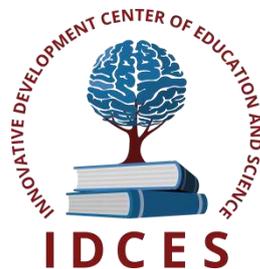


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Актуальные проблемы технических наук  
в России и за рубежом**

**Выпуск V**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 февраля 2018 г.)**

**г. Новосибирск**

**2018 г.**

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки  
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом.** / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 5. г. **Новосибирск.** – НН: ИЦРОН, 2018. - 111 с.

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам V Международной научно-практической конференции «**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом**», г. **Новосибирск**, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.
---

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)</b>	7
<b>СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)</b>	7
THE METHODOLOGY TO MEASURE THE PERFORMANCE OF SOFTWARE SYSTEMS IN A LIFE CYCLE Bubareva O. A.	7
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОНФЕТ /MODERN TECHNOLOGIES OF AUTOMATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF CANDIES/ Дронова Е.Ю., Елизаров И.А.	9
ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ К АФФИННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ Морозова Е.Ф., Нгуен Зуй Тхань	11
ЛАТЕНТНО-СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА Федюшкин Н.А., Савинов И.А., Федосин С.А.	15
<b>СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)</b>	18
<b>СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)</b>	18
ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ Ковтунов А.И., Нестеренко И.С. Бирюков Р.А.	18
ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА СКОРОСТЬ НАГРЕВА ВОДЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕ Леонтьев В.В.	21
<b>СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)</b>	24
ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ Стенин В.А.	24
<b>СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)</b>	27
<b>СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)</b>	27
ЖИДКОФАЗНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ Кулик В.И., Нилов А.С.	27

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГРАДИЕНТНЫХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОГО НАСЫЩЕНИЯ SiC-МАТРИЦЕЙ МНОГОНАПРАВЛЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КАРКАСОВ Кулик В.И. <sup>1</sup> , Нилов А.С. <sup>1</sup> , Кулик А.В. <sup>2</sup> , Рамм М.С. <sup>2</sup> .....	30
ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО СИЛИЦИРОВАНИЯ Кулик В.И., Нилов А.С. ....	33
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПАЙКИ Нилов А.С., Кулик В.И. ....	36
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ДЕФОРМИРОВАННЫХ СИУМИНОВ С СОДЕРЖАНИЕМ 11-30 % Si Прудников А.Н., Прудников В.А. ....	39
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТАЛОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ Чекмарева А.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А., Пачурин Г.В. ....	43
<b>СЕКЦИЯ №8.</b>	
<b>ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00).....</b>	<b>47</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНОПЛАНОВОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЦЕМЕНТА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ Власова Н.В., Павлова К.А. ....	47
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МЕРАМ, НАПРАВЛЕННЫМ НА СНИЖЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ, А ТАКЖЕ ПО СОКРАЩЕНИЮ ДТП НА ПЕРЕЕЗДАХ И ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ Власова Н.В., Таран Е.В. ....	50
ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ Власова Н.В., Иконникова В.С. ....	52
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИИ И МОНГОЛИИ Власова Н.В., Токарева А.А. ....	54
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК Власова Н.В., Потапова А.А. ....	57
ПЕРЕВОЗКА ЗЕРНА В КОНТЕЙНЕРАХ НАСЫПЬЮ Володина Н. С., Власова Н. В. ....	59
ЗАВИСИМОСТЬ ТОРМОЗНОГО ПУТИ АВТОМОБИЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА Шийка А.П., Деревнин А.А. ....	61
<b>СЕКЦИЯ №9.</b>	
<b>АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....</b>	<b>63</b>
<b>СЕКЦИЯ №10.</b>	
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00).....</b>	<b>63</b>

БИОНИКА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИГРОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ Грязнова А.В. ....	63
ВОЗМОЖНОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНООБЪЕКТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ Грязнова Г.Г. ....	65
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ВИМ-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ Зубарева Ю.В., Зуев Е.А., Мищенко А.В. ....	68
ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА Мовчан А.В., Лукашенко В.А. ....	71
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ НИЗКОЭМИССИОННЫХ СТЕКОЛ Семенова Э.Е., Богай В.А. ....	73
ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ Шейна С.Г., Шумеев П.А., Саядян Т.В. ....	75
КЕРАМЗИТОБЕТОН НА ОТСЕВАХ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД Шишканова В. Н., Красильникова О.А. ....	78
<b>СЕКЦИЯ №11.</b> <b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00) .....</b>	<b>81</b>
<b>СЕКЦИЯ №12.</b> <b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00).....</b>	<b>81</b>
ВОДОРΟΣЛИ - ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ Коптиенко Е.О., Федянина Л.Н., Смертина Е.С., Лях В.А. ....	81
<b>СЕКЦИЯ №13.</b> <b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00).....</b>	<b>83</b>
<b>СЕКЦИЯ №14.</b> <b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00).....</b>	<b>83</b>
<b>СЕКЦИЯ №15.</b> <b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00) .....</b>	<b>83</b>
<b>СЕКЦИЯ №16.</b> <b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,</b> <b>ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00).....</b>	<b>83</b>
МИНИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ВЫГРУЗКЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА СТАНЦИИ СУХОВСКАЯ Власова Н. В., Казакова Е. О. ....	84
MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL DAMAGE DURING UNLOADING OF COAL BY OPENCAST METHODS AT THE STATION SUKHOVSKAYA Vlasova N. V., Kazakova E. O. ....	84

ПЕРЕВОЗКА, УТИЛИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ Власова Н.В., Шнитуленко Ю.А. ....	86
ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОТ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЩЕБНЯ НА СТАНЦИИ АНГАСОЛКА Названова А.О., Власова Н.В. ....	88
ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОГЛОЩЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ВО ВРЕМЯ ВЫГРУЗКИ Уварова А.П., Власова Н.В. ....	89
THE INTRODUCTION OF A SYSTEM OF ABSORPTION OF COAL DUST DURING UNLOADING Uvarova. A.P., Vlasova N.V. ....	89
<b>СЕКЦИЯ №17. ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12).....</b>	<b>91</b>
<b>СЕКЦИЯ №18. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23) .....</b>	<b>91</b>
<b>СЕКЦИЯ №19. НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08).....</b>	<b>91</b>
<b>СЕКЦИЯ №20. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05) .....</b>	<b>91</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ ДАТЧИКОВ ПО ПОТОКАМ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ Агроник А.Ю. <sup>1</sup> , Лисейцев А.Е. <sup>2</sup> , Шишкин О.Г. <sup>3</sup> .....	91
АНАЛИЗ ДВУХЭТАПНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ Барашков В.М, Задорина Н.А.....	96
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МІМО Будник В.В., Кошечев А.В., Шевелёв К.С.....	103
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Омаров Р.Г. ....	106
<b>СЕКЦИЯ №21. МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08).....</b>	<b>108</b>
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД.....</b>	<b>109</b>

## **СЕКЦИЯ №1.**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

## **СЕКЦИЯ №2.**

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

### **THE METHODOLOGY TO MEASURE THE PERFORMANCE OF SOFTWARE SYSTEMS IN A LIFE CYCLE**

**Bubareva O. A.**

BTI Altstu, Biysk

The focus in assessing the effectiveness of the information system (is) is paid to the fact that it "must be assessed according to the criteria of importance to the user" [1]. The research literature on the effectiveness and efficiency of the organization emphasizes the importance of gaze of the user or customer of "key expert" in the assessment of efficiency [5]. User satisfaction the IP as the connection between objectives in respect of the information provided by the system, and purposes related to the improvement of organizational processes brings together many of the criteria of the user and provides the most useful assessment of system effectiveness. Substantial evidence supported the validity of user ratings of the effectiveness of the system [1, 3]. Heads of IP indicate that the function is likely most valued by users. However, the perception of users is only one point of view on several dimensions of system performance. The purpose of this article is to examine the nature of the differences in the estimates of the system efficiency between decision makers in different functional groups involved in the implementation of the IP - users, internal audit and management. First described functional groups. Then describe and compare points of view of the appraiser. Suggestions for inclusion of multiple points of view of the evaluators in the evaluation approaches are available for practitioners and researchers of IP.

Those associated with the development and exploitation of IP can be assigned to four functional groups. The development system associated with the first three groups were summarized in [3].

Users, primary and secondary, are those for which the system is developed and maintained. Primary users - those who make decisions based on the results of IP and intermediaries, for example, employees that filter or interpretiruya conclusion. Secondary users consist of employees that provide and maintain data for the system, for example, data transmission, data entry operators, supervisors, but not directly benefiting, in the performance of their tasks.

Staff development consists of system analysts, Pro-Grammaton and users entrusted with the development and modification of systems. Staff it consists of operators, librarians, technical support staff engaged in database management and the personnel responsible for support of current activities of the system.

Internal auditing exists as a separate entity, to assist management in assessing the effectiveness of the system and management. In each functional group organizational office workers of those involved in the development of the system, can vary considerably.

Often there are cross-functional actions. For example, the user-nical personnel can be included in a functional group of the management and development of IP, in addition to the "users" of the system. The degree of involvement of users varies depending on the stage of the life cycle of the system development and organizational procedures for the participation of users.

User point of view.

With regard to system goals that are important to users, in [5] indicate that users are most concerned about the accuracy, reliability, timeliness of response to request, assistance and adequacy of which performs certain requirements. The information content is the dominant characteristic in comparison with accuracy, often the frequency information of interest for users from the point of view of the effectiveness of the system [5].

The system is often considered efficient or successful developers during the development, installation and operation [1]. This view on the effectiveness of the system reflected in the definition: "the project Managers of IP, usually consider the realization of activities related to the original transition project on computer operation" [4].

Narrowly defined criteria of cost-effectiveness. It is possible to suggest that the developers did not take into account the impact of the system on users. However, comparing the relative personal value of factors related to work, three groups of personnel on software development (programmers, analytical key, supervisors) and found that "user satisfaction" was rated as second in importance for all three groups.

From the point of view of system goals and established significant differences between the IP developers and the users [1,4]. Users evaluated the accuracy of the information above, what the developers, while the developers were evaluated by the system modifiability, compatibility and sanity higher than users. Assessing the achievement of the objectives in [2] was-be that users and developers will differ in their perceptions. The objectives of the system are performed from the developer's point of view when the system is time-rabatyvaetsya and running, and the target system from the user's point of view, the term applied when the system uses decision makers, and is compatible with existing organizational practices and user needs. Differences between users and developers in the assessment of the real efficiency of the system was demonstrated in [4]. The differences in the evaluation of the success of the project IP, i.e. the achievement of the goals, it was stressed that the users perceived the project as a failure. However, in [5] indicate that project managers in the development of IP have the same ideas about the effectiveness of the system users. The project leaders seem to have implicitly understood the importance of user satisfaction with the success of IP.

Evaluation of the effectiveness of the system was difficult due to its multidimensionality, its quantitative and qualitative aspects and points of view with several appraisers. To assess the efficiency of the system can be made several proposals for IP practitioners and researchers of IP. For practitioners of IP it is important to include the multiple points of view of several objectives and indicators of the efficiency of the system. With regard to the assessment of benefits for the user experience, I suggest that the net benefits for the independent user, weighted in accordance with importance of each user or group of users is a good measure of benefits. Approaches many criteria to select projects for IP in a similar way can be used to assess effectively the accuracy of the system. It is recommended to use approaches to joint assessment to incorporate multiple points of view in a few goals and performance indicators. I describe the approach to the assessment, marked BASYC (est advantages for system changes) that can be used for decision-making at each stage of the development lifecycle of the system. This approach can be used to estimate potential and actual-cal benefits from the IP, in terms of probable contribution to a number of detailed and measurable goals identified by the participants of the representative members of functional groups. Joint approaches facilitate the transfer of evaluation information concerning the effectiveness of the system. Because many systems ha racterized management problems, lack of feedback from the development of Boccioni and disagreements among users and developers on the effectiveness of systems approaches to evaluation can be used to transfer evaluation information, improvement of the methods of IP management and awareness of the value of the information system. To measure the success of the system, it is important to consider multiple criteria (objectives) success, different viewpoints for each criterion and the different importance of each criterion. The work [1] is an excellent example of this approach in his study on the development of IP. In addition, it is recommended to use a standardized, Pro-verany tool for assessing the success of the system to the results of the studies were comparable. Since user satisfaction integrates many criteria and provides the most useful assessment of the effectiveness of the system check tools for user satisfaction can be assigned to decision makers in several functional groups, inclusion of multiple points of view of the appraiser.

