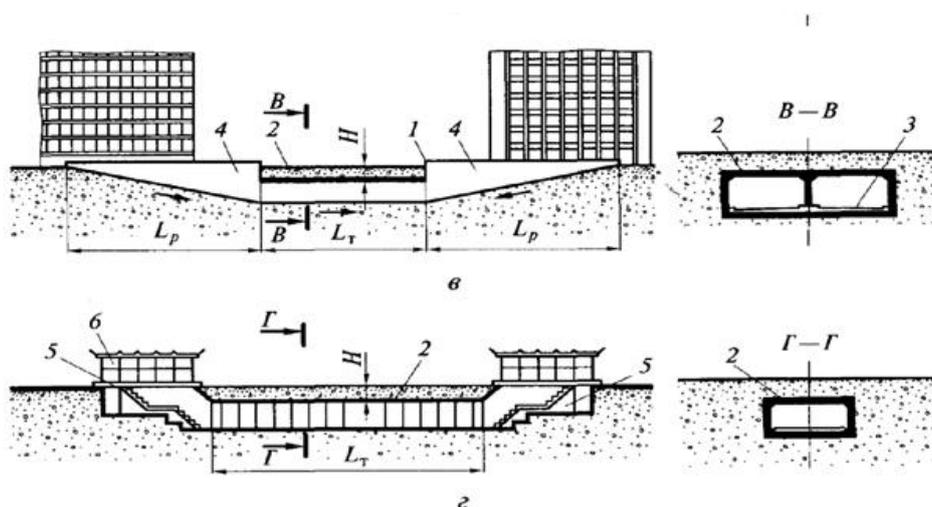


Рисунок 1 – Схемы автотранспортного (а-в) и пешеходного (г) городских тоннелей:
 1 – портал; 2 – тоннель; 3 – проезжая часть; 4 – рампа; 5 – лестничный сход; 6 – павильон

В Беларуси до появления проходческого щита «Алеся» все станции строились открытым, «берлинским» способом. Он является наиболее примитивным и неудобным для города.



Рисунок 2 – Строительство подземного пешеходного перехода открытым способом



Рисунок 3 – Строительство тоннеля метрополитена щитовым способом

Однако даже на широких оживлённых улицах и перекрёстках, где временная остановка движения недопустима, предпочтительнее использовать закрытый или же щитовой способ. Закрытый способ сооружения подходит для тоннелей глубокого и мелкого заложения, не приносит неудобств на поверхности и полностью изолирован от окружающих, так как все работы ведутся под землёй. При этом внутри создаётся система подземных переходов и шахт, что позволяет вести работы на нескольких участках одновременно. Тем не менее, использование щитового способа проходки на коротких участках экономически невыгодно и сопряжено обычно с осадками поверхности.

При строительстве тоннелей мелкого заложения под транспортными магистралями в условиях города основные трудности возникают с переносом инженерных коммуникаций, а также при столкновении со сложными грунтами.

Геологические проблемы являются самыми коварными при подземном строительстве. Зачастую, при сооружении тоннелей под транспортными магистралями строители сталкиваются со слабыми водонасыщенными грунтами, обладающими способностью при внешних воздействиях переходить в плавунное состояние. Для повышения устойчивости грунтовых оснований в настоящее время существуют специальные способы сооружения тоннелей. Приведём некоторые из них.

Способ продавливания тоннельных конструкций (рис. 4). В этом случае обделку вдавливают в грунт домкратной установкой, расположенной в строительном котловане или же на поверхности земли. Домкратная установка остается неподвижной на весь период работ.

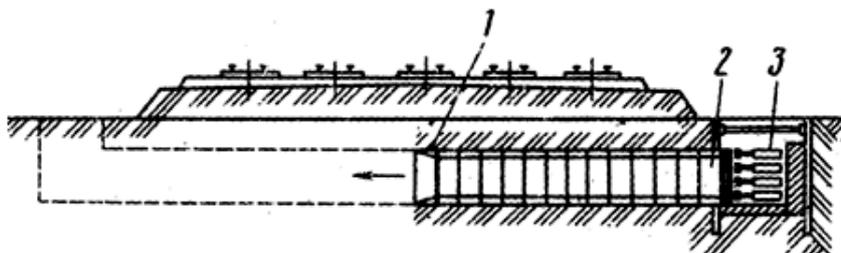


Рисунок 4 – Способ продавливания тоннельных конструкций

Также может использоваться способ предварительного тампонирования (рис. 5). Он заключается в подаче под высоким давлением тампонажного раствора в поры грунта. Этот раствор заполняет трещины и пустоты в массиве в течение определённого времени. В зависимости от состава (цементный, битумный, раствор глины и др.) затвердевший раствор придаёт грунтам прочностные, водонепроницаемые, либо и те, и другие свойства одновременно.

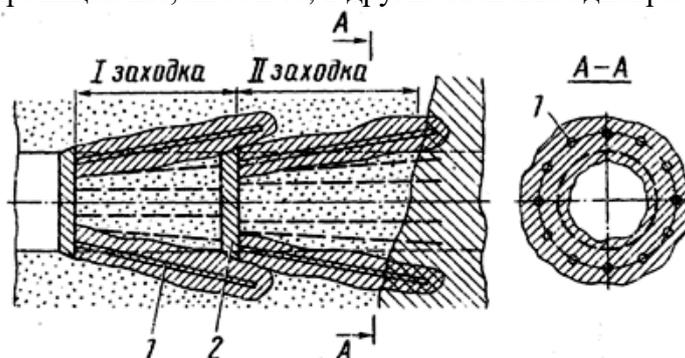


Рисунок 5 – Схема тампонирования грунта из забоя

Для придания слабым водонасыщенным грунтам временной прочности и предотвращения притока воды применяют способ искусственного замораживания (рис. 6). Суть заключается в создании временного ограждения из замёрзшего грунта, чтобы тем самым удерживать и стабилизировать слабый. Это происходит при охлаждении трубок, запущенных в специально пробуренные скважины. В них образуются цилиндры, которые постепенно увеличиваются в диаметре, создавая сплошную стену.

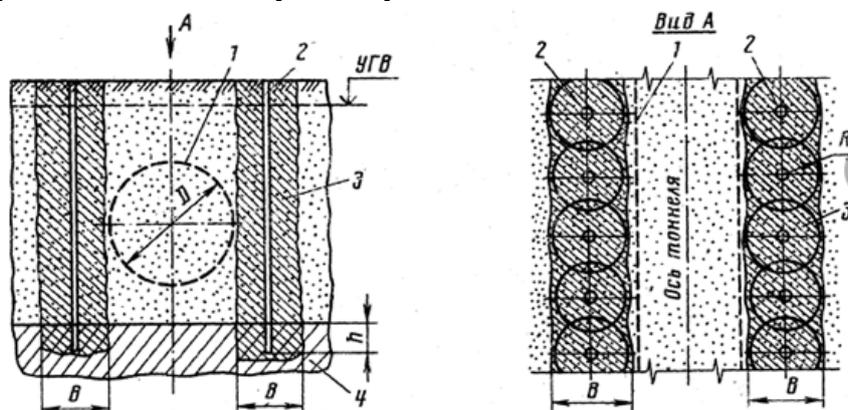


Рисунок 6 – Схема образования льдогрунтового ограждения

Вывод подземных сетей инженерных коммуникаций при условиях городской застройки – колоссально сложная задача. Они включают в себя трубопроводы, кабельные линии и коллекторы. Для наиболее плотного расположения коммуникаций чаще всего используются широкие городские улицы и проспекты. Чтобы не повредить их при строительстве во время раскопки котлована, пользуются данными исполнительной и существующей съёмки коммуникаций. Исполнительная съёмка выполняется в процессе и по завершению работ, но до засыпки траншей подземных инженерных сетей землёй. Она включает в себя подготовительные работы, а также создание планово-высотной съёмочной геодезической сети (обоснования). В дополнение к перечисленным видам работ при исполнительной съёмке в состав съёмки существующих инженерных коммуникаций входят рекогносцировка и обследование сооружений инженерных коммуникаций, а также отыскивание местоположения скрытых подземных сетей. Последовательность работ зависит от особенностей объекта, качества ранее составленных планов и объёма отображаемой информации.