## References

1. Belykh A.A. Fundamentals of methodology for forecasting and evaluating the effectiveness of information systems / AA. Belykh // Polytematic network electronic scientific journal of the KSAU (KubSAU Scientific Journal). - Krasnodar: KubGAU, 2011. - №07 (71). pp. 564-587.
2. Bubareva, OA Reliability of integrated information systems. Information and education: the boundaries of communications INFO'16: a collection of scientific papers number 8 (16). - Gorno-Altai: RIO GAGU, 2016. - pp. 79-81.
3. Bubareva, OA Evaluation of the quality of information systems with distributed architecture / Bubareva OA // Alt. state. tech. University, BTI. - Biysk: Publishing house Alt. state. tech. Univ., 2017. - pp.32-34.
4. Anderson, J.C. and Hoffmann, T.R. "APerspective on the Implementation ofManagement Science," Academy ofManagement Journal, Volume 1 2,Number 4, April 1978, pp. 18-29.
5. Evans, T.M. Measures of Computer and Information System Productivity: Key InformantInterviews, Technical Report APR20546-TR6, Westinghouse R & D Center,Pittsburgh, Pennsylvania, October 1976.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОНФЕТ  
/MODERN TECHNOLOGIES OF AUTOMATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF CANDIES/

Дронова Е.Ю., Елизаров И.А.

(Дронова Е.Ю. магистрант ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов;  
Елизаров И.А. к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов)

Производство конфет является одной из наиболее перспективных отраслей кондитерской промышленности. Конфеты являются самой многочисленной по ассортименту группой кондитерских изделий и самой большой по числу кондитерских масс, из которых они изготавливаются.

Процессы производства конфет относятся к сложным технологическим процессам. Управление технологическими процессами в условиях меняющейся номенклатуры и требуемой производительности, колебаниях качества исходного сырья требует использования высокоэффективных алгоритмов и гибких автоматизированных систем управления, построенных на базе современных программно-технических средств и принципов организации автоматизированных систем.

В течение многих лет системы управления строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и большое количество кабелей, посредством которых осуществлялось подключение датчиков и исполнительных механизмов. В настоящее время приверженцев такого подхода остается все меньше и меньше. Такие недостатки централизованных АСУ ТП, как большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация, сделали их во многих случаях абсолютно неприемлемыми как экономически, так и технологически.

В последнее время благодаря резкому снижению стоимости микропроцессорной техники, повышению ее эксплуатационных характеристик (увеличение температурного диапазона, надежности, снижения энергоемкости и т.д.) и интенсивному распространению промышленных сетей, увеличивается доля распределенных систем управления (рис. 1а), которые строятся на базе промышленных сетей.

Более широкому распространению распределенных АСУ ТП способствует также проникновение микропроцессоров на уровень датчиков и исполнительных механизмов. Связь с такими «интеллектуальными» датчиками и исполнительными механизмами осуществляется посредством некоторой промышленной сети. Помимо этого, встроенные микропроцессоры наделяют датчик и исполнительный механизм дополнительными полезными свойствами. Например, позволяют осуществлять диагностику датчика, дистанционную калибровку, передавать дополнительную служебную информацию и т.д. Структура АСУ ТП, построенной, с использованием «интеллектуальных» датчиков и исполнительных механизмов, может иметь вид, представленный на рис. 1б.

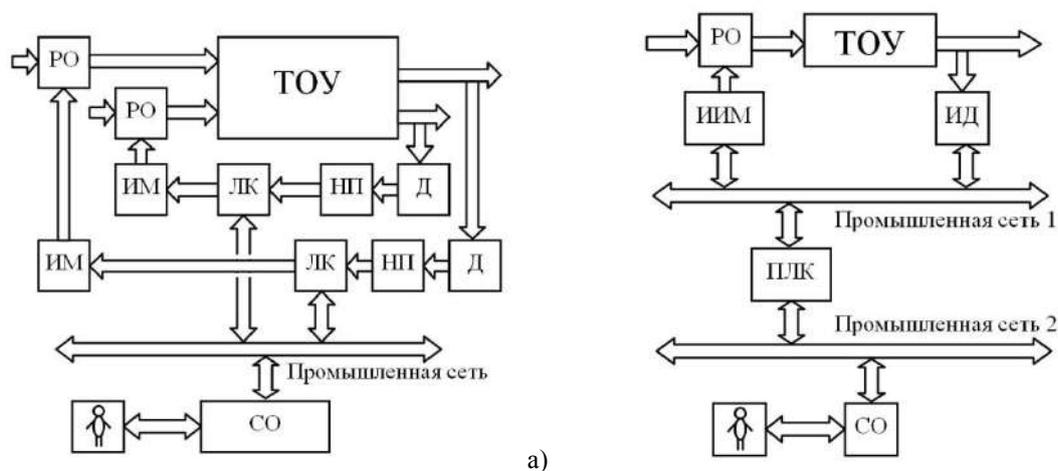


Рис.1. Современная распределенная АСУ ТП (а) и АСУ ТП на базе «интеллектуальных» датчиков и исполнительных механизмов (б): Д- датчики, НП- нормирующие преобразователи, ЛК - локальные контроллеры, ИМ- исполнительные механизмы, РО – регулирующие органы, СО – станция оператора, ИД – «интеллектуальные датчики», ИИМ – «интеллектуальные исполнительные механизмы», ПЛК – контроллеры

Промышленная сеть является цифровой, двунаправленной, многоточечной, последовательной коммуникационной сетью, используемой для связи изолированных друг от друга контроллеров, станций оператора, интеллектуальных устройств связи с объектом (УСО), датчиков, исполнительных механизмов и т.п. Каждый такой узел сети способен самостоятельно выполнять ряд функций по самодиагностике, контролю и обслуживанию функций двунаправленной связи. В отличие от сетей офисных сетей промышленные сети должны отвечать следующим требованиям: обеспечение функций реального времени; жесткая детерминированность поведения; помехоустойчивость; работа на длинных линиях с использованием недорогих физических сред.

АСУ ТП, построенные на базе промышленных сетей отличаются [1]:

- Повышение надежности системы управления. По надежности цифровой метод передачи данных намного превосходит аналоговый. Передача в цифровом виде малочувствительна к помехам и гарантирует доставку информации благодаря специальным механизмам, встроенным в протоколы промышленных сетей. Повышение надежности функционирования и живучести АСУ ТП на базе промышленных сетей также связано с распределением функций контроля и управления по различным узлам сети. Выход из строя одного узла не влияет либо влияет незначительно на отработку технологических алгоритмов в остальных узлах. Для критически важных технологических участков, возможно дублирование линий связи или наличие альтернативных путей передачи информации. Это позволяет сохранить работоспособность системы в случае повреждения кабельной сети.

- Существенная экономия кабельной продукции.
- Легкость тестирования и отладки. Поскольку все элементы системы активны, легко обеспечить самодиагностику и поиск неисправности.

- Гибкость и модифицируемость. Добавление или удаление отдельных точек ввода-вывода и даже целых узлов требует минимального количества монтажных работ и может производиться без остановки системы автоматизации. Переконфигурация системы осуществляется на уровне программного обеспечения и занимает минимальное время.

Контроллеры в системе управления (рис.1а, 1б) выполняют: сбор сигналов от датчиков; предварительную обработку сигналов; реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления; прием и передачу информации из промышленной сети. При разработке прикладного программного обеспечения для контроллеров следует руководствоваться международным стандартом на языки программирования контроллеров IEC – 61131-3. Для повышения качества и скорости разработки программного обеспечения контроллеров используются различные CASE-средства, реализующие стандарт IEC – 61131-3, например инструментальные системы ISaGRAF, CoDeSys и др.

Станции оператора, как правило, представляют собой PC совместимые промышленные компьютеры с операционной системой семейства Windows, при этом стандартным механизмом взаимодействия программного обеспечения АСУ ТП признан стандарт OPC (OLE for Process Control), который основан на объектной модели COM/DCOM фирмы Microsoft. Для наиболее ответственных применений, например, в системах жизнеобеспечения, следует использовать операционные системы жесткого реального времени, например, QNX.

Основу программного обеспечения станций оператора составляют системы SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных), реализующие все основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, выделение аварийных и предаварийных ситуаций, передачи данных и команд системе контроля и управления, решение прикладных программ пользователя (например, задач поиска оптимальных управлений) и др.

В заключение следует отметить, что при создании современных АСУ ТП пищевых производств наблюдается мировая интеграция и унификация технических решений. Основное требование современных систем управления – это открытость системы. Система считается открытой, если для нее определены и описаны используемые интерфейсы и форматы данных, что позволяет подключать к ней «внешние» независимо разработанные компоненты.

Наблюдающийся в последнее время подъем отечественной промышленности позволяет оснащать российские предприятия современными индустриальными компьютерными технологиями, что даст возможность реализовать высокоэффективные системы управления.

## Список литературы

1. Елизаров И.А. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: учебное пособие для вузов / И. А. Елизаров, Ю. Ф. Мартемьянов, А. Г. Схиртладзе; Тамб. гос. техн. ун-т. - Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2012. - 180 с.

### ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ К АФФИННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ

**Морозова Е.Ф., Нгуен Зуй Тхань**

Московский технологический университет  
Российский университет дружбы народов

**Аннотация.** В статье дана постановка задачи распознавания, представлен обзор моделей и алгоритмов, предназначенных для распознавания объектов, в том числе лиц человека. Рассмотрена актуальная задача наведения 3D модели лица на 2D изображение

**Ключевые слова:** инварианты, 3D модели лица, задача наведения, сегментация, области интереса, нейронные сети.

#### **Введение**

В задачах распознавания лиц целесообразно выделять инварианты - такие характеристики изображения (дескрипторы), которые не зависят от масштаба, ориентации и качества анализируемого снимка. Широкое распространение получили яркостные и геометрические инварианты изображений. Инварианты полезны тем, что способны выступать в роли существенных признаков, передающих характерные особенности изображения. Они позволяют проводить корректное сравнение изображений подвергнутых, преобразованиям, что увеличивает вероятность получения правильного решения. [1].

В работе [2] было показано, что в качестве инвариантов могут выступать как простые признаки, так и сложные интегральные, которые являются более устойчивыми к различным помехам. Однако, следует отметить, что реальное распознавание объектов усложняется тем, что инварианты вследствие влияния различных факторов, например помех, могут флуктуировать, они фактически являются «субинвариантами». В этой связи в качестве методов распознавания приходится привлекать вероятностные подходы и специальные метрики для сравнения инвариантов, например метрику Евклида-Махаланобиса. [3]. В работе [1] представлен комбинированный подход, в котором сочетаются следующие инструменты: методы выделения инвариантных моментов Ху, методы формирования эталонных классов лиц, метрика Евклида-Махаланобиса и аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС) [4].

В ряде случаев 3D-алгоритмы имеют преимущества по сравнению с 2D распознаванием [5]. Хорошие результаты в области 3D-распознавания были получены компанией Vocord. Они разработали прототип системы с использованием камер высокого разрешения, без использования какой-либо дополнительной подсветки. Данные преимущества позволяют использовать разработанную систему для некооперативной идентификации людей на основе 3D моделей. Показаны высокие характеристики распознавания с вероятностью 92-98%. В связи с этим, важную роль играют 3D-инварианты, которые следует наилучшим образом «нацеливать» на имеющиеся двумерные объекты [6,7].

#### **1. Постановка задачи распознавания лиц**

Задача распознавания лиц формулируется следующим образом. Требуется построить распознающую функцию  $F(\omega)$ ,  $F(\omega) = (F_1(\omega), F_2(\omega), \dots, F_k(\omega))$ , выход которой определяет класс произвольного изображения  $\omega$ , представленного вектором признаков  $(x_1(\omega), \dots, x_n(\omega))$

$$F_k(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega \in \Omega_k \\ 0, & \text{если } \omega \notin \Omega_k \\ \Delta, & \text{если неизвестно } \omega \in \Omega_k \text{ или } \omega \notin \Omega_k \end{cases}$$

Здесь открытым остается вопрос о выборе метрики. В качестве метрики удобно использовать расстояние Евклида-Махаланобиса. В работе [8] содержится доказательство того, что это расстояние является метрикой. Статистическим расстоянием Евклида-Махаланобиса между двумя точками

$x = (x_1, \dots, x_n)^T$  и  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$  в пространстве  $R^n$  называют функцию вида

$d_{E-M}(x, y) = \sqrt{(x - y)^T (S + E)^{-1} (x - y)}$ , которую можно определить как меру сходства между двумя случайными векторами  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$  и  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$  из одного распределения вероятностей с матрицей ковариации  $S$ . Метрику можно использовать для измерения расстояний между изображением  $\omega$  (представленным вектором признаков  $X$ ) и некоторым классом  $\Omega_p$ :

$d_{E-M}(\omega, \Omega_p) = \sqrt{(x - \bar{y})^T (S_p + E)^{-1} (x - \bar{y})}$ , где  $S_p$  – матрица ковариации класса  $p$ ,  $\bar{y}$  – центр класса.