Таким образом, ознакомившись с преимуществами и недостатками использования тоннелей мелкого заложения в городских условиях, а также с проблемами, возникающими перед инженерами при их строительстве, можно сделать вывод о перспективности развития этого направления в организации транспортных и пассажирских потоков крупных городов.

УДК 624.21.8

ДЕРЕВЯННЫЙ МОСТ КОРОбЧАТО-БАЛОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛЕЕНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Новик С.В., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет
e-mail: serega0201@gmail.com

Abstract. *In the article a box-beam bridge structure made using glued beams is examined. The technological process of construction is described. On the basis of the conducted research the conclusion about profitability glued wooden designs in modern bridge construction application is made.*

Несущая мостовая конструкция коробчато-балочной системы представляет собой блок клееных балок в виде полого или сплошного короба (рис. 1). Преимущество такой конструкции – экономичность строительства: короб поступает на стройплощадку в готовом виде. Кроме того, в его пустотах можно разместить дополнительные коммуникации. Несущая конструкция оптимально работает с использованием толстого слоя литого асфальта или металлическим защитным просечно-вытяжным листом. Поручень устанавливается по основной опоре с боковых сторон с обшивкой из палубной доски.

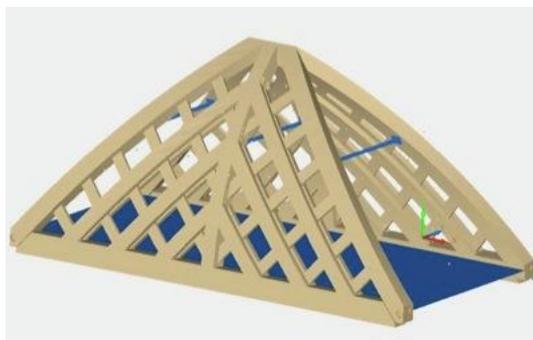


Рисунок 1 – 3D модель коробчато-балочной конструкции пролетного строения

Очень важную роль при таком строительстве играет выбор материалов, а именно породы древесины и технологий обработки. Реализовать подобное возможно только

с применением конструкционной древесины с высокой прочностью и стабильностью. Соединение основных балок моста происходит при помощи клееных резьбовых стержней, которые обеспечивают высокую надёжность скрепления, не в ущерб виду моста. Как только все детали готовы, можно приступать к завершающему этапу строительства. Для этого все сборные детали доставляются в сборочную зону, которая обычно находится вблизи места окончательного моста (рис. 2).

Когда сборка завершена и мост обретает завершённый вид, необходимо транспортировать его до конечного места. Так как масса таких конструкций может достигать нескольких сотен тонн, то обычно используют самоходные модульные транспортёры, имеющие до десятка направляющих одиночных осей (рис. 3). По прибытию на место мост тщательным образом выставляется, подгоняется в подготовленные узлы и окончательно закрепляется. Напоследок укладывается дорожное полотно, наносится разметка, монтируются ограждения.



Рисунок 2 – Сборка моста



Рисунок 3 – Транспортировка готовой конструкции к месту установки

Таким образом, с усовершенствованием выпуска клееных конструкций строительство деревянных мостов постепенно становится востребованным и продвинутым. Клееные элементы лишены некоторых изъянов присущих сырьевой древесине, таких как неоднородность и отсутствие стабильной твёрдости, изготавливаются на производстве и располагают достаточной прочностью для того, чтобы быть использованными на крупных объектах. Получаемые мосты и путепроводы экологически более выигрышно смотрятся на фоне металлических и бетонных собратьев, а также допускают применения в строительстве отходов деревообрабатывающей промышленности, что положительно сказывается на конечной стоимости конструкции. К плюсам также стоит отнести значительно меньшие трудовые затраты при строительстве и легкость в обслуживании. Исходя из этого, можно сделать вывод о высокой рентабельности применения клееных деревянных конструкций в современном мостостроении, особенно при наличии лесных ресурсов и развитой деревообрабатывающей промышленности в стране.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Новик С.В., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

***Аннотация.** В данной статье рассмотрена коробчато-балочная несущая мостовая конструкция, выполненная с использованием клееных балок на примере путепровода в городе Снек, Голландия. Отмечены характерные особенности и трудности, возникшие на разных этапах строительства. Описан полный технологический процесс, начиная с этапа проектирования и заканчивая сборкой и установкой моста. Проанализированы сильные и слабые стороны древесины как строительного материала. На основе проведенного исследования сделан вывод об актуальности применения древесины в современном мостостроении для Республики Беларусь.*

Вот уже не одно столетие, начиная со второй половины IX-го века, в строительстве больших и малых мостов по всему миру с большим отрывом господствуют металл и железобетон. Притом последний, в глобальных проектах, за исключением немногих выдающихся примеров металлических мостов-рекордсменов, используется гораздо чаще. Преимущества такого расклада очевидны. Железобетон обладает высокой механической прочностью, отличной огнестойкостью, хорошей сопротивляемостью сейсмическим и динамическим воздействиям, имеет малые эксплуатационные расходы, а также позволяет возводить конструкции любой рациональной формы, допуская возможность использования местных материалов. И даже несмотря на наличие некоторых недостатков, мало что может заставить проектировщиков и строителей вернуться к таким пережиткам прошлого как камень и дерево.

Исторически, «каменная эра» в мостостроении длилась дольше всего. Древнеримские мосты, протянувшие до нашего времени, стали ярчайшим примером искусности античных строителей и архитекторов. Однако, по мере развития прогресса и технологий использование этого материала плавно сошло на нет и перетекло в вышеупомянутые металл и железобетон. В то время пока средневековая Европа строила мосты из камня, у славян для этих целей использовалось дерево. Наиболее распространёнными на Руси были арочные деревянные мосты, о которых нам известно исключительно по немногим сохранившимся письменным источникам. В XVI и XVII веках появилась необходимость в более крупных мостах, которые могли бы пропускать большие корабли, что свело на нет дальнейшее использование дерева. К тому же наличие таких недостатков как анизотропность, усушка, растрескивание, загнивание и другие оставили дереву лишь скромную роль материала для мелких недолговечных бытовых мостов. Срок службы деревянного моста из обычного леса с соединениями на врубках определяется в 8–10 лет, если не принимают специальных мер против загнивания. Части моста, расположенные в условиях переменной влажности, подгнивают через 5–7 лет. До недавнего времени.

Сейчас, в начале 21 века, когда «зеленые» правят бал в Европе, а вокруг появляются новоиспечённые «веганы», дерево вновь становится дизайнерским трендом, интересным архитекторам по всему миру.

Описание конструкции

Рассмотрим коробчато-балочную конструкцию (рис. 1), по которой выполнены одни из ярчайших примеров строительства современных деревянных мостов. Несущая мостовая конструкция такой системы представляет собой блок клееных балок в виде полого или сплошного короба.

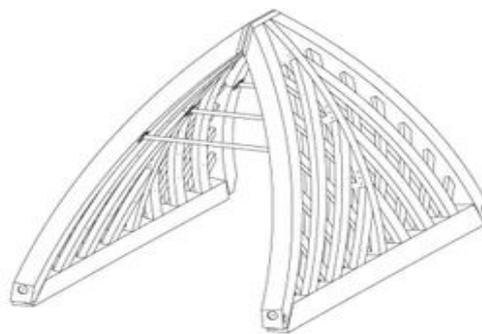


Рисунок 1 – 3D модель коробчато-балочной конструкции пролетного строения

Достоинство такой конструкции – экономичность строительства: короб поступает на стройплощадку в готовом виде. Кроме того, в его пустотах можно разместить дополнительные коммуникации. Несущая конструкция оптимально работает с использованием толстого слоя литого асфальта или металлическим защитным просечно-вытяжным листом. Поручень устанавливается по основной опоре с боковых сторон с обшивкой из палубной доски. Очень важную роль при таком строительстве играет выбор материалов, а именно породы древесины и технологий обработки. Соединение основных балок моста происходит при помощи клееных резьбовых стержней, которые обеспечивают высокую надёжность скрепления, не в ущерб виду моста.