## 2. 2D –инварианты для распознавания лиц

Для получения моментов инвариантных к аффинным преобразованиям, необходимо найти центральные моменты цифрового изображения лица. Они определяются следующим образом

$m_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$ , где  $\bar{x}, \bar{y}$  – центр тяжести, моменты  $m_{pq}$  – центральные

моменты порядка не выше чем  $(p + q) = 3$ ,  $f(x, y)$  – функция яркости, определяющая исходное растровое изображение. Моменты, инвариантные к повороту и сдвигу отражены в табл. 1.

Таблица 1

№	Инвариантные 2D-моменты
1	$M_1 = m_{20} + m_{02}$
2	$M_2 = (m_{20} - m_{02})^2 + 4m_{11}^2$
3	$M_3 = (m_{30} - 3m_{12})^2 + (3m_{21} + m_{03})^2$
4	$M_4 = (m_{30} + m_{12})^2 + (m_{21} + m_{03})^2$
5	$M_5 = (m_{30} - 3m_{12})(m_{30} + m_{12})[(m_{30} + m_{12})^2 - 3(m_{21} + m_{03})] + (3m_{21} - m_{03})(m_{21} + m_{03})[3(m_{30} + m_{12})^2 - (m_{21} + m_{03})^2]$
6	$M_6 = (m_{20} + m_{02})[(m_{30} + m_{12})^2 - (m_{21} + m_{03})^2] + 4m_{11}(m_{30} + m_{12})(m_{21} + m_{03})$
7	$M_7 = (3m_{21} - m_{03})(m_{30} + m_{12})[(m_{30} + m_{12})^2 - 3(m_{21} + m_{03})] - (m_{30} - 3m_{12})(m_{21} + m_{03})[3(m_{30} + m_{12})^2 - (m_{21} + m_{03})^2]$

Таблица 2 – Чувствительность 2D-инвариантов

Момент	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$
Чувствительность	$\delta^2$	$\delta^4$	$\delta^6$	$\delta^6$	$\delta^{12}$	$\delta^6$	$\delta^{12}$

Здесь  $\delta$  – величина, задающая масштабирование координат.

В работе [2] проведены экспериментальные исследования, подтверждающие перспективность распознавания на основе инвариантов. В табл. 3 представлены результаты экспериментальной проверки качества распознавания различными методами, а именно количество допущенных ошибок при распознавании лиц из одной из открытых баз [9].

Таблица 3 –Сводная таблица результатов экспериментов

Количество допущенных ошибок			
Метрика Евклида	Метрика Евклида-Махаланобиса	ИНС прямого распространения	Вероятностная ИНС
6	2	4	2

Из результатов следует, что приоритет по качеству классификации принадлежит метрике Евклида-Махаланобиса и вероятностной нейронной сети. Инварианты в комплексе с другими методами, показали долю ошибки распознавания лиц примерно 1,5-4,5%.

### 3. 3D –инварианты для распознавания лиц

Эксперименты показывают, что 2D-модели имеют ограниченное применение, поскольку их затруднительно применять для распознавания лиц при различных ракурсах головы, естественной мимики, наличии гримас и других помех. В связи с этим все большее внимание уделяется 3D-моделям, полученным с использованием камер высокого разрешения, применение которых в ряде случаев позволяет увеличить точность и полноту распознавания [5,10,11].

Одной из задач в работе [12] явилась экспериментальная проверка и формирование набора 3D-инвариантов для распознавания лиц. 3D-инвариантные моменты являются удобным средством для решения задач прямого сравнения и распознавания лиц, подвергаемых различным преобразованиям и искажениям.

Для дискретного случая (цифрового изображения) имеет место:

$$\mu_{lmn} = \sum_X \sum_Y \sum_Z (x - \bar{x})^l (y - \bar{y})^m (z - \bar{z})^n f(x, y, z),$$

где  $X, Y, Z$  – область определения координат пикселей изображения. Требуется построить моменты, инвариантные к операциям поворота, перемещения и масштабирования. Применительно к дискретным объектам, к которым относятся цифровые изображения, знаки интеграла должны быть заменены на знаки суммы.

Для получения 3D-моментов, инвариантных к поворотам, необходимо суммировать определенным образом центральные моменты. В соответствии с проведенным анализом из различных источников выбраны следующие инварианты [4-6] (табл.4.)

Таблица 4

№	Инвариантные 3D-моменты
1	$I_1 = \mu_{200} + \mu_{020} + \mu_{002}$
2	$I_2 = \mu_{200}\mu_{020} + \mu_{200}\mu_{002} + \mu_{020}\mu_{002} - \mu_{101}^2 - \mu_{110}^2 - \mu_{011}^2$
3	$I_3 = \mu_{200}\mu_{020}\mu_{002} - \mu_{002}\mu_{110}^2 - \mu_{020}\mu_{101}^2 - \mu_{200}\mu_{011}^2 + 2\mu_{110}\mu_{101}\mu_{011} - \mu_{011}^2 - \mu_{101}^2$
4	$F_1 = \mu_{003}^2 + 6\mu_{012}^2 + 6\mu_{021}^2 + 6\mu_{030}^2 + 6\mu_{102}^2 + 15\mu_{111}^2 - 3\mu_{102}\mu_{120} + 6\mu_{120}^2 - 3\mu_{021}\mu_{201} + 6\mu_{201}^2 - 3\mu_{003}(\mu_{021} + \mu_{201}) - 3\mu_{030}\mu_{210} + 6\mu_{210}^2 - 3\mu_{012}(\mu_{030} + \mu_{210}) - 3\mu_{102}\mu_{300} - 3\mu_{120}\mu_{300} + \mu_{300}^2$
5	$F_2 = \mu_{200}^2 + \mu_{020}^2 + \mu_{002}^2 + 2\mu_{110}^2 + 2\mu_{101}^2 + 2\mu_{011}^2$
6	$F_3 = \mu_{200}^3 + 3\mu_{200}\mu_{110}^2 + 3\mu_{200}\mu_{101}^2 + 3\mu_{110}^2 + 3\mu_{101}^2\mu_{020} + 3\mu_{101}^2\mu_{002} + \mu_{020}^3 + 3\mu_{020}\mu_{011}^2 + 3\mu_{011}^2\mu_{002} + \mu_{002}^3 + 6\mu_{110}\mu_{101}\mu_{011}$
7	$F_4 = \mu_{300}^2 + \mu_{030}^2 + \mu_{003}^2 + 3\mu_{210}^2 + 3\mu_{201}^2 + 3\mu_{120}^2 + 3\mu_{102}^2 + 3\mu_{021}^2 + 3\mu_{012}^2 + 6\mu_{111}^2$

8	$F_5 = \mu_{300}^2 + 2\mu_{300}\mu_{120} + 2\mu_{300}\mu_{102} + 2\mu_{210}\mu_{030} + 2\mu_{210}\mu_{030} + 2\mu_{201}\mu_{003} + \mu_{030}^2 + 2\mu_{030}\mu_{012} + 2\mu_{021}\mu_{003} + \mu_{003}^2 + \mu_{210}^2 + 2\mu_{210}\mu_{012} + 2\mu_{201}\mu_{021} + \mu_{120}^2 + 2\mu_{120}\mu_{102} + \mu_{102}^2 + \mu_{021}^2 + \mu_{012}^2.$
---	--

Отбор моментов более высокого порядка можно продолжить, но и установленный ограниченный набор 3D-инвариантов обеспечивает определенные возможности для распознавания лиц.

Таблица 5 – Чувствительность 3D-инвариантов

Момент	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
Чувствительность	$\delta^2$	$\delta^4$	$\delta^6$	$\delta^6$	$\delta^4$	$\delta^6$	$\delta^6$	$\delta^6$

В дальнейшем требуется строгое доказательство того, что приведенные формулы 3D-моментов действительно являются инвариантами, так как этот факт проверен чисто экспериментально. В результате наблюдения сцен с помощью стереопары можно восстановить 3D-образ лица и сравнить его с соответствующими 3D-моделями, хранящимися в базе данных лиц на основе вычисленных инвариантов

#### 4. Задача наведения 3D модели лица на 2D изображение лиц

Для практического распознавания лиц представляет большой интерес задача наилучшего наведения 3D модели на двумерный объект [12]. Эту оптимизационную задачу наведения можно решать градиентным методом. В качестве расстояния между предъявленным изображением  $I$  и проекцией модели  $I_p$  будем использовать целевую функцию  $W(P)$ , а в качестве параметров управления углы поворота 3D-модели вокруг осей  $P = (p_1, p_2, p_3) = (\alpha, \beta, \gamma)$ .

Для решения задачи  $P^{[k]} = \arg \min(W^{[k]}(P))$ , где  $k$  - номер итерации полагаем известными начальные значения углов положения  $(p_1^{[0]}, p_2^{[0]}, p_3^{[0]})$  и значения после первого шага поворота  $(p_1^{[1]}, p_2^{[1]}, p_3^{[1]})$ . Значения параметров приближения вычисляют итерационно по формуле  $p_i^{[k+1]} = p_i^{[k]} + \lambda \Delta p_i^{[k]}$ ,  $\Delta p_i^{[k]} = -\frac{dW^{[k+1]}(P)}{dp_i}$ ,  $k$  ( $k = 0, 1, \dots$ );  $i$  ( $i = 0, 1, \dots$ ) – номер параметра,  $\Delta p_i^{[k]}$  – шаг  $k$ -ой итерации;  $\lambda$  - некоторый постоянный или переменный параметр, определяющий величину шага.

Вместо непрерывных производных используем конечно-разностные представления  $W'_{[k]} \approx \frac{W^{[k+1]} - W^{[k]}}{(p_i^{[k+1]} - p_i^{[k]})}$ .

Целевая функция  $W(p_i)$  имеет монотонный характер, что упрощает процедуру поиска. Для получения оптимума достаточно последовательно решить задачи оптимизации по каждому из параметров, что соответствует методу покоординатного спуска.

#### Заключение

Проанализировав некоторое количество источников в области распознавания образов можно отметить, что перспективным направлением является 3D распознавание, так как традиционные системы двумерного распознавания используют участки изображения с высокой контрастностью, такие как глаза, рот, нос, границы лица, и плохо используют информацию в областях низкого контраста – на щеках, лбу, подбородке. В отличие от этого, трехмерное использует для анализа информацию с участков низкой контрастности. Форма поверхности лба и других слабо деформируемых участков лица мало подвержена изменениям при различных выражениях лица, что также используется в 3D-распознавании.

#### Список литературы

1. Нгуен Зуй Тхань, Фраленко В.П., Хачумов М.В. Распознавание лиц на основе инвариантов к аффинным и яркостным преобразованиям // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617799, дата поступления заявки: 23.05.2017, дата регистрации: 12.07.2017.

2. Хачумов М.В., Нгуен Зуй Тхань. Задача распознавания лиц по фотографиям на основе инвариантных моментов. – Искусственный интеллект и принятие решений, № 4, 2016, с. 5-14.
3. Нгуен Зуй Тхань. Инварианты в задачах распознавания графических образов. – Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика, 2016, № 1, с. 76-85.
4. Амелькин С.А., Захаров А.В., Хачумов В.М. Обобщенное расстояние Евклида-Махаланобиса и его свойства. – Информационные технологии и вычислительные системы, 2006, № 4, с. 40-44.
5. Петухов М.Н., Фаворская М.Н. Распознавание природных объектов на аэрофотоснимках с применением нейронных сетей. – Автометрия. 2011, № 3, с. 34-40.
6. Манолов А.И., Соколов А.Ю., Степаненко О.В. и др. Некооперативная биометрическая идентификация по 3D-моделям лица с использованием видеокамер высокого разрешения. – Труды 19-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению «ГрафиКон'2009», (Москва, 5 – 9 октября 2009 г.). – М.: МАКС ПРЕСС, 2009. – [http://www.graphicon.ru/html/2009/conference/se8/139/139\\_Paper.pdf](http://www.graphicon.ru/html/2009/conference/se8/139/139_Paper.pdf)
7. Нгуен Зуй Тхань, Хачумов В.М. Модели и методы сопоставления изображений в задаче распознавания лиц. – Искусственный интеллект и принятие решений анализ данных. 2016, с. 5-14
8. Нгуен З. Т., Хачумов М.В. Метод наведения 3D-модели объекта на 2D-изображение на основе инвариантных моментов. – Программные системы: теория и приложения, 2017, №4, с. 209–220.
9. Хачумов М.В. Расстояния, метрики и кластерный анализ. – Искусственный интеллект и принятие решений, № 1, 2012, с. 81-89.
10. Casati J., Moraes D., Rodrigues E. SFA: A Human Skin Image Database based on FERET and AR Facial Images // In: IX Workshop de Visão Computacional, 2013. URL: <http://www.sel.eesc.usp.br/sfa/>
11. Naser Zaeri and Faris Baker. Thermal Face Recognition Using Moments Invariants. – International Journal of Signal Processing Systems, Vol. 3, No. 2, December 2015, pp. 94-99.
12. Роженцов А.А., Морозовский К.В., Баев А.А. Модифицированное обобщенное преобразование Хафа для обработки трёхмерных изображений с неизвестными параметрами вращения и масштабирования. – Автометрия, 2013, № 2, с.30-41.
13. Нгуен Т., Хачумов М.В.. Метод наведения 3D-модели объекта на 2D-изображение на основе инвариантных моментов. – «Программные системы: теория и приложения», №4 (Том 8), 2017, с. 209-220.

## ЛАТЕНТНО-СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА

**Федюшкин Н.А., Савинов И.А., Федосин С.А.**

НИ МГУ им. Н.П. Огарева, РФ, г. Саранск

**Аннотация.** Латентно-семантический анализ (ЛСА) (англ. Latent semantic analysis, LSA), также известный как латентно-семантическое индексирование (ЛСИ) (англ. Latent semantic indexing, LSI) – это основной метод, используемый для анализа отношений между документами и терминами в коллекции и для извлечения высокоуровневых понятий и преобразования представления документов в соответствии с идентифицированными отношениями.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ текста, text mining, кластеризация, классификация, семантика, латентно-семантический анализ, ЛСА, LSA.

### **Извлечение скрытой семантической информации**

В идеале, свойства, извлеченные из документов должны однозначно определять высокоуровневые понятия и темы для того, чтобы дать точное представление их содержимого. На практике же, слова или другие свойства, как правило, далеки от идеального условия из-за того факта, что в каждой теме большинство слов используются довольно часто, и каждое слово может встречаться в более, чем одной теме. С точки зрения языка, слова могут иметь несколько значений (многозначность) и одно и то же значение может принадлежать нескольким словам (синонимия). Кроме того, некоторые слова могут иметь разные смысловые значения, но быть в тоже время каким-то образом связанными [2].

Эти особенности иногда затрудняют правильное определение точечных сходств и взаимосвязей в данных. Например, два документа могут обсуждать одну и ту же тему с использованием разных слов, что

может, по-видимому, привести к тому, что программа посчитает, что они никак не связаны друг с другом. Тем не менее, соответствующие релевантные слова обоих документов могут в значительной степени встречаться как в нескольких, так во многих других сходных по тематике документах: эта информация может означать, что все эти слова каким-то образом семантически связаны между собой, поэтому и эти два примера документов будут потенциально связаны, несмотря на то, что значительно отличаются в словах, которые они содержат.

Существуют решения на основе использования внешних баз данных. Однако, другой возможный подход заключается в анализе доступных документов для того, чтобы распознать повторяющиеся зависимости между словами, которые обычно указывают на взаимосвязь этих документов. Эти методы извлечения скрытой (латентной) семантической информации из документов основываются на статистике и вероятности и используются в различных областях и приложениях интеллектуального анализа текста и общего поиска информации [3].

И все-таки как же находить тексты похожие по смыслу? Какие есть алгоритмы для поиска текстов одной тематики? Подход, который широко используется для этих целей называется латентно-семантический анализ (ЛСА) (англ. Latent semantic analysis, LSA), также известный как латентно-семантическое индексирование (ЛСИ) (англ. Latent semantic indexing, LSI).

Допустим, ставится задача написать алгоритм, который сможет отличать новости о политике от новостей о культуре. Первое, что сразу же приходит на ум, это выбирать слова, которые встречаются исключительно в статьях каждого вида и использовать их для классификации. Очевидная проблема такого подхода: как перечислить все возможные слова и что делать в случае, когда в статье есть слова из нескольких классов. Дополнительную сложность представляют омонимы, т.е. слова, имеющие множество значений. Например, слово «банки» в одном контексте может означать стеклянные сосуды, а в другом контексте это могут быть финансовые институты.

Латентно-семантический анализ производит отображение документов и отдельных слов в так называемое «семантическое пространство», в котором и производятся все дальнейшие сравнения. При этом делаются следующие предположения:

1) Документы — это просто набор слов. Порядок слов в документах игнорируется. Важно только то, сколько раз то или иное слово встречается в документе.

2) Семантическое значение документа определяется набором слов, которые, как правило, идут вместе. Например, в биржевых сводках, часто встречаются слова: «фонд», «акция», «доллар»

3) Каждое слово имеет единственное значение. Это, безусловно, сильное упрощение, но именно оно делает проблему разрешимой.

#### **Латентно-семантический анализ**

Латентно-семантический анализ (ЛСА) (англ. Latent semantic analysis, LSA), также известный как латентно-семантическое индексирование (ЛСИ) (англ. Latent semantic indexing, LSI) — это основной метод, используемый для анализа отношений между документами и терминами в коллекции и для извлечения высокоуровневых понятий и преобразования представления документов в соответствии с идентифицированными отношениями.

В общем случае, ЛСА переносит документы коллекции и термины в них в скрытое (латентное) пространство свойств, в котором размерности и измерения идеально соответствуют высокоуровневым понятиям или компонентам. Поэтому, каждый документ представляется в виде взвешенного сочетания таких компонентов, в то время как каждый термин может в различной степени быть аналогичным образом связан с другими понятиями. Эта схема очень похожа на метод главных компонент (англ. principal component analysis, PCA), который используется для отображения векторного пространства с возможными взаимосвязями между измерениями, на другое пространство, у которого нет таких взаимоотношений.

Пусть дана коллекция из  $n$  документов и  $m$  различных терминов, извлеченных из них. Для применения модели ЛСА, нужно построить  $m \times n$  матрицу «термин-документ»  $\mathbf{X}$ , с ячейками  $x_{i,j}$ , содержащими весовые коэффициенты термина  $t_i$  в документе  $d_j$ . Столбцы матрицы  $\mathbf{X}$  на практике соответствуют мультимножеству слов (англ. «bag-of-words») для документа, при этом могут быть использованы термины, «взвешенные» по какой-либо схеме: например, это может быть широко-известная схема TF-IDF или  $tf.idf$  (от англ. TF – term frequency, IDF – inverse document frequency) или также могут быть эффективны различные схемы, основанные на энтропии. Структура формулы  $tf.idf$  более подробно описывается в конце статьи.

Внутри данной матрицы для оценки взаимосвязи (корреляции) может быть вычислено скалярное произведение между двумя строками (терминами) или двумя столбцами (документами). Полная матрица взаимосвязей для терминов или документов может быть получена путем вычисления  $\mathbf{X}\mathbf{X}^T$  или  $\mathbf{X}^T\mathbf{X}$  соответственно.

В матрице «термин-документ» применяется сингулярное разложение (англ. singular value decomposition, SVD), математическая методика, которая вычисляет разложение исходной матрицы  $\mathbf{X}$  на три матрицы.

$$\mathbf{X} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^T$$

Из полученных матриц, матрицы  $\mathbf{U}$  и  $\mathbf{V}$  являются ортогональными матрицами размерностей  $m \times r$  и  $n \times r$  соответственно, а матрица  $\mathbf{\Sigma}$  — это  $r \times r$  диагональная матрица, содержащая собственные значения. Обоснование заключается в том, что каждое из  $r$  собственных значений соответствует одному из вышеупомянутых высокоуровневых компонентов, отслеживаемых в коллекции документов, и обозначает, насколько этот компонент актуален во всей коллекции.

Собственные значения сортируются по диагонали матрицы  $\mathbf{\Sigma}$  в порядке убывания, так что те собственные значения, которые идут первыми, связаны с наиболее важными компонентами. Это позволяет легко отрезать наименее важные компоненты до числа  $k \leq r$ , просто удалив соответствующие строки и столбцы в матрицах. Это сокращение потенциально позволяет удалить «шум» в данных, который может быть составлен, например, из терминов или групп, появляющихся только в нескольких документах и плохо связанных с другими.

Как только такое значение  $k$  установлено, можно рассчитать построенную аппроксимированную версию исходной матрицы «термин-документ»  $\mathbf{X}$  путем перемножения трех усеченных матриц: результирующая матрица  $\mathbf{X}'$  будет иметь свой ранг, уменьшенный от  $r$  до  $k$ . Матрица  $\mathbf{X}'$  структурно идентична матрице  $\mathbf{X}$  (ее строки и столбцы являются представлениями для тех же терминов и документов, что и в матрице  $\mathbf{X}$ ), но весовые коэффициенты скорректированы теперь так, что «шум» устранен, и учтены очевидные взаимосвязи между терминами (или между документами). Например, если два термина  $t_a$  и  $t_b$  часто встречаются вместе в документах, то документ содержащий только термин  $t_a$  из этих двух терминов, будет в любом случае иметь вес для термина  $t_b$  больше нуля (и наоборот).

Из восстановленной матрицы  $\mathbf{X}'$  или непосредственно из усеченных матриц, используемых для ее вычисления, сходство между терминами и между документами может быть вычислено в соответствии с скорректированными весовыми коэффициентами, которые в общем случае будут отличаться от соответствующих весов, вычисленных из исходной матрицы. В общем случае, когда должны быть найдены документы, наиболее удовлетворяющие запросу, используется общий подход, в котором запрос представляется, как документ, который должен быть сравнен или сопоставлен с каким-то известным документом. Он должен быть сначала отображен в скрытое (латентное) пространство для того, чтобы пройти такую же коррекцию значений: эта процедура известна как свертка. В скрытом пространстве можно найти связанные документы, которые не содержат точных слов запроса, но при этом строго соответствуют им [1].

*Структура формулы TF-IDF или tf.idf*

TF — частота слова (англ. term frequency) — отношение числа вхождений некоторого термина к общему числу слов документа. Таким образом, оценивается важность термина  $t_i$  в пределах отдельного документа.

$$tf(t, d) = \frac{n_t}{\sum_k n_k},$$

где  $n_t$  есть число вхождений термина  $t$  в документ, а в знаменателе — общее число слов в данном документе.

IDF — обратная частота документа (англ. inverse document frequency) — инверсия частоты, с которой некоторое слово встречается в документах коллекции. Основоположником данной концепции является Карен Спарк Джонс. Учёт IDF уменьшает вес широкоупотребительных слов. Для каждого уникального слова в пределах конкретной коллекции документов существует только одно значение IDF.

$$idf(t, D) = \log \frac{|D|}{|\{d_i \in D | t \in d_i\}|}$$

где

$|D|$  — число документов в коллекции;

$|\{d_i \in D | t \in d_i\}|$  — число документов из коллекции  $D$ , в которых встречается  $t$  (когда  $n_t \neq 0$ ).

Выбор основания логарифма в формуле не имеет значения, поскольку изменение основания приводит к изменению веса каждого слова на постоянный множитель, что не влияет на соотношение весов.

Таким образом, мера TF-IDF является произведением двух сомножителей:

$$tf.idf(t, d, D) = tf(t, d) \times idf(t, D)$$

Большой вес в TF-IDF получают слова с высокой частотой в пределах конкретного документа и с низкой частотой употреблений в других документах.

#### **Заключение**

Несмотря на трудоемкость и непрозрачность ЛСА, он может успешно применяться для разного рода задач, где важно поймать семантику сообщения, обобщить или расширить «смыслы» поискового запроса.

#### **Список литературы**

1. Roberto Pasolini. Learning methods and algorithms for semantic text classification across multiple domains — 2015 — 198 p.
2. Федюшкин Н.А., Федосин С.А. Краткий обзор методов и моделей интеллектуального анализа текста— Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции — № 4 — г. Омск — 2017 — 102 с.
3. Федюшкин Н.А., Федосин С.А. Основные технологии интеллектуального анализа текста — Развитие технических наук в современном мире. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции — № 3 — г. Воронеж — 2016 — 128 с.

### **СЕКЦИЯ №3.**

#### **ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

### **СЕКЦИЯ №4.**

#### **МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

#### **ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ**

**Ковтунов А.И., Нестеренко И.С. Бирюков Р.А.**

ФГБОУ ВО Тольяттинский государственный университет

#### **Введение**

Газопламенное напыление, благодаря простоте и дешевизне процесса, широко применяется для восстановления геометрии изношенных деталей, а так же придания поверхности деталей износоустойчивых, коррозионно-стойких, декоративных свойств [1,2].