Как только все детали готовы, можно приступать к завершающему этапу строительства. Для этого все сборные детали доставляются в сборочную зону, которая обычно находится вблизи места окончательного моста. Когда сборка завершена и мост обретает завершённый вид, необходимо транспортировать его до конечного места. Так как масса таких конструкций может достигать нескольких сотен тонн, то обычно используют самоходные модульные транспортёры, имеющие до десятка направляющих одиночных осей. По прибытию на место мост тщательным образом выставляется, подгоняется в подготовленные узлы и окончательно закрепляется. Напоследок укладывается дорожное полотно, наносится разметка, монтируются ограждения.

Пример такой конструкции

Самыми выдающимися примерами коробчато-балочной мостовой конструкции на сегодняшний день являются два одинаковых деревянных автомобильных моста в городе Снек, Голландия (рис. 2). Эти сооружения по своей технике соединения, сборке и новой модифицированной древесине подчеркивают потенциал «зелёного» материала в строительстве, а также привносят множество новшеств и создают весомый задел в развитие деревянного мостостроения.



Рисунок 2 – Путепровод в г. Снек, пересекающий автомагистраль А7



Рисунок 3 – Клееные конструкционные элементы

Путепровод весит около 450 тонн, имеет 16 метров в высоту и 32 метра в длину, а в ширину достигает 12 в нижней части и 8 метров вверху соответственно. Непосредственное строительство осуществляла немецкая фирма Holzindustrie. Общая сумма постройки составила 3,5 миллиона евро.

Дизайном и проектированием занималась архитектурная фирма ОАК (Onix Achterbosch Architecture), победившая в конкурсе с необычными чертежами. Перед проектировщиками стояла задача подчеркнуть историческое морское прошлое города, а также дать людям, пересекающим мосты, ощущение прохождения ворот. Исходя из этих требований, планировщики разработали смелый проект: прочная, сложная конструкция корпуса из открытых деревянных балок представляющая собой две набегающие друг на друга волны [1].

Помимо желания включить природный материал, необходимо было обеспечить срок службы в 80 лет, обязательный по Голландским законам [2]. В ходе проведенных исследований было выяснено, что стальной мост в таких условиях «прожил» бы 55 лет, а преднапряжённый железобетон – 90 лет. Мост из сортов твёрдой тропической древесины азобе – 45 лет. Что показывает невозможность применения обычного дерева в нормальных условиях для такой открытой, незащищенной конструкции.

Реализовать подобное возможно только с применением конструкционной древесины с высокой прочностью и стабильностью. К тому же для сложной геометрии и большого размера потребовались клееные конструкционные элементы (рис. 3). Тем не менее, прочные леса, такие как азобе или дуб, могут использоваться только снаружи. Поэтому технические инновации в строительстве позволили использовать экологически чистую древесину со стабильной добычей, которая модифицируется в нетоксичном процессе, что приводит к прочности класса 1. Это высокотехнологичное дерево называется Ассоуа и изготавливается Accsys Technologies из сосны из лузги, полученной из Новой Зеландии. Древесину ассоуа производят путем пропитки кислотными соединениями. Такая древесина по долговечности и устойчивости к деформациям значительно превосходит наиболее дорогие сорта тропического твердого дерева. Древесина ассоуа может быть светопрозрачной, ей можно придавать дополнительную гибкость и повышенные акустические свойства. Также, как и все красные породы, древесину Ассоуа можно легко склеить [3].

На этапах производства было встречено несколько проблем, которые были близки к пределу того, что технически осуществимо. Огромная мотивация всех вовлеченных сторон привела к завершению проекта и, вероятно, станет историческим моментом в строительстве деревянных мостов.

Актуальность строительства деревянных мостов для Республики Беларусь заключается непосредственно в природном богатстве «зелёным» строительным материалом. Недаром наша страна входит в семёрку лидеров среди европейских стран по площади леса на душу населения. И хоть белорусская древесина во многом уступает редким и дорогим тропическим аналогам, однако вполне может использоваться в строительстве небольших мостов на местных дорогах II-V категорий. В настоящее время деревянные мосты в ближнем зарубежье на подобном уровне всё ещё экзотика и интересные решения в этой области могли бы серьёзно укрепить позиции Беларуси в деревянном мостостроении среди стран Европы и СНГ, а также сделать это достопримечательностью нашего государства, не дожидаясь, пока это станет всеобщим трендом.

Список использованной литературы

1. Архиновости [Электронный ресурс] / Интернет-журнал об архитектуре и дизайне – @arhinovosti.ru, 2005-2008 – Режим доступа: <http://www.arhinovosti.ru/>. – Дата доступа: 10.10.2017 г.
2. EN 1995-2 (2004) (English): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. ArchDaily [Электронный ресурс] / The world most visited architecture website – ArchDaily, 2008-2017 – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/>. – Дата доступа: 11.10.2017 г.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Профатило И.В., Романовская Д.В.

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы

e-mail: belkina_iv@grsu.by

Abstract. As a result of human activity, a lot of household waste accumulates. Every year the number of household waste around the world is rapidly increasing, so the problem of waste disposal is becoming more acute. The article will consider options for recycling and processing of domestic waste.

В результате жизнедеятельности человека накапливается множество различных отходов. Причем их количество стремительно возрастает во всех странах мира. В настоящее время многие ученые пытаются найти способы утилизации отходов жизнедеятельности человека, но на данный момент проблема всё ещё не решена и поэтому актуальна.

Утилизировать отходы возможно, применяя один из следующих способов: сжигание, захоронение на открытых полигонах, сортировка с дальнейшей переработкой и повторным использованием. Каждый из указанных способов имеет свои достоинства и недостатки, но целесообразно все же уходить от захоронения и переходить к повторному применению отходов.

В Республике Беларусь существует движение «Цель 99», основной целью которого является координация деятельности, связанной с переработкой вторичных материальных ресурсов. На данный момент в Беларуси все бытовые отходы подлежат сортировке по материалу, из которого они состоят: пищевые отходы, бумага, ткань, дерево, кожа, резина, пластик, стекло и керамика, металл.

По данным КПУП «Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов» основными отходами, поступающими на завод, являются: полимерные материалы, стекло, бумага и другие (рисунок 1).

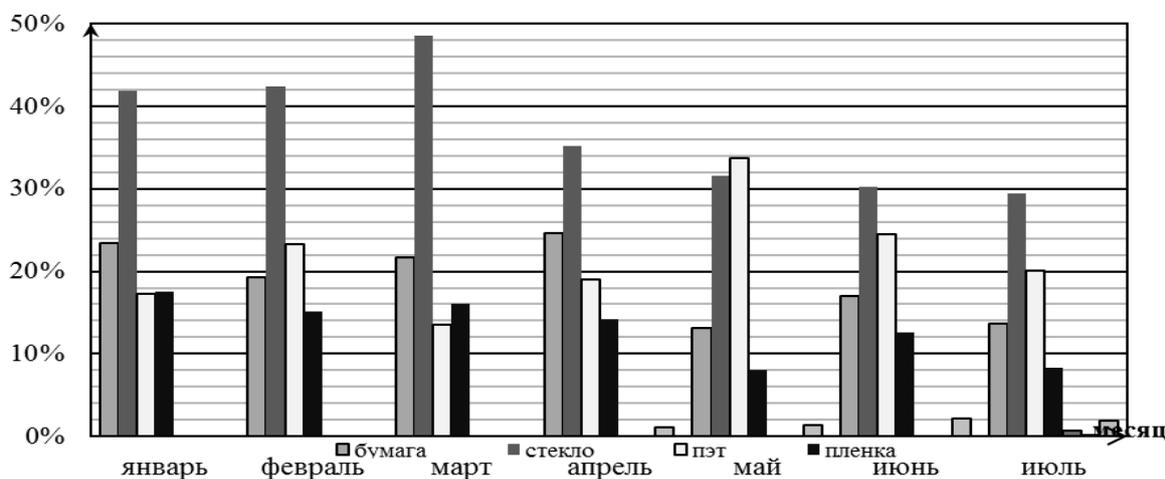


Рисунок 1 – Объем сбора ВМР по месяцам 2017 г.

Не все отходы из представленных на рисунке 1 могут быть в настоящее время переработаны или повторно использованы. Установлено, что не подлежат переработке отходы некоторых видов пластика, тряпье, упаковки типа «бумага-металл-пластик» и т.д.

В настоящее время пластик стал очень распространенным материалом, но перерабатывается только незначительная его часть. Срок разложения пластика в природной среде – сотни лет, в процессе разложения выделяются химические вещества с недостаточно изученным уровнем токсичности. Но при этом отходы пластика, раздельно собранные

и отсортированные по видам, могут быть переработаны и использованы в производстве новых изделий. Пластиковые изделия после использования сохраняют практически все свои свойства, поэтому вторичная переработка пластиковых отходов является самым эффективным способом их утилизации.

В Беларуси зарегистрировано около 100 организаций, перерабатывающих отходы пластмасс. При этом перерабатываются в основном отходы полиэтилентерефталата (PET, ПЭТ-бутылки), полиэтилена (HDPE, LDPE), а также полипропилена (PP).

Согласно данным КПУП "Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов" полимерные отходы представлены в основном материалами, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные виды полимерных отходов

Тип полимера	Обозначение	Продукция, поступающая на завод
1. Полиэтилентерефталат	 PET PETE	1. Прозрачная бутылка 28,8 % (31,098 т) 2. Коричневая бутылка 34,5 % (37,315 т) 3. Голубая, зеленая бутылка 19,8 % (21,403 т) 4. Молочная бутылка 16,9 % (18,268 т) Переработка производственное унитарное предприятие «РеПлас-М» 5. Выдувная тара 20,8 % (22,6 т) Переработка ОАО «Белвторпол»
2. Полиэтилен высокой плотности	 HDPE	6. Фасовочные пакеты, пленка бесцветная (загрязненная) Переработка ЧТПУП «Арполимер»
3. Полиэтилен низкой плотности	 LDPE	7. Мусорные и пищевые пакеты, пищевая пленка, упаковка для стирального порошка, редко пакеты из-под молока Переработка ОАО «Белвторполимер», ЧТПУП «Арполимер»

Исходя из данных рисунка 1 и таблицы 1, можно сделать вывод, что для Гродненского региона проблема утилизации пластиковых отходов актуальна и есть острая необходимость в переработке целого ряда таких отходов. В настоящее время специалисты мусоросортировочного завода и Гродненского государственного университета разрабатывают технология переработки пластика для получения эффективных мало затратных строительных материалов и изделий.

УДК 69.04

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОНИКЕ И ЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Соболевский Н.Р., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация. В данной статье описывается взаимосвязь природы и создание человеком конструктивных решений, способных улучшить архитектуру и строительство, где за основу берется совершенно новая наука – Бионика – практическое применение природных возможностей и приспособлений, созданных в течение эволюции. Рассматривается и совершенно новый вид моделирования – параметризация, способный вывести строительство на новый уровень. Интегрируя Бионику в параметризацию можно достичь феноменальных успехов.

Проецирование – свойство архитектуры, означающее отражение в дизайне здания текущего периода развития культуры. Сегодня отрасль строительства не стоит на месте, она постоянно в движении, извиваясь как организм, подстраиваясь под наше представление о красивом, деформируя его и превращая в свой образ.

Один из архитекторов пошел на компромисс с природой, чтобы продемонстрировать свое представление о красивом в архитектуре конструкции. Искусственная среда обитания человека: здания, улицы, и др. постройки стремятся повлиять на психику человека своими формами. Прямоугольные конструкции отрицательно влияют на эмоциональное спокойствие, в отличие от плавных линий. Знаменитый архитектор Заха Хадид, женщина, подарившая миру новый взгляд на архитектурные проекты и конструктивные решения, создавая гениальные образы и выражая формами свое представление «искусственной природы», заставляла восхищаться очертаниями [3]. Она видела суть природной красоты, что являлось истоком ее вдохновения, используя и продвигая своими работами метод параметризации и бионики.

Заха Хадид чувствовала, насколько тяжелой выглядит строго прямоугольная геометрия традиционной архитектуры и стремилась воссоздать изящные линии (рис. 1-2), существующие в окружающей нас биосфере, рассматривая каждый проект индивидуально в зависимости от местоположения и ландшафта [5]. С появлением параметризации она смогла воссоздать эти плавные формы, изображая их математическими уравнениями в пространстве и создавая возможность их расчета с точки зрения напряжений, растяжений и других возможных нагрузок на конструкцию. Создал новый стиль в архитектуре – параметризм.

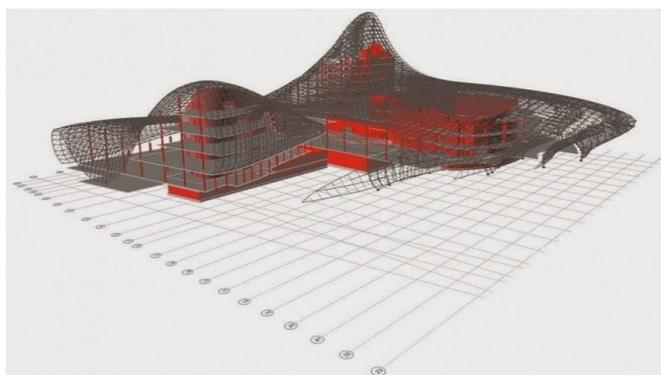


Рисунок 1 – Объёмная модель проекта Захи Хадид

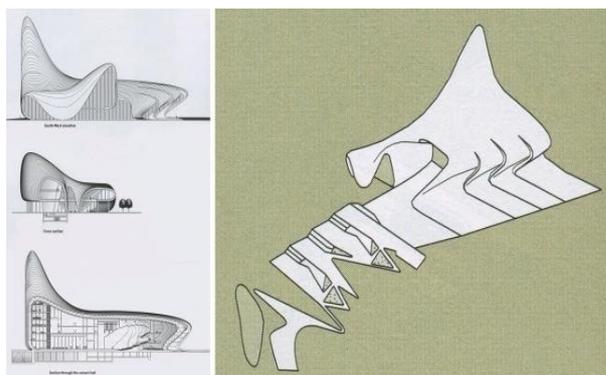


Рисунок 2 – Фасады здания и развёртка проекта Захи Хадид

Благодаря параметрическому моделированию появилась возможность делать технически и экономически выполнимыми сложные криволинейные поверхности, изображая их в математическом виде, пользуясь набором задаваемых параметров. Изменяя количество параметров, их соотношение, происходят изменения конфигурации модели, и в этом случае конструктор выступает архитектором и инженером в одно время. Тем самым найдено оптимальное решение проблемы дизайна и исследования нагрузок на систему конструкции [1]. При параметрическом моделировании учитывается как фактор финансовой поддержки проекта, так и нахождение наименьшего расхода материалов, срока строительства, времени подготовки и другие обстоятельства, связанные со временем жизни проекта.

У человека существует возможность воспользоваться природной изменчивостью, с целью улучшения качества используемых шаблонов для проектирования. В погоне за новым мы не замечаем главного и не обращаем внимания на то, что живем мире, созданным куда более опытным инженером, чем любой человек – живой природой, имеющей немислимые проекты и многовековой опыт.

В природе не существует идеально твердых тел, не существует абсолютной жесткости в материалах, она отдает предпочтение упруго- деформируемым телам. Сопротивление

нагрузке допущено в формах природных конструкций, но оно не разрушает их, а «пропускает сквозь себя».

Если брать за основу организм человека, как конструкцию, то твердый скелет составляет лишь малый процент от общего объема тела, а остальное же отдано упругим материалам: мышцы, сосуды, кожа [4].

Углубляясь в строение человека, можно найти конструкцию связи, подобную ДНК, узлы соединения, которого имеют своеобразную модель закручивания [2]. Если взять за основу это строение и воссоздать «хромосому» из проволоки и небольшого металлического стержня (Рис. 3), получим основу для соединения нескольких узловых конструкций в полигоны и изготовление сетчатой основы. Данная система может получить широкое практическое применения в создании гибких форм.



Рисунок 3 – Воссоздание «хромосомы» из проволоки и небольшого металлического стержня

Если же рассматривать частные примеры в природе, то можно выделить одну из самых интересных конструкций, созданных «естественным инженером» – пчелиные соты. Пчелы являются прекрасными конструкторами, они каким-то удивительным образом имеют естественное представление о том, что ячейка сот должна иметь форму правильного шестиугольника и о том, что затраты материала на круг, квадрат, треугольник, и шестиугольник одинаковы, однако именно форма шестиугольника имеет наибольшую внутреннюю площадь. Имея фиксированную высоту, они получают максимально большие пространства для хранения при минимальных затратах материала и замечательную прочность сборной конструкции.