К недостаткам газопламенного напыления относится ограниченная прочность сцепления покрытия с основным металлом[3]. Предварительная обработка поверхности основы относится к числу важнейших факторов, определяющих прочность сцепления напыленного покрытия с основным металлом. Для того чтобы напыляемые частицы, которые ударяются и деформируются об основу, прочно сцеплялись с неровностями поверхности, основа должна быть достаточно шероховатой. Кроме того, так же возможно создание искусственной неровности в виде рваной резьбы или профиля накатки увеличивающей площадь напыления [3].

#### **Методика исследования**

Исследования влияния характера предварительной подготовки основного металла на прочность сцепления покрытия проводили с использованием установки с горелкой FS-15 (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Горелка FS-15

Регулирование давления газов осуществлялось газовыми редукторами БКО-50-5-АЛ и БПО-5-СВ-АЛ. Регулирование расхода кислорода и горючего газа осуществлялось ротаметром марки GTV. Подача сжатого воздуха обеспечивалась винтовым компрессором Comrag A-1108 при стабилизации давления редуктором-осушителем Rheumax.

Для стабилизации пространственного положения горелки FS-15 изготовлена колонна (Рисунок 2) с перемещением в трех плоскостях. Вертикальное перемещение осуществляется электроприводом через винтовую пару. Перемещения в горизонтальной плоскости осуществляется вручную.



Рисунок 2 – Общий вид установки с позиционирующей колонной

Было предложено оценивать прочность сцепления по усилию отрыва напыленного слоя от основного металла. Напыление производилось на образцы из стали 20 диаметром 70 мм и толщиной 25мм, со сквозным отверстием диаметром 16мм в центре, и фаской для установки стержня, который плотно закрывает отверстие (Рисунок3). После напыления через стержень напыленный слой отрывали от основного металла. Прочность сцепления при этом рассчитывается по формуле:

$$\sigma_c = \frac{F}{P},$$

где: F- усилие отрыва папыленного слоя, Н;

P - площадь контакта оторванного (напыленного) слоя и основного металла, мм<sup>2</sup>.

Для исследования влияния обработки поверхности на прочность сцепления поверхность образцов подвергалась механической обработке, струйно-абразивной обработке никельшлаком с фракцией 0.5-1.5, нарезанию рваной резьбы по спирали Архимеда, а так же комбинированию их. Затем поверхность обезжиривалась ацетоном и наносился основной слой покрытия из проволоки Св-08Г2С. Напыление

выполнялось под углом 90 градусов, в центр образца, с расстояния 150мм от среза сопла металлизатора. Напыление на все образцы производилось по режиму, данному в таблице 1.

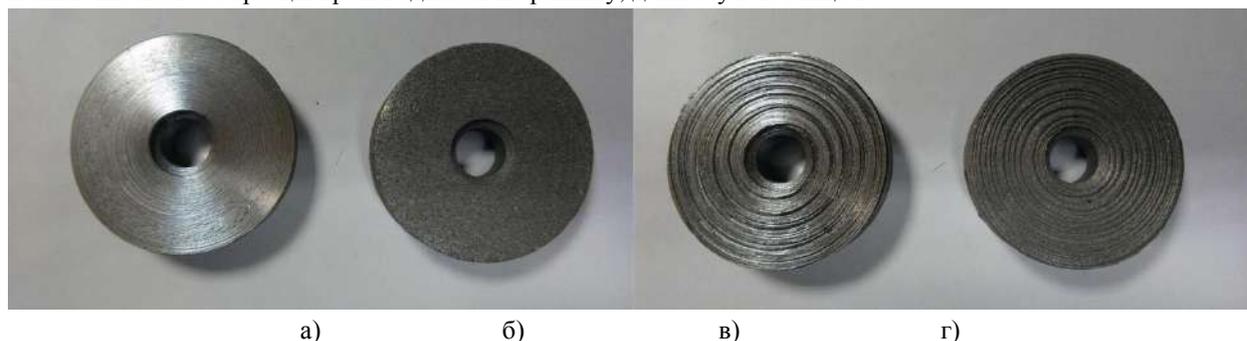


Рисунок 3 - Внешний вид образцов из стали 20 перед напылением: а) механическая обработка; б) абразивно-струйная обработка; в) спираль Архимеда; г) спираль Архимеда и абразивно-струйная обработка.

Таблица 1 - Режим напыления

Давление воздуха, МПа	Давление кислорода, МПа	Расход кислорода, л/мин	Давление пропана, МПа	Расход пропана, л/мин	Скорость подачи проволоки, м/сек
0,5	0,7	58	0,2	30	0,4

#### Результаты исследования

Проведенные исследования показали, что нанесение покрытия газопламенным напылением без предварительной обработки зачастую приводит к отслоению его от основного металла или же значения прочности сцепления ниже 1 МПа (Таблица 2). Применение абразивно-струйной обработки никельшлаком 0.5-1.5 позволяет повысить прочность сцепления покрытия с основным металлом, еще более высоких значений можно добиться, используя предварительное нанесение рваной резьбы. Предварительный подогрев при этом, так же значительно повышает прочность сцепления, практически на 50%. Максимальная прочность сцепления достигается при применении комбинированной обработки: рваная резьба и пескоструйная обработка никельшлаком 0.5-1.5, и предварительный подогрев.

Таблица 2- Зависимость прочности сцепления от характера подготовки поверхности основного металла диаметром 70мм

№ образца	Характер подготовки поверхности	Подогрев	Усилие отрыва; Н	Прочность сцепления сцепления МПа
1	Механическая обработка	350°C 60 мин	1380	Менее 1
2	Абразивно-струйная обработка никельшлаком 0.5-1.5	-	1153	1.2
3	Рваная резьба	-	1480	2.1
4	Рваная резьба	350°C 60 мин	1400	3.3
5	Рваная резьба, абразивно-струйная обработка	-	1500	4.4
6	Рваная резьба, абразивно-струйная обработка	350°C 60 мин	2490	7.4

#### Выводы:

Повышение шероховатости напыляемой поверхности за счет абразивной обработки, позволяет повысить прочность сцепления основного металла и напыленного слоя. Нарезание рваной резьбы, позволяет повысить значения прочности сцепления не менее, чем на 50%. Наиболее высокие значения прочности

сцепления покрытия с основным металлом можно получить при комбинированной обработке поверхности: нарезание рваной резьбы плюс абразивная обработка и применение подогрева.

### Список литературы

1. Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л.Х. Балдаев[и др.]- М.:Маркет ДС, 2007. - 344с.
2. Соколов И. О. Технология упрочнения тяжело нагруженных деталей газо-термическим напылением [Текст] :Монография / И. О. Соколов,Н. В. Спиридонов, М. В. Нерода; Под ред. Е.Г.Хохол. — Барановичи :РИО БарГУ, 2012. — 183с.
3. Хасуи А. Наплавка и напыление [Текст]: А. Хасуи, О. Моригаки; пер. с яп. В.Н. Попова, ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. – Москва: «Машиностроение», 1985. – 240 с.

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА СКОРОСТЬ НАГРЕВА ВОДЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕ

Леонтьев В.В.

СевГУ, Политехнический институт, РФ, г. Севастополь

В настоящее время в качестве источника горячей воды в системах горячего водоснабжения бытовых и промышленных помещений широко используются электрические водонагреватели накопительного типа – бойлеры. Схема такого устройства приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема электрического водонагревателя накопительного типа

При выполнении теплового расчета с целью определения скорости нагрева воды возможны два подхода. Первый пренебрегает теплоизоляцией, второй учитывает толщину и теплопроводящие свойства изоляции.

**Цель исследования** – выяснить, как влияет теплоизоляция внутреннего бака бойлера на скорость нагрева воды и дать рекомендации по подходу к тепловому расчету.

**Постановка задачи.** В качестве объекта исследования был выбран бытовой бойлер «ROUND» объемом бака 80 литров с мощностью ТЭНа 1500 Вт. Размеры цилиндрической части внутреннего бака: высота 600 мм, диаметр 400 мм; толщина теплоизоляции – 42 мм, материал теплоизоляции – полиуретановая пена. Начальная температура воды в бойлере 20 градусов, температура наружного воздуха 20 градусов Цельсия. Требуется определить:

1) величину и характер распределения температуры воды в баке в процессе нагрева через 3 часа после включения бойлера без учета теплоизоляции;

2) величину и характер распределения температуры воды в баке в процессе нагрева через 3 часа после включения бойлера с учетом теплоизоляции;

3) распределение температуры по толщине теплоизолирующего слоя через 3 часа после включения бойлера.

При решении задачи приняты следующие **основные допущения**:

1) в процессе нагрева подача холодной воды в бойлер и отбор горячей из него не производится;

2) ТЭН создает объемный тепловой поток плотностью 18750 Вт/куб.м. Данное значение получено делением мощности ТЭНа на объем внутреннего бака.

**Основные результаты исследования.** Расчет температуры воды в бойлере без учета теплоизоляции (пункт 1 постановки задачи) выполнен методом конечных элементов по объемной модели с помощью программы COMSOL MULTIPHYSICS. Результаты показаны на рисунке 2.

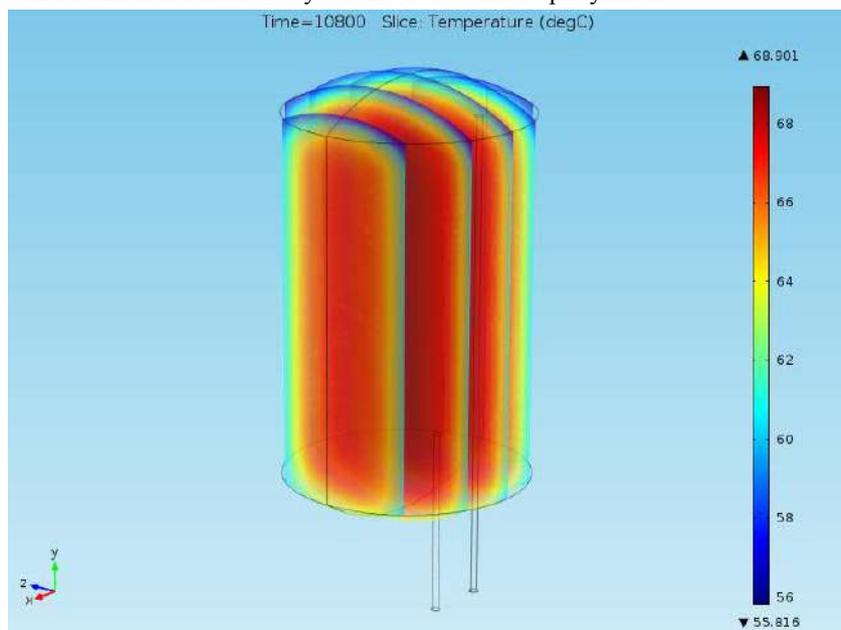


Рисунок 2 – Температура воды в бойлере через 3 часа нагрева без учета теплоизоляции

Как видно, почти во всем объеме вода имеет температуру около 69 градусов Цельсия. Вблизи же стенок температура достигает 56-60 градусов, что объясняется влиянием температуры окружающей среды при отсутствии теплоизоляции.

Тепловой расчет с учетом теплоизоляции (пункт 2 постановки задачи) выполнен также методом конечных элементов по осесимметричной модели с помощью программы COMSOL MULTIPHYSICS. Результаты показаны на рисунке 3.

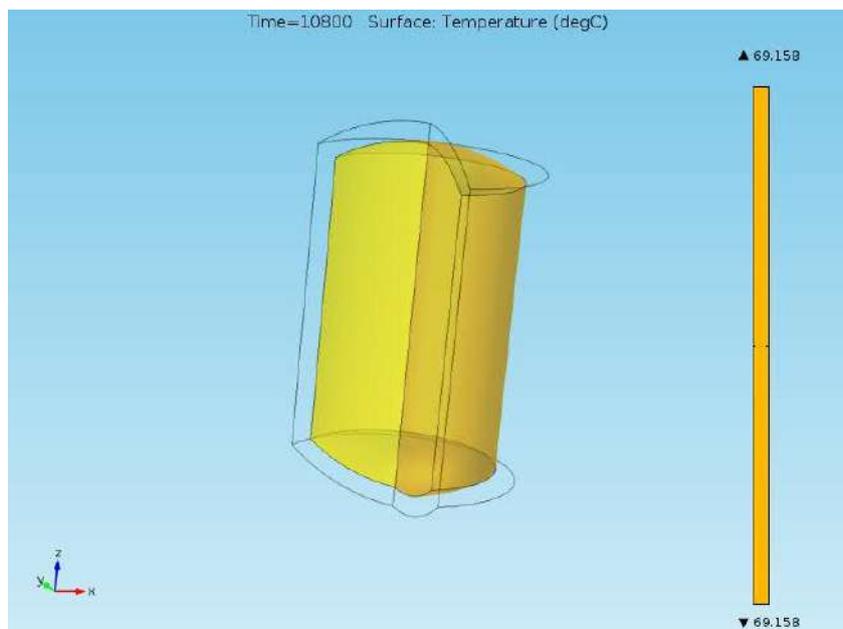


Рисунок 3 – Температура воды в бойлере через 3 часа нагрева с учетом теплоизоляции

Как видно, температура воды как в объеме, так и вблизи стенок бака одинакова и составляет около 69 градусов Цельсия. Такое постоянство температуры объясняется, очевидно, учетом теплоизоляции. Распределение температуры по толщине теплоизолирующего слоя (пункт 3 постановки задачи) показано на рисунке 4.