Нахождение оптимальной площади можно заметить в несложных математических вычислениях:

$$S_3 = S_4 = S_6 = S,$$

$$S_3 = \frac{a^2 \sqrt{3}}{4}, a = 2\sqrt{\frac{S}{\sqrt{3}}}; P_3 = 6\sqrt[4]{\frac{S}{3}};$$

$$S_4 = a^2, a = \sqrt{S}; P_4 = 4\sqrt{S};$$

$$S_6 = \frac{3a^2 \sqrt{3}}{2}, a = \sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}}; P_6 = 6\sqrt{\frac{2S}{3\sqrt{3}}};$$

$$P_3 : P_4 : P_6 = \frac{6}{\sqrt[4]{3}} : 4 : 6\sqrt{\frac{2}{3\sqrt{3}}} \approx 4,6 : 4 : 3,7.$$

Моделирование, к примеру, конструкции из «сот» параметрическим способом облегчает дальнейшее использование данной архитектурной формы в качестве опорной конструкции, предварительно заполнив пространство, железобетоном поместив металлическую арматуру в «сотах» вдоль предполагаемой нагрузки.

Основная проблематика этого способа, это недостаточная осведомленность большей части конструкторских компаний в данном направлении проектирования. В следствии специалистам в этой области моделирования не удается реализовать себя [6].

В Беларуси, в данный период развития, особенно актуальны новые виды моделирования, основанные на использовании программирования. Наша страна уделяет достаточно большое внимание развитию информационных технологий и показывает достойный и конкурентно способный уровень знания в области связанной с компилированием кодов. В параметризации есть необходимость сложного периода обучения. На данный момент, к сожалению, весьма малая доля отведена на подготовительные курсы, специальные учебные предметы и учебные часы, интегрированные в учебные предметы, которые обучают компилированию в моделировании.

В итоге, за счет моделирования параметрами на первом этапе проектирования увеличивается срок производства подготовительных работ, но происходит уменьшение стоимости проекта и увеличение срока службы. Благодаря параметризации стало возможным применение готовых решений, созданных уже задолго до появления человека нашей природой. Бионика имеет обширное практическое применение в проектировании различных конструкций. В ходе распространения индустриализации, наблюдается переход от исходно-природного мышления к искусственному. Люди пытаются почувствовать себя творцами нового мира, не обращая внимания на то, что самые оптимальные решения проблем конструирования уже существуют вокруг нас.

Список используемой в статье литературы

1. Ермеева А.А., Поморов С.Б. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения.
2. Шевнин Ю.А. Бионический конструктор Элюполь.
3. Лебедев Ю.С., Рабинович В.И. Архитектурная бионика.
4. Крайзмер Л.П., Сочивко В.П. Бионика.
5. Параметрическая архитектура будущего Захи Хадид [Электронный ресурс] – Минск, 2015. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/company/mailru/blog/285434/>.
6. Взгляд на параметризацию сбоку [Электронный ресурс] – Минск, 2017.– Режим доступа: <http://sapr.ru/article/6646/>.

УДК 691.545

БЕТОН, СОДЕРЖАЩИЙ РАЗЛИЧНЫЕ ПУЦЦОЛАНОВЫЕ ДОБАВКИ

Татариневич А.В.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: anechkatatarochka@gmail.com

***Abstract.** Micro-sized particles are used in modern concrete technology as a part of multi-component cementitious systems. Adding of micro-filler admixtures improves the properties of both fresh and hardened concrete.*

Задача современной бетонной промышленности – производство прочного и устойчивого бетона. Это значит: высокопроизводительные бетонные смеси, предсказуемые свойства затвердевшего бетона, высокая прочность и другие высокие эксплуатационные характеристики. Традиционный бетон состоит из цемента и микроскопического заполнителя – песка и крупного заполнителя. Современный бетон – многокомпонентный композиционный материал, его структуру можно рассматривать в 3-х уровнях:

- макро (песок и крупный заполнитель);
- микро (цемент, микрозаполнители);
- наноразмерные модификаторы.

Микро- и наноэлементы составляют цементную систему или цементную пасту. Нынешняя тенденция в производстве бетона во всем мире заключается в использовании много-

компонентных цементных систем, позволяющих получать бетон с высокой прочностью. В то же время она способствует следующим экологическим и экономическим выгодам:

- снижение содержания клинкера (клинкер является наиболее энергоемким компонентом, отвечающим за большинство выбросов углекислого газа);
- утилизация промышленных отходов и побочных продуктов в качестве минеральных примесей;
- минимизация конкретных цен и транспортных расходов.

Чаще всего многокомпонентные вяжущие системы получают путем смешивания цемента с дополнительными тонкодисперсными материалами (порошки), имеющими пуццолановую активность. Наиболее популярными пуццолановыми добавками являются диоксид кремния и летучая зола. Пуццолановая реакция представляет собой простую кислотную реакцию между гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или CH и силиевой кислотой H_4SiO_4 . В результате образуется гель гидрата силиката кальция (CSH), который заполняет поры и укрепляет цементную матрицу.

Авторы подчеркивают, что в настоящее время термин пуццоланы был распространен на все кремнистые / глинистые материалы, которые реагируют с гидроксидом кальция (CH). Глина является одним из природных гидрозных кремнистых/алюминиевых добавок. Пуццолановые добавки могут быть получены из глины с термической обработкой $600\text{-}900^\circ\text{C}$. Метакраолин - это алюмосиликат ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times 2\text{SiO}_2$ или AS_2), он считается наиболее эффективной пуццолановой добавкой, полученной из глины после термической обработки. Пуццолановая реакция между глинистым алюмосиликатом AS_2 и CH образует дополнительный алюминий, содержащий CSH -гель. Некоторые промышленные отходы, например, катализатор жидкого крекинга (FCC), могут также использоваться в качестве кремнистой/глиноземной пуццолановой примеси.

Каолиновая глина не входит в число природных ресурсов, доступных в Беларуси. Однако, по опыту других стран, другие виды каолиновой глины могут использоваться как пуццолановая примесь бетона после термической обработки. Было доказано, что тщательно обожженный мергель (известковая глина) может быть превращен в очень эффективный пуццолан, который может заменить цемент в растворе. Следует отметить, что в настоящее время в Беларуси используется преимущественно однокомпонентный цемент для производства бетона. Основными причинами этой ситуации являются отсутствие опыта и отсутствие доступных местных высококачественных пуццоланов. Цена импортных пуццолановых добавок, таких как летучая зола, намного выше цены на цемент.

В этой научной работе говорится о возможности использования разнообразных локально доступных пуццолановых примесей, в том числе полученных из местной глины. Основными свойствами микронаполнителя являются его пуццолановая активность, градуировка и морфология частиц. Частицы с высокой пуццолановой активностью более эффективны при взаимодействии с цементом, но неактивные микронаполнители могут улучшить уплотнение частиц и реологические свойства бетонной смеси (например, порошок доломита, микронаполнитель, полученный из отходов измельченного бетона). Микронаполнители можно разделить на три группы: на основе натуральных материалов, полученные из промышленных побочных продуктов и коммерческих продуктов. Предлагаемая схема классификации показана на рисунке 1.

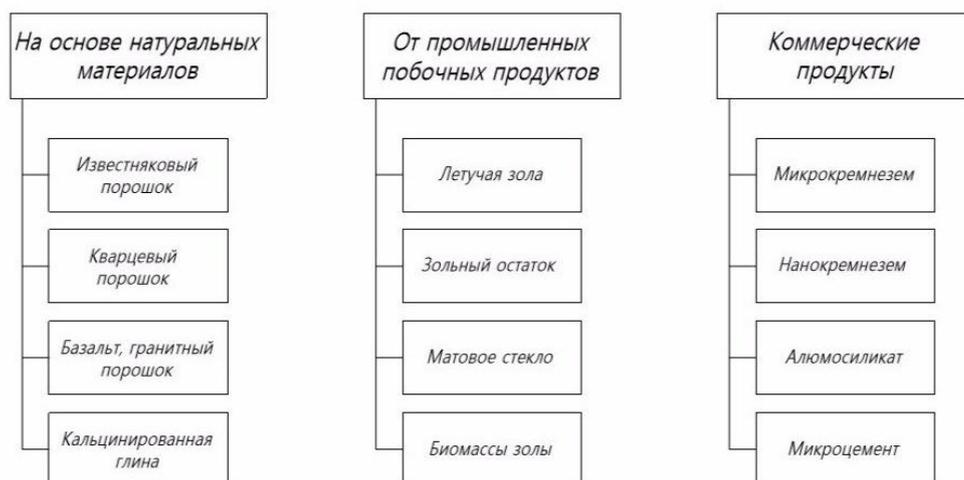


Рисунок 1 – Классификация микропуццолоановой примеси

УДК 339.923

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ И «ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОЯС ШЕЛКОВОГО ПУТИ»

Файзуллина Д.М.

Институт экономики НАН Беларуси

e-mail: j.faizulina@mail.ru

Abstract. *The article contains the overview of the Chinese mega project “Silk Road Economic Belt” and the participation of Belarus in this initiative.*

Концепция Экономического пояса Шелкового пути и Морского Шелкового пути XXI века (сокращенно – «Один пояс – один путь») была выдвинута председателем КНР в 2013 году. Этот суперпроект нацелен на формирование транспортного, энергетического и торгового коридора между странами Центральной, Южной Азии и Европы, а в более широком плане — на углубление экономического взаимодействия между десятками государств, интенсификацию научно-технического сотрудничества между ними.

Си Цзиньпин в свое время призвал применять на пространстве Евразии новые модели сотрудничества, общими усилиями формировать «Экономический пояс Шелкового пути» (ЭПШП) и предложил пять необходимых для этого мер:

- политическая координация;
- взаимосвязь инфраструктуры;
- либерализация торговли;
- свободное передвижение капитала;
- укрепление взаимопонимания между народами.

Данный проект формирует международные отношения нового типа. Это интеграция поверх блоков, призванная гармонизировать все экономические институты и убрать барьеры на пути свободного движения товаров, инвестиций и людей.

Беларусь стала первой страной в Европе и одной из первых стран в мире, подключившихся к строительству экономического пояса Шелкового пути по целому ряду направлений.

Так, в Беларуси активно строится китайско-белорусский индустриальный парк «Великий камень», что в будущем может привлечь в страну больше китайского капитала и нарастить белорусский экспорт. Для бюджета страны и платежного баланса это может стать серьезной поддержкой. Строительство индустриального парка «Великий камень» началось в 2014 году в соответствии с решением лидеров Беларуси и КНР. Планируется, что парк станет узловой платформой выдвинутой Китаем концепции межрегионального развития «Экономический

пояс Шелкового пути». Этот парк, по замыслу его основателей, должен стать инновационным "городом будущего" и быть удобным и для работы, и для жизни [1].

Помимо парка «Великий Камень», под Смоленичами также планируется создать новый логистический парк площадью около 94 гектаров. Планируется, что спектр предоставляемых парком логистических услуг будет значительно шире, чем у стандартных логцентров. В частности, на территории парка будут отведены площади для контейнерной переработки грузов. В перспективе «Великий Камень» должен стать полноценным "сухим портом".

Беларусь также рассчитывает на полномасштабное участие в проектах Экономического пояса Шелкового пути и Белорусской железной дороги. На сегодняшний день по БЖД между Китаем и ЕС курсируют восемь контейнерных поездов, на их долю приходится примерно пятая часть всех контейнерных перевозок.

Развитие мультимодальной транспортной связи по линии Азия — Европа является важной основой для построения Шелкового пути, поэтому Китай заявляет о готовности инвестировать средства в создание необходимой инфраструктуры. В рамках реализации проекта Экономического пояса Шелкового пути уже заключено соглашение о долгосрочном сотрудничестве по вопросам развития инфраструктуры Белорусской железной дороги, в рамках которого будут привлечены кредиты Экспортно-импортного банка Китая на сумму до 500 миллионов долларов. Также подписан пакет кредитных соглашений между БЖД и Эксимбанком Китая, эти средства будут направлены на модернизацию вагонного и электровозного парка БЖД и электрификацию участка железной дороги Молодечно — Гудогай. Общая сумма кредитов, выделенных на проекты в железнодорожной сфере, составляет 175 миллионов долларов. Обязательства Беларуси по проекту предусматривают, что она создаст на своей территории всю необходимую инфраструктуру для беспрепятственного движения китайских товаров не только в ЕАЭС, но и в Евросоюз [1].

Наиболее перспективные маршруты ЭПШП проходят именно через территорию Беларуси (Брест). Наивысшая пропускная способность железнодорожных перевозок относится к маршрутам Китай (Шанхай) – Россия – Беларусь и Китай (Урумчи) – Казахстан – Россия – Беларусь. По мнению экспертов, альтернативные маршруты (например, Китай – Казахстан – Азербайджан – Грузия – Украина) на сегодняшний день гораздо менее выгодны [2]. Развитая железнодорожная, автомобильная инфраструктура, а также небольшая отдаленность от прибалтийских и черноморских портов способствуют тому, что Беларусь может превратиться в крупный транспортно-логистический узел в рамках ЭПШП, а сотрудничество с прибалтийскими и черноморскими портами позволит Беларуси подключиться и к «Морскому шелковому пути XXI века» [3].

Важно активно использовать потенциал региональных связей. В последнее время региональное белорусско-китайское сотрудничество кардинально продвинулось. Сегодня Минск и почти каждая область Беларуси имеют соглашения с двумя-тремя провинциями и крупными городами КНР. Гуманитарное сотрудничество также набирает обороты. Создаются новые совместные научно-технические центры и лаборатории, растет количество институтов и классов Конфуция в Беларуси, включая уникальный в мире институт Конфуция на базе БНТУ, специализирующийся на подготовке кадров с китайским языком для научно-технической сферы. Расширяются культурные, образовательные и туристические обмены [4].

Беларусь — надежный и ответственный партнер Китая. Об этом свидетельствует установление особого уровня отношений между нашими странами — всестороннего доверительного стратегического партнерства и взаимовыгодного сотрудничества [1]. Благодаря инициативе «Один пояс – один путь» Беларусь может повысить свою конкурентоспособность на мировой арене, а также углубить взаимодействие с Китаем и другими странами во всех областях.

Список использованных источников

1. Один пояс – один путь. – Sputnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sputnik.by/trend/shelkovyj_put/. – Дата доступа: 01.11.2017.

2. В чем интересы Беларуси при создании Экономического пояса Шелкового пути. – Сайт белорусских исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thinktanks.by/publication/2016/07/14/v-chem-interesy-belarusi-pri-sozdanii-ekonomicheskogo-poyasa-shelkovogo-puti.html>. – Дата доступа: 01.11.2017.

3. Экономический пояс Шелкового пути – перспективы для СНГ. – Экономика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studwood.ru/916094/ekonomika/belarus>. – Дата доступа: 01.11.2017.

4. Участие в экономическом поясе Шелкового пути повысит инвестпривлекательность Беларуси. – Белорусский фонд финансовой поддержки предпринимателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://belarp.by/ru/press-center/business_analytics/~shownews/Uchastiye_v_ekonomicheskom_poyase. – Дата доступа: 01.11.2017.

УДК 553.041

ОБЗОР СЛАНЦЕВОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ПРОЦЕССА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ МИРОВОГО ОПЫТА

Цедрик А.В.

ГНУ «Институт экономики НАН Беларуси»
e-mail: aleksandr.cedrik.90@mail.ru

***Abstract.** Economic development of the countries and regions in many respects is defined both by quantity got on own mineral deposits, and ability it is rational to use him. obligation of public authorities of management is development of the stimulating measures, justification and establishment of tax benefits at development of separate types of minerals and also at implementation of exploration works. China extracted 6,5 billions m^3 of slate gas in 2015. China plans to reach production level in the range from 60 billions to 100 billions m^3 of slate gas annually in 2020. Republic of Belarus has potential still undeveloped combustible slates. For a number of regions their use can be expedient economically now. If to take into account that at present the trend to increase in prices for energy carriers was outlined, it makes sense to carry out more carefully the analysis of prospects of use of this type of raw materials and his involvement in an economic complex taking into account the available current trends and technologies. On the basis of long-term researches of combustible slates around the world and their practical application in a number of the countries it is possible to draw a conclusion that slate oil and the gas received from combustible slate have the good prospects of use.*

Экономическое развитие стран и регионов во многом определяется как количеством добываемого на собственных месторождениях минерального сырья, так и умением рационально его использовать. По этим причинам в большинстве стран мира вопросы обеспеченности экономики собственным минеральным сырьем является предметом пристального внимания со стороны органов государственного управления. В геологических исследованиях участвуют: государственные ведомства, научно-исследовательские организации и общества, высшие учебные заведения соответствующего профиля, частные компании.