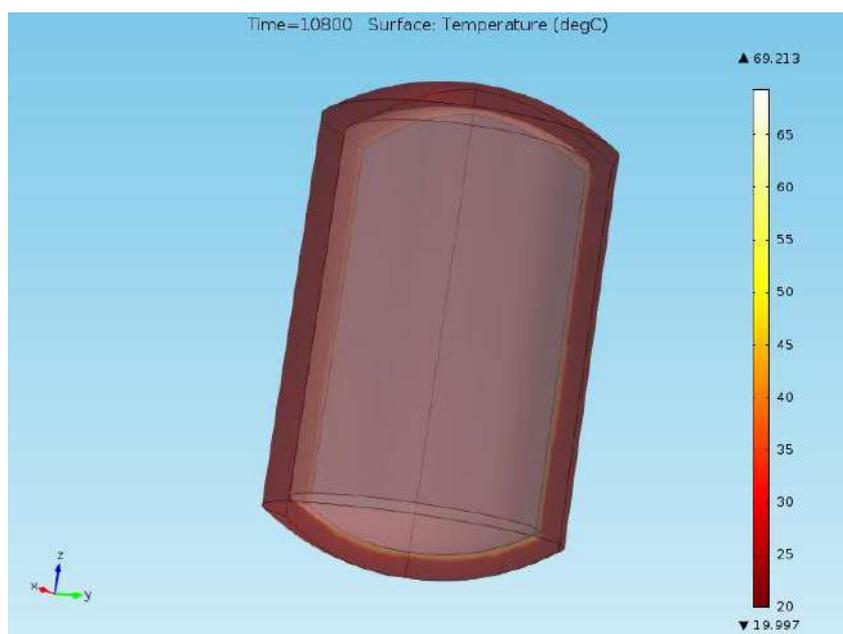


Рисунок 4 – Температура теплоизолирующего слоя через 3 часа нагрева

Как видно, температура теплоизолирующего слоя меняется от 69 градусов (температура горячей воды) вблизи бака до 20 градусов (температура наружного воздуха) на внешней поверхности. Такое распределение вполне соответствует физическому смыслу задачи и позволяет сделать вывод о правильности расчета.

Представляет интерес динамика процесса нагрева воды при учете теплоизоляции. Зависимость температуры воды от времени нагрева по результатам расчета в различные моменты времени с помощью программы COMSOL MULTIPHYSICS показана на рисунке 5.

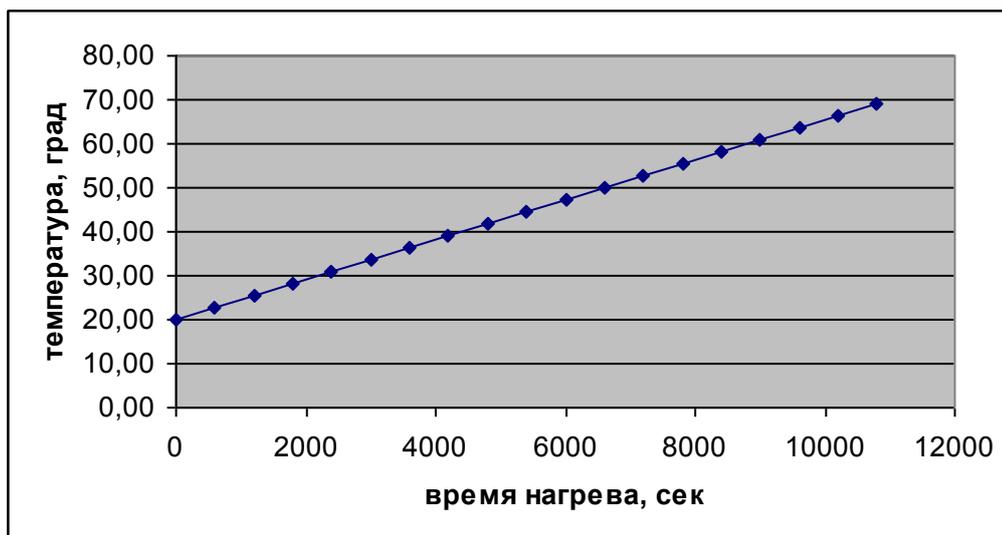


Рисунок 5 – Зависимость температуры воды в бойлере от времени нагрева

Как видно, температура линейно зависит от времени нагрева. Знание этого позволяет определить ее величину в любой момент процесса.

**Выводы.** Теплоизоляция внутреннего бака бойлера практически не влияет на скорость нагрева воды. Температура в 70 градусов Цельсия достигается через 3 часа нагрева при условии отсутствия в процессе нагрева подачи холодной воды в бойлер и отбора горячей из него. Это соответствует данным, приведенным в Руководстве пользователя.

Основные **рекомендации по тепловому расчету** сводятся к возможности выполнять расчет нагрева (не охлаждения!) **без учета теплоизоляции**. Производителю в Руководстве пользователя следует указать на линейную зависимость между температурой воды и временем нагрева при отсутствии в процессе нагрева подачи холодной воды в бойлер и отбора горячей из него.

## СЕКЦИЯ №5.

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

#### ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Стенин В.А.

САФУ, РФ, г. Архангельск

Отопительные приборы являются основными элементами, как судовых систем отопления, так и систем отопления зданий и сооружений. Критерием для теплотехнической и технико-экономической оценки металлических отопительных приборов служит тепловое напряжение металла  $M$ , представляющее собой отношение величины теплового потока прибора при разности средних температур поверхности прибора и окружающего воздуха помещения, отнесенной к массе металла прибора [5]:

$$M = \frac{Q}{G \cdot \Delta t}, \quad (1)$$

где  $Q$  - количество теплоты, отдаваемой прибором в единицу времени, Вт;  $G$  - масса прибора, кг;  $\Delta t = t_n - t_{\text{в}}$  - разность средних температур поверхности прибора и окружающего воздуха, К.

Чем больше тепловое напряжение металла отопительного прибора, тем он лучше. Современные приборы работают с тепловым напряжением металла  $0,19...1,6 \text{ Вт/кг} \cdot \text{К}$ .

С эстетической точки зрения важным является хорошая сочетаемость отопительного прибора с внутренней отделкой помещения, а также благоприятный для глаза цвет наружного покрытия прибора. Известно, что желтый цвет радует глаз, бодрит дух; синий цвет печалит, а красный действует угнетающе [3]. В то же время нет однозначного ответа, как влияет цвет на интенсивность теплоотдачи от окрашенной поверхности. К примеру, в [5] указывается, что окрашивание отопительных приборов в светлые тона уменьшает теплопередачу на 1...2 %; при окраске приборов в темные тона теплопередача увеличивается на 3...5 %. Напротив, в [3] утверждается, что окраска цинковыми белилами повышает теплопередачу чугунного радиатора на 2,2 %. Рассмотрим теоретические основы данного вопроса.

Тепло, отдаваемое отопительным прибором окружающему воздуху, определяется уравнением Ньютона - Рихмана [5]:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим

$$M = \frac{\alpha \cdot F}{G}. \quad (3)$$

Уравнение (3) показывает, что при неизменных значениях массы прибора  $G$  и поверхности теплообмена  $F$  тепловое напряжение  $M$  металла отопительного прибора однозначно определяется величиной коэффициента теплоотдачи, значение которого можно найти следующим образом:

$$\alpha = \alpha_{\kappa} + \alpha_{\text{л}}. \quad (4)$$

В среднем коэффициент конвективного теплообмена равен  $\alpha_{\kappa} = 6,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ , а коэффициент лучистого теплообмена  $\alpha_{\text{л}}$  может быть определен по формуле:

$$\alpha_{\text{л}} = c \cdot \varepsilon \cdot b \cdot \varphi, \quad (5)$$

где  $c$  - коэффициент излучения абсолютно черного тела,  $c = 5,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ ;  $\varphi$  - коэффициент облученности, величину которого для радиаторов рекомендуется в [5] принимать равным 0,5;

$\varepsilon$  - степень черноты поверхности радиатора;  $b$  - температурный коэффициент (в соответствии со стандартом его можно принять для отопителей равным  $b = 1,3 \text{ К}^3$ ).

Степень черноты поверхности, как правило, определяется экспериментально. Значения для серых тел ограничиваются диапазоном  $0 < \varepsilon < 1$ . Для опытного определения лакокрасочных материалов, применяемых в машиностроении (эмалей типа ХВ..., ЭФ..., ПФ..., красок типа П-ХВ..., ГФ..., лаков типа АС..., НЦ..., БТ... [2] и других) была использована экспериментальная установка, показанная на рисунке 1 и изготовленная в соответствии с рекомендациями [4].

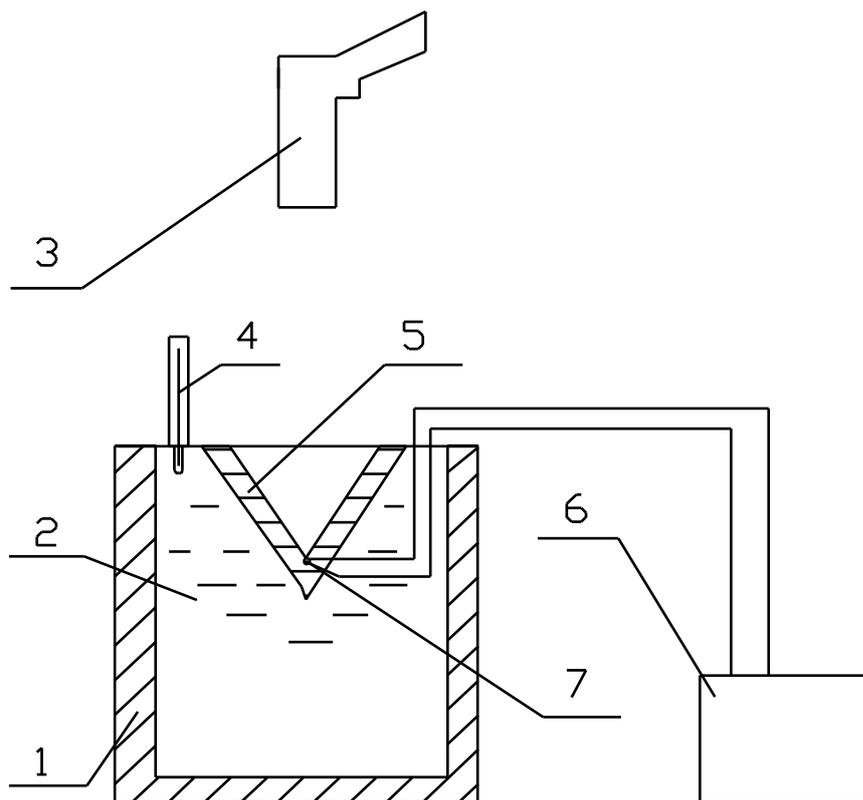


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для определения степени черноты лакокрасочного покрытия:

1 - термостат ТС-24; 2 - рабочая среда - масло; 3 - тепловизор типа «Heat Spy»; 4 - электроконтактный термометр; 5 - излучающая полость типа «обратный конус»; 6 - потенциометр типа Р4833; 7 - термопара типа ХК.

Излучающая полость типа «обратный конус» предварительно окрашивалась краской определенного цвета и помещалась в термостат, заполненный трансформаторным маслом. Температура среды в термостате поддерживалась автоматически на заданном уровне с помощью электроконтактного термометра типа ЭКТ. Температура излучающей полости 5 контролировалась термопарой 7 с помощью потенциометра 6. Термопара помещена в вершину обратного конуса со стороны термостатической жидкости. Диаметр излучающей полости 70 мм. Степень черноты излучающей поверхности определялась тепловизором «Heat Spy». Для этого с расстояния в 1 м окуляр тепловизора наводился на исследуемую поверхность и изменением положения потенциометра коэффициента излучения обеспечивалась такая же считываемая температура, как и при измерении температуры термопарой ХК (7). Исследования по определению  $\varepsilon$  для эмалей типа МЛ1195 белого, зеленого, синего и черного цветов, а также лака БТ566 черного цвета проводились в температурном интервале от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$ . Установлено в эксперименте, что для эмалей МЛ1195 среднее значение  $\varepsilon$  равно 0,9 независимо от цвета покрытия. Степень черноты черного лака БТ566 оказалась меньше ( $\varepsilon = 0,8$ ), а величина  $\varepsilon$  белил цинковых в среднем составила  $\varepsilon = 0,95$ .

Таким образом, проведенные исследования показали, что возможно улучшение технико-экономических и эстетических свойств отопительных приборов достаточно простым путем - рациональной окраской поверхности прибора. Для этого следует использовать краски и эмали светлых тонов, но имеющих большую шероховатость, которая в ТУ определяется степенью перетира. У лаков она равна 0, у эмалей - от 15 мкм до 60 мкм, у красок - от 40 мкм до 70 мкм. Расчеты показывают, что использование для покрытия эмали белого цвета ( $\varepsilon = 0,9$ ) по отношению к черному лаку БТ566 ( $\varepsilon = 0,8$ ) увеличивает тепловое напряжение металла отопительного прибора в среднем на 3,5%.

## Список литературы

1. Варфаломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети - М.: ИНФА-М, 2006. – 480с.
2. Лакокрасочные материалы / М.И.Карякина и др.- М.:Химия,1985.
3. Миннарт М. Свет и цвет в природе. - М.: ИЛ, 1959.- 424 с.
4. Пилат И.М. Модель низкотемпературного абсолютно черного тела. // ПТЭ, 1993, № 6, с.203...204.
5. Щелоков Я.М. Выбор отопительных приборов // Новости теплоснабжения, 2005, №9, с.32...36.

### СЕКЦИЯ №6.

#### ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

### СЕКЦИЯ №7.

#### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

#### ЖИДКОФАЗНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

Кулик В.И., Нилов А.С.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Среди перспективных конструкционных материалов особое место занимают керамоматричные композиты (КМК). Эти материалы характеризуются уникальным комплексом физико-механических, электромагнитных, теплофизических и триботехнических свойств и способны функционировать в условиях воздействия высоких температур, агрессивных и радиационных сред. В качестве матриц для КМК используются различные керамические материалы на основе оксидов, карбидов, нитридов и боридов, например,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $SiC$ ,  $Si_3N_4$ ,  $BN$ ,  $AlN$ ,  $TiB_2$ ,  $B_4C$  и др. Отметим, что среди волокнистых КМК наиболее широкое практическое применение получили композиты с  $SiC$  матрицей, армированные различного типа карбидокремниевыми и углеродными волокнистыми материалами (нитьями, лентами, тканями и др.).

Важнейшая проблема широкого практического применения КМК заключается в разработке экономически эффективной технологии их получения. Как правило, производство изделий из КМК представляет собой сложный и длительный процесс, основная стадия которого – уплотнение волокнистых каркасов (преформ) и пористых сред матричным материалом. Именно на этой стадии во многом формируется комплекс микроструктурных и эксплуатационных характеристик КМК.

Принципиально КМК могут быть получены с помощью различных твердо-, жидко- и газопарофазных методов. Тем не менее, жидкофазные методы получения изделий из КМК на текущий момент времени являются наиболее коммерчески привлекательными [1].

Здесь можно выделить четыре основных варианта реализации жидкофазных методов: (1) пропитка армирующего материала расплавом матрицы; (2) пропитка преформы органометаллическим полимером и его пиролиз с образованием матричного остатка; (3) методы, основанные на механизме реакционного спекания материала пористой заготовки в процессе фильтрации через нее химически активных реагентов; (4) методы, основанные на золь-гель процессах.

Первый вариант предполагает **пропитку армирующего наполнителя** (который может быть и в виде подготовленного волокнистого каркаса) **расплавом матричного материала**. Этот метод достаточно широко используется для получения КМК с керамическими матрицами, имеющими относительно низкую температуру плавления. Это, прежде всего стекловидная керамика на основе боросиликатных, алюмосиликатных, алюмоборосиликатных, литиевосиликатных и др. типов стекол. Основные проблемы здесь связаны с высокой вязкостью расплавов керамических матриц, затрудняющей качественную межволоконную пропитку армиру-

щих структур и возможностью окисления волокон при контакте с расплавленной керамикой, что приводит к потере ими механических свойств [2].

Второй вариант – **жидкофазные технологии, основанные на процессах высокотемпературного пиролиза полимерных связующих**, которыми пропитывают пористый каркас (процессы PIP – Polymer Infiltration and Pyrolysis или LPI – Liquid Polymer Infiltration). В результате термической обработки в инертной среде полимеры разлагаются с образованием твердого матричного остатка. В качестве исходного полимерного связующего здесь используются соответствующие органометаллические соединения. Так, например, для получения карбидокремниевой матрицы применяют поликарбосиланы, которыми пропитывается волокнистый каркас. В результате последующей термической обработки поликарбосиланы разлагаются с выделением твердого остатка, обогащенного карбидом кремния. Для получения высококачественного КМК цикл “пропитка – пиролиз” повторяют несколько раз. Общая схема процесса PIP приведена на рис. 1.



Рис. 1. Общая схема процесса PIP

Данная технология изготовления КМК имеет следующие преимущества: хороший контроль состава матрицы; относительно низкие температуры уплотнения; возможность объединить разные части с помощью методов, используемых в технологии композитов с полимерной матрицей, для очень сложных изделий; он может быть применен к изделиям сложной формы.

К основным недостаткам технологии PIP можно отнести: необходимость проведения нескольких циклов «инфильтрации – уплотнения – пиролиза» для получения плотного КМК; большие усадки в процессе пиролиза, приводящие к растрескиванию матрицы.

Третий вариант жидкофазной технологии основан на **механизме реакционного спекания** материала пористой заготовки в процессе фильтрации через нее химически активных реагентов (процессы инфильтрации реакционной расплава RMI – Reactive Melt Infiltration). Здесь наиболее известны методы жидкофазного силицирования – инфильтрации углеродсодержащей заготовки расплавом кремния (процессы LSI – Liquid Silicon Infiltration). В результате химического взаимодействия между расплавом кремния и углеродными компонентами образуется конечный продукт – карбидокремниевая матрица.

Применительно к волокнисто-армированным КМК эта жидкофазная технология имеет несколько модификаций, отличающихся, прежде всего способом введения в волокнистый каркас углеродного наполнителя. Наиболее часто встречаются две модификации: 1) пропитка армирующего материала суспензией, содержащей углеродный порошок; 2) пропитка полимерным связующим с последующей карбонизацией связующего и образованием в межволоконном пространстве кокса – углеродной матрицы, то есть получение полуфабриката на основе углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ).

Обязательным условием для успешной реализации первой модификация процесса LSI является нанесение на армирующие волокна защитных покрытий (SiC, BN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> и др.). На практике наиболее часто используются два основных варианта процессов получения и подготовки преформ для этой модификации LSI [4]. Эти варианты условно могут быть названы как процессы «препрегов» (Prepreg MI) и «литья суспензии» (Slurry Cast MI) (рис. 2).

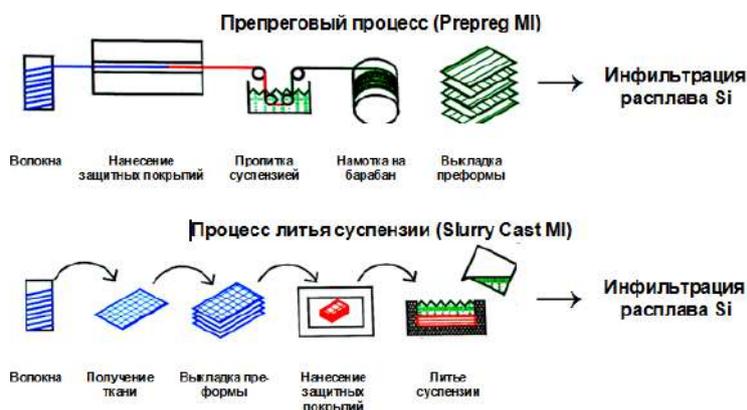


Рис. 2. Схемы технологических подходов «препреговый» (Prepreg MI) и «литье суспензии» (Slurry Cast MI), используемых для получения КМК методом LSI

В обоих вариантах суспензия на этапе пропитки состоит из порошков SiC и C, смешанных с полимерной связкой. Во время высокотемпературного пиролиза полимер превращается в пористую углеродную матрицу, которая сохраняет форму заготовки. Окончательное уплотнение осуществляется путем инфильтрации этой пористой заготовки расплавленным кремнием, в ходе которой Si вступает в реакцию с матричным углеродом в заготовке, и формирует непрерывную SiC фазу в матрице.

Согласно второй модификации углеродсодержащий полуфабрикат получают, например, по схеме «углепластик – УУКМ – КМК». Одна из разновидностей данной технологии приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема процесса получения КМК с SiC матрицей методом силицирования карбонизированного углепластика

КМК, получаемые по этой технологии могут иметь различные структуры, полученные либо послойной укладкой ткани или однонаправленных слоев, либо хаотичным армированием из волокон различной длины. Надо отметить, что применение технологии прессования хаотично армированных заготовок, позволяет значительно удешевить и упростить производство деталей различного назначения.

Данные технологические процессы по сравнению с другими методами получения КМК обладают рядом достоинств: доступное и недорогое сырье; относительно простое технологическое оборудование для его реализации; экономическая эффективность процесса, обусловленная его небольшой продолжительностью и компактностью с возможностью реализации нескольких стадий в одном цикле термообработки; возможность изготовления изделий в широком диапазоне размеров и форм; высокая относительная плотность получаемого материала (95-99%), и как следствие его достаточно высокая герметичность и теплопроводность; матрица имеет плотную, практически беспористую структуру.

К основным недостаткам технологии LSI можно отнести следующие: деградация армирующих волокон от воздействия расплава кремния; возможное присутствие в матрице свободного остаточного кремния, понижающего жаростойкость и сопротивление ползучести композита; протекание процесса при относительно высоких температурах (выше 1700 К).

Большие возможности повышения физико-механических характеристик КМК связаны с разработкой методов, обеспечивающих формирование мелкозернистой структуры керамической матрицы. Наиболее перспективной технологией получения таких композитов является **формование керамической матрицы из растворов с использованием золь-гель процессов**. Золь-гель процесс – технология материалов, в том числе наноматериалов, включающая получение золя с последующим переводом его в гель, то есть в коллоидную систему, состоящую из жидкой ультрадисперсной среды. Низковязкий жидкий золь легко пропитывает каркас из непрерывных волокон, проникая и в межволоконное пространство. С другой стороны можно получить однородное распределение дисперсных частиц наполнителя или дискретных волокон (например, вискероов), смешивая их с матрицей в золь или золь состояниях. После высушивания композиционный материал, как правило, получают методом горячего прессования. К недостаткам этой технологии можно отнести большую усадку и низкий выход матрицы, вследствие чего процесс пропитки приходится повторять несколько раз.

Наиболее часто золь-гель технология применяется для получения оксидной керамики ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$  и др.) [2]. Вместе с тем есть информация об использовании этой технологии и для получения неоксидной керамики, например,  $SiC$  и  $Si_3N_4$ , которая синтезировалась как в виде наночастиц, так и в виде нитевидных кристаллов (вискероов) [3].

### Список литературы

1. Гаршин А.П. Анализ современного состояния и перспектив коммерческого применения волокнистоармированной карбидкремниевой керамики / А.П. Гаршин, В.И. Кулик, А.С. Нилов // Новые огнеупоры, 2012. - №2. - с. 43-52.
2. Мэттьюз Ф. Композитные материалы. Механика и технология / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. - М.: Техносфера, 2003. – 408 с.
3. Семченко Г.Д. Синтез новообразований при термообработке в азотной среде и при ГП шихт из  $SiC$  и  $Si_3N_4$  с использованием золь-гель композиций / Г.Д. Семченко, Л.А. Анголенко, И.Н. Опрышко и др. // Тез. докладов V Всер. Конф. «Керамика и композиционные материалы». 20-27 июня 2004 г., Сыктывкар, 2004. – с. 14.
4. Handbook of ceramic composites / ed. by Narottam P. — Bansal. — Boston, Dordrecht, London : Kluwer Academic Publishers, 2005. - P. 554.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОГРАДИЕНТНЫХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОГО НАСЫЩЕНИЯ $SiC$ -МАТРИЦЕЙ МНОГОНАПРАВЛЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КАРКАСОВ

Кулик В.И.<sup>1</sup>, Нилов А.С.<sup>1</sup>, Кулик А.В.<sup>2</sup>, Рамм М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Группа СТР, г. Санкт-Петербург

Новый этап в развитии термостойких конструкционных материалов связан с разработкой и практическим внедрением керамоматричных композитов (КМК), армированных волокнистыми наполнителями. Особое практическое значение в настоящее время имеют КМК с  $SiC$  матрицей — перспективные материалы для применения в изделиях работающих в экстремальных условиях.