Так, Республика Беларусь осуществляет финансирование мероприятий по геологическому изучению недр в целях повышения эффективности и расширения воспроизводства собственной минерально-сырьевой базы. Мировой опыт показывает, что часто подготовка месторождений к промышленному освоению, а иногда и предшествующие ей геологоразведочные работы финансируются частными компаниями. Потому обязанностью государственных органов управления является разработка стимулирующих мер, обоснование и установление налоговых льгот при освоении отдельных видов полезных ископаемых, а также при осуществлении геологоразведочных работ.

В недрах многих стран (США, Великобритании, Германии, Канады, Украины, России), выявлены значительные ресурсы нефти и газа, содержащихся в глинистых сланцах, ма-

лопроницаемых карбонатных и песчаных породах. В настоящее время осуществляется их добыча в США и Канаде и планируется освоение таких ресурсов углеводородов в Великобритании, Германии, Украине. К числу положительных факторов, оказывающих влияние на перспективы добычи сланцевого газа, относятся: региональный характер месторождений; значительные запасы таких углеводородов в недрах; снижение зависимости от импорта ТЭР. Факторами, отрицательно влияющими на перспективы добычи сланцевых углеводородов, являются: необходимость применения сложных технологий; быстрая истощаемость месторождений; низкий уровень доказанности ресурсов; значительные риски, связанные с разработкой и добычей запасов; возможность загрязнения радиоактивными элементами и тяжелыми металлами подземных вод.

В США разведанные запасы сланцевого газа составляют более 26 трлн м³ (на 2015 год технически извлекаемы — 4,5 трлн. м³), или более 10 % от мировых. Ведущей корпорацией в США по добыче сланцевого газа является ChesapeakeEnergy.

Китай в 2015 году добывал 6,5 млрд м³ сланцевого газа. К 2020 году Китай планирует выйти на уровень добычи в диапазоне от 60 млрд. до 100 млрд. м³ сланцевого газа ежегодно.

Так, с точки зрения возможности промышленного использования горючие сланцы являются и топливом, и энергохимическим сырьём. В качестве топлива они могут использоваться как при непосредственном сжигании, так и после переработки в сланцевое масло.

Прямое сжигание сланцев может производиться на так называемых конденсационных электростанциях, где тепловая энергия топлива идёт на образование водяного пара, потенциальная энергия которого расходуется на работу паровой турбины. Она, в свою очередь, приводит в движение электрогенератор, преобразующий кинетическую энергию вращения ротора генератора в электрический ток. В Республике Беларусь исторически сложившееся название таких электростанций — ГРЭС — государственная районная электростанция.

Горючим сланцам присущи более скромные по сравнению с углём горючие свойства, и сланцы относятся к низкосортным видам топлива. Минеральная часть служит для сланцев балластом и снижает их теплотворную способность. Поэтому прямое сжигание сланца на ТЭЦ хотя и является наиболее простым способом, однако более эффективное использование энергетического потенциала сланцев заключается в их глубокой переработке в сланцевое масло (синтетическую, или керогеновую нефть).

Для устойчивого развития любого государства сырьевая база промышленности должна обладать высокой гибкостью. Лучше полагаться на применение различных взаимозаменяемых видов органического сырья. В частности, в Республике Беларусь имеются потенциальные пока неразрабатываемые горючие сланцы. Для ряда регионов их использование может быть целесообразно экономически сейчас. Если принять во внимание, что в данный момент наметился тренд к повышению цен на энергоносители, имеет смысл более тщательно провести анализ перспектив использования данного вида сырья и вовлечения его в народнохозяйственный комплекс с учетом имеющихся современных тенденций и технологий.

Таблица 1 – Состояние минерально-сырьевой базы Беларуси

Полезные ископаемые, наименование	Количество месторождений, в шт.		Балансовые запасы, в млн. т.
	Разведанные	Разрабатываемые	
Нефть	78	54	55,6
Уголь бурый	4	-	144,9
Горючие сланцы	2	-	422,3
Торф	72	50	160,6

Источник: Национальный статистический комитет РБ

Из табл. 1 можно сделать вывод, что основу топливной и энергетической промышленности Беларуси составляет нефть (импортируемая в основном из Российской Федерации). Из местного сырья следует традиционно отметить залежи торфа. А бурый уголь и горючий сланец не вовлечены в народнохозяйственный комплекс страны. Следует глубже и более прагматично расценить возможность их использования в промышленности.

На основании многолетних исследований горючих сланцев во всем мире и их практического применения в ряде стран можно сделать вывод, что сланцевые нефть и газ, получаемый из горючего сланца имеют хорошие перспективы использования, в частности в Беларуси, (на примерах стран ближнего зарубежья – Украина, Польша, Эстония). Следует заметить, что важным условием является то, что такое исследование должно быть комплексным, с учетом экономических, энергетических и экологических аспектов.

УДК 624

АРХИТЕКТУРА И ПРИРОДА

Чэнь Цзинкэ, Сергачев С.А.

Белорусский национальный технический университет

e-mail:2971587370@qq.com

Abstract. *As an architect, we should actively think about how to contribute to solve the garbage problem. Make full use of waste to build houses and protect the environment.*

В деятельности строительства, мы знаем окружающую среду, а затем начинаем преобразовать её: выправить площадку, задерновать, посадить деревья, строить дом и т. д. В этих процессах мы производим много мусора: вестовые, бумаги, бытовые электроприборы и строительный мусор. Если большое количество мусора без утилизации и повторного использования, они будут приводить к загрязнению окружающей среды.

Традиционный метод утилизации мусора очень пассивный: мусорная свалка или мусоросжигание – с риском для загрязнения воздуха, воды и земли.

На самом деле, мусор – это неуместный ресурс. Существует пример: раньше, люди вырубали деревья. После обработки они только получали несколько прямых длинных древесин для производства мебели и остатки. Остатки только могли сжечь или выбросить как мусор. Позже люди изобрели фибролитовую плитку, мы можем в полной мере использовать остатки дерева.

Как студенты архитектуры, нам нужно лучше знать чувств природы и качеств таких ресурсов. Не только использовать них в создании моделей архитектуры. В рамную конструкцию, мы тоже можем использовать такие ресурсы в здании как несущие структуры или другие элементы. Мы можем использовать мусор, делать модульную конструкцию, они могли сблокироваться быстро и тесно как Блоки Лего. Это экологически безопасно и экономично.

Многие прекрасные архитектурные работы проистекают из природы. А в природе, каждое живое существо, его отходы служат сырьем для другого живого существа. Это соотношение называется мутуализм. Природа имеет свое собственное остроумное регулирование, так что все поддерживается балансом.

А отношение между нами и природой – тоже мутуализм. Как лучше преобразовать отходов жизни в сырье, и поддержать баланса. Нам ещё многое предстоит узнать!

Аннотация. Показан путь становления архитектурно-планировочных средств сельских поселений Беларуси. Особый акцент сделан на архитектуре агрогородков, являющихся в настоящее время основным типом сельских поселений. Освещены вопросы архитектурно-формирования селитебных зон агрогородков.

Ключевые слова: планировочная структура сельского населенного пункта, общественные здания, производственная зона.

Abstract. The way of formation of architectural and planning means of rural settlements of Belarus is shown. Particular emphasis is placed on the architecture of agro-towns, which are currently the main type of rural settlements. The questions of architectural formation of residential zones of agro-towns are covered.

Key words: planning structure of a rural settlement, public buildings, industrial zone.

Жизнь людей в сельской местности за многие годы претерпевала существенные изменения. Так, с изменением характера сельскохозяйственного производства, условий труда и быта сельского населения, методов и способов жилищного строительства на селе, изменился и архитектурный облик сельских поселений, формы и принципы организации массовой застройки, важнейшие архитектурно-художественные особенности сельского дома.