Одним из базовых методов получения КМК является метод газофазного насыщения пористых сред (Chemical Vapor Infiltration – CVI), основанный на уплотнении волокнистых каркасов в процессе фильтрации газовых реагентов, их термохимического разложения и осаждения матрицы на поверхности нагретых волокон [4]. Достоинство метода – возможность получения КМК при относительно низких температурах и минимальном термическом, химическом и механическом воздействии на армирующие волокна. В настоящее время в практике производства КМК получили развитие пять модификаций метода CVI: изотермический; термоградиентный; изотермический и термоградиентный с принудительной фильтрацией;

метод с пульсацией давления. Среди этих модификаций широкое применение нашел термоградиентный метод CVI (TG CVI), характеризующийся наличием градиента температуры по толщине каркаса.

Важной задачей при разработке TG CVI является определение оптимальных параметров процесса, обеспечивающих минимальное время насыщения каркаса с требуемыми характеристиками качества. Один из путей решения данной проблемы связан с численным исследованием процессов CVI [1, 5-8]. В данной работе использована математическая модель TG CVI, описывающая одномерный (поперек толщины каркаса – ось  $x$ ) теплообмен и массоперенос многокомпонентной газовой смеси в пористых средах с учетом гетерогенных химических реакций между газовой фазой и каркасом. Каркас представляет собой пространственную структуру, армированную прямолинейными пучками волокон в  $n$  направлениях. Такой каркас включает системы пор различного масштаба – от микрон между волокнами в пучке до сотен микрон между пучками. Модель учитывает конвективный массоперенос, обусловленный фазовыми переходами в процессе осаждения матрицы, и описывает уплотнение каркаса с учетом массообмена между разномасштабными системами пор [6].

Модель включает систему уравнений, описывающих массоперенос в каждой из систем пор [1]: уравнения сохранения конденсированного продукта, позволяющие оценить изменения параметров структуры пористой среды во времени; уравнения сохранения отдельных компонентов газовой фазы; уравнения сохранения импульса (закон Дарси); уравнение неразрывности газовой фазы; единое для двухфазной пористой среды уравнение сохранения энергии. Для описания эволюции межпучковой поровой среды использованы характеристики геометрических образов многонаправленных структур [2]. Для решения задачи теплопереноса использована методика определения эффективной теплопроводности пористых материалов с пространственным волокнистым каркасом [3].

В настоящем исследовании в качестве исходной газовой смеси для получения SiC-матрицы была принята смесь из метилтрихлорсилана (МТС)  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$  и водорода. Сложная кинетическая схема пиролиза МТС была представлена в виде простой обратимой реакции [6]:  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{H}_2} \text{SiC}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g})$ .

Процесс TG CVI обычно реализуется таким образом, что внутренняя поверхность каркаса соприкасается с непроницаемой нагреваемой оправкой, а наружная поверхность контактирует с газовой средой в реакторе, температура которой ниже температуры оправки. Исходя из этого, для решения полученной системы уравнений были приняты соответствующие граничные условия.

При численном исследовании TG CVI рассматривался каркас, образованный тремя ортогонально уложенными системами пучков волокон – 3D-структура (рис. 1). Пучки состояли из 500 элементарных SiC-волокон диаметром 15 мкм. В таком каркасе учитывались три системы пор: межпучковые поры (индекс  $b$ ), поры в продольных (вдоль оси  $x$ , индекс  $v$ ) и в поперечных (перпендикулярных оси  $x$ , индекс  $u$ ) пучках. Толщина каркаса  $L=10$  мм. Начальная межпучковая пористость и пористость внутри пучков составляла 0.5, суммарная 0.75. Были приняты следующие значения минимально достигаемой пористости: 0.04 в продольных и 0.1 в поперечных пучках, 0.091 в межпучковых порах.

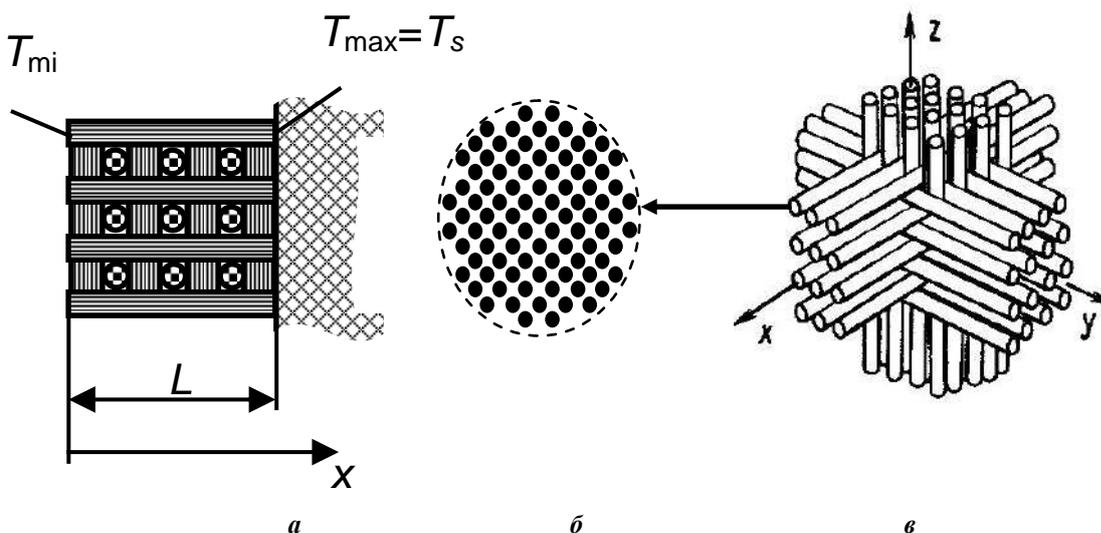


Рис. 1. Структура преформы, образованной пучками волокон ориентированными в трех ортогональных направлениях (3D-структура) (а). Объемная модель 3D-структуры (б) и поперечное сечение индивидуального пучка (в)

В данной работе исследовалось влияние технологических режимов на продолжительность процесса и остаточную пористость. На рис. 2 приведены суммарные остаточные пористости всего композита ( $\phi_{\Sigma}$ ) и в каждой из систем пор ( $\phi_{\Sigma b}$ ,  $\phi_{\Sigma u}$ ,  $\phi_{\Sigma v}$ ), а также время насыщения каркаса в зависимости от температуры оправки  $T_s$  и начального перепада температур  $\Delta T_0$ .

Видно, что уменьшение  $T_s$  и увеличение  $\Delta T_0$  приводит к уменьшению остаточной пористости и к увеличению продолжительности процесса уплотнения каркаса. Установлено, что в исследованном диапазоне параметров процесса только для межпучковых пор реализуются условия (при низких  $T_s$  и больших  $\Delta T_0$ ) их полного насыщения с достижением минимально возможных значений пористости вдоль всей толщины каркаса (рис. 2, б), т.е. фронт уплотнения движется от внутренних областей каркаса к наружным.

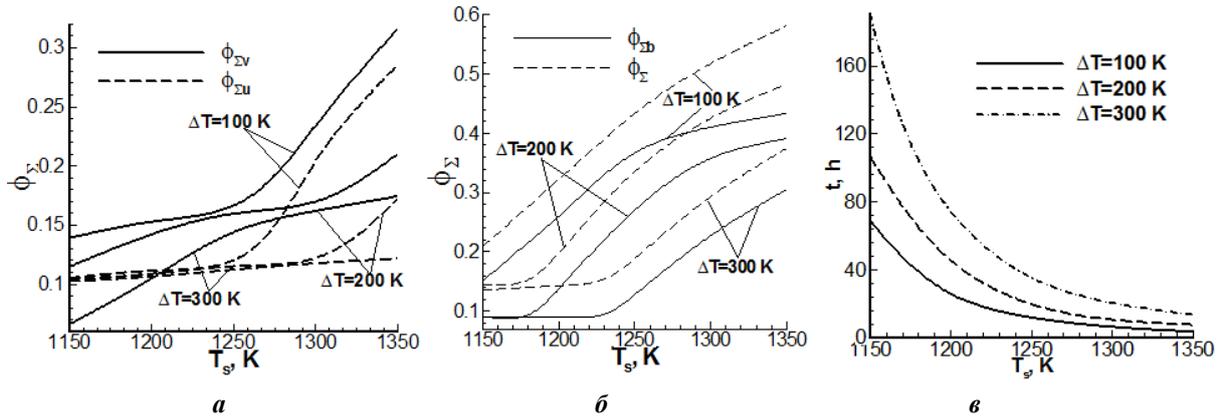


Рис. 2. Влияние  $T_s$  и  $\Delta T_0$  на остаточные значения суммарной пористости внутри продольных ( $\phi_{\Sigma v}$ ) и поперечных ( $\phi_{\Sigma u}$ ) пучков (а), в межпучковых порах ( $\phi_{\Sigma b}$ ) и в композите ( $\phi_{\Sigma}$ ) (б) и на время процесса (в). Концентрация МТС ( $C_{MTC}$ ) – 0,8; давление в реакторе – 10 кПа

На рис. 3 приведены кривые распределения вдоль толщины каркаса остаточной пористости, полученные при различных  $T_s$ . Видно, что наибольшая однородность распределения пористости композита обеспечивается при  $T_s$  близких к 1150 К. Таким образом, эти температуры можно считать оптимальными для производства наиболее плотного и однородного материала. Однако время процесса при этом достигает максимальных значений – 100-200 ч.

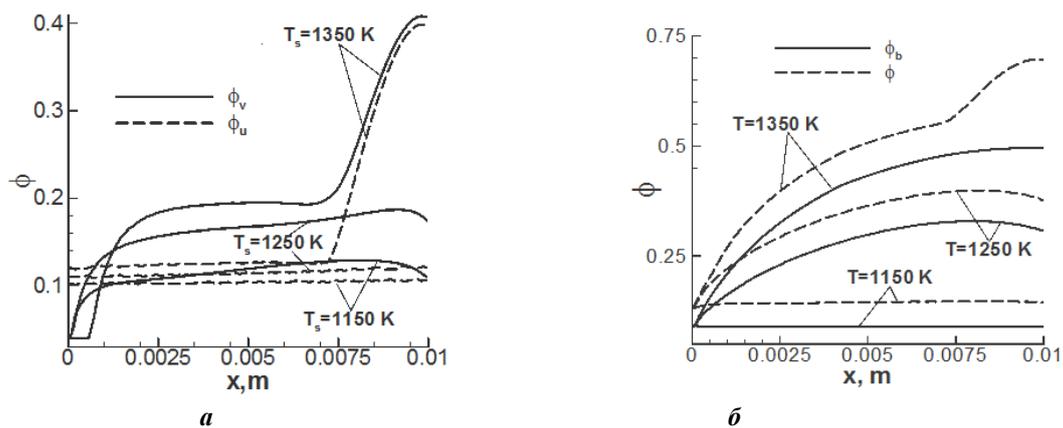


Рис. 3. Распределение по толщине каркаса конечной пористости в различных системах пор и в композите в зависимости от температуры оправки.  $\Delta T_0 = 200$  К;  $C_{MTC} = 0,8$ ;  $p_a = 10$  кПа

Таким образом, было исследовано влияние основных параметров процесса на характеристики качества и время насыщения КМК с 3D-структурой. Расчеты показали, что оптимальные режимы TG CVI различны для различных систем пор, и поэтому уплотнение каркаса должно проводиться в две или три стадии с индивидуальными режимами на каждой стадии.

## Список литературы

1. Кулик В.И. Исследование термоградиентных процессов газофазного насыщения SiC-матрицей сложнопористых волокнистых каркасов с 3D-структурой / В.И. Кулик, А.В. Кулик, М.С. Рамм // Труды 1-го российского науч.-техн. симпозиума «Интеллектуальные композиционные материалы и конструкции», (23-24 июня 2004 г., г. Москва) – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - с. 36-41.
2. Малько Д.Б. Особенности пористой структуры углерод