Активная работа по преобразованию сел Белоруссии началась с 1996 года. Первым шагом на пути совершенствования архитектуры и модернизации сельской застройки стало начало экспериментального строительства на селе в соответствии с задачами, поставленными в Национальной жилищной программе (1996 г.). Было предусмотрено обновление жилого фонда путем строительства 4-5 усадебных жилых домов в каждом хозяйстве ежегодно, пересмотрена и обновлена типология жилых домов для строительства в сельской местности, разработаны новые эффективные конструктивные и объемно-планировочные решения сельского жилища. Еще более масштабные работы на селе начались с марта 2005 года, когда Указом Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко была утверждена «Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы». За годы реализации Программы предстояло сформировать населенные пункты, получившие название «агрогородков» на базе центров сельсоветов и центральных усадеб сельскохозяйственных организаций.

Планировочная структура сельского населенного пункта предопределяет пространственное сочетание основных функций (жилище – производство – обслуживание) с учетом многообразных и устойчивых внешних связей. Важнейшим принципом планировочной организации сельского населенного пункта является функциональное зонирование территории, то есть распределение площади поселения по характеру ее использования с учетом природных условий и санитарно-гигиенических требований. На территории сельского населенного пункта, как правило, выделяются две основные зоны: селитебная и производственная. В тесной взаимосвязи с функциональным зонированием территории населенного места находится создание рациональной сети улиц, проездов и пешеходных дорожек, позволяющих создать условия для кратчайшей связи основных зон поселка между собой, а также с различными объектами и комплексами, расположенными за его пределами и с сетью внешних дорог. Следует добавить и требование экономики строительства: чем меньше протяженность улиц и проездов, приходящаяся на одного жителя, тем дешевле благоустройство поселка.

Застройка селитебных зон большинства сельских поселений ведется усадебными домами. Усадебное строительство – основное на данном этапе и оно соответствует местным бытовым условиям, особенностям жизни сельского населения по вкусам и привычкам и экономически целесообразно, несмотря на то, что с уменьшением плотности застройки увеличивается

протяженность инженерных коммуникаций, возрастают площади благоустройства, длина транспортных путей. Эта целесообразность заключается в том, что в усадебном строительстве на селе возможно применение дешевых местных строительных материалов, простых облегченных конструкций и деталей, упрощенных систем инженерного оборудования, простых в эксплуатации средств механизации строительных работ. Немаловажно, что строительство можно вести собственными силами, без привлечения специализированных бригад – хозяйственным способом, базирующимся на имеющихся в конкретном хозяйстве людских ресурсах и несложной технике. Кроме того, и это особенно важно в современных условиях, усадебные жилые дома можно возводить с привлечением денежных средств населения, что, безусловно, будет способствовать закреплению трудоспособных кадров в сельской местности.

В современных условиях усадебная застройка, ввиду относительно больших объемов вновь возводимого жилья, становится одним из основных элементов, позволяющих улучшить архитектурно-композиционное решение агрогородков. Изучение практики застройки агрогородков позволяет назвать наиболее характерные планировочные приемы размещения групп усадебных домов в существующей застройке. Наиболее распространенным приемом является размещение усадебных домов у основного въезда в агрогородок. Новые постройки являются своего рода «фасадом» сельского населенного пункта, преобразуемого в агрогородок. В качестве примера можно назвать агрогородок Холмеч Речицкого района, где группа из пяти усадебных домов, размещена на въезде в населенный пункт со стороны автодороги Речица-Лоев. Современная архитектура и привлекательное цветовое решение домов являются своего рода визитной карточкой общего композиционно-художественного решения крупного агрогородка. Другим вариантом размещения групп усадебных домов является их использование для формирования фронтальной композиции агрогородка с основных точек обзора. В таких случаях усадебные дома по принципу строчной застройки располагаются по внешней границе населенного пункта вдоль или перпендикулярно направлению, проходящих рядом автомобильных дорог. Таковы агрогородки Заспа Речицкого и Еремино Гомельского районов. В первом фронтальная линейная композиция новых усадебных домов ориентирована на автодорогу республиканского значения Бобруйск-Лоев, во втором – линейная композиция новой усадебной застройки расположена перпендикулярно проходящей через агрогородок автодороге Киев-Санкт-Петербург. Строительство из десяти и более усадебных домов создает предпосылки для формирования в границах агрогородка автономного комплекса новой застройки с завершенным архитектурно-композиционным решением. Это может быть либо новая улица, примыкающая к существующей застройке, как это можно видеть в агрогородках Коммунар и Октябрь Буда-Кошелевского района, либо новый микрорайон, имеющий свой архитектурный облик и автономную инженерную инфраструктуру по примеру агрогородков Иваки, Жгунь Добрушского, Горочичи Калинковичского районов.

Нередко используются приемы размещения усадебных домов в сформировавшейся застройке на свободных участках или на месте подлежащих сносу ветхих строений. Возможны варианты возведения одного усадебного дома или небольшой группы из 2-3 домов. В качестве положительных аспектов такого решения можно назвать – уплотнение существующей застройки, возможность использования существующей инженерной инфраструктуры, обновление жилого фонда поселка, ускорение психологической адаптации новоселов к новому месту проживания. С точки зрения архитектурно-композиционного решения и его положительного влияния на архитектуру агрогородка в целом, можно констатировать, что такой вариант является наименее удачным. Небольшая группа, а тем более один усадебный дом «затеряются» в существующей застройке, если не будут проведены соответствующие мероприятия по реконструкции размещенных рядом эксплуатируемых индивидуальных домов и благоустройству улицы.

Описанные приемы размещения усадебной застройки являются наиболее распространенными при формировании архитектурно-композиционного решения агрогородков.

Наиболее значительными для формирования агрогородка являются общественные здания. Их архитектурно-планировочное решение во многом определяет построение общественной площади. Причем, учитывая появление в агрогородках новых зданий общественного назначения, как было отмечено нами, таких площадей должно быть две. Зданиями, организующими пространство площадей, могут быть общественно-культурный центр, культовое сооружение, административное здание, торговый центр, спортивный комплекс. Проведенный анкетный опрос специалистов позволил установить их важность в решении архитектурной композиции, и мы приводим этот список с учетом убывания их значимости: общественно-культурный центр, культовое сооружение, торговый центр, школа, спортивно-оздоровительный комплекс, детский сад-ясли, комбинат бытового обслуживания. Понятно, что архитектура каждого здания должна быть решена на высоком уровне, однако, когда вопрос касается экономики финансовых средств, что зачастую связано с уровнем архитектурного решения, предпочтение следует отдавать постройкам более значимого ранга.

Акцентом в формировании планировки агрогородков является центральная площадь, где размещаются административное здание, школа, магазин или торговый комплекс, клуб и другое. Это традиционный, имеющий почти полувековую историю, набор построек, которые размещаются в центре. В последние годы во многих селах возведены или строятся здания, которые могут и должны использоваться в качестве архитектурных акцентов. К таким зданиям относятся культовые постройки. В большинстве сел, преобразуемых в агрогородки, имеются такие сооружения. Рядом с такими зданиями, которые служат притягательными объектами, для большинства селян может формироваться второй общественный центр. Велика их роль, как высотных доминант в формировании силуэта агрогородка. Немаловажно, что культовые сооружения являются материальными центрами формирования духовности народа.

Литература

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005-2010 годы: Указ Президента Республики Беларусь [25.03.05 г.№ 150] // Национальный реестр правовых актов республики Беларусь, 2005. – №52 (4 апреля). – 1/6339.
2. Кудиненко А.Д. Архитектура возрождаемого села и усадебного дома / А.Д. Кудиненко, И.Г. Малков. – Брест: Изд-во БГТУ, 2005. – 151 с.
3. Малков И.И. Особенности архитектурно-планировочного формирования селитебных территорий агрогородков (на примере Гомельской области): дис. канд. архит.: 18.00.05/ И.И. Малков. – Гомель, 2008. – 161 л.
4. Новиков В.А. Архитектурная организация сельской среды: учебное пособие / В.А. Новиков. – М.: Архитектура-С, 2006. – 376 с., ил.

Научное издание

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ – 2017
新地平线 2017

Сборник материалов
Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума

В 2 томах

论文集
第四届中白青年创新论坛

Том 1

2–3 ноября 2017 г.

Подписано в печать 22.12.2017. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 13,60. Уч.-изд. л. 5,32. Тираж 150. Заказ 1045.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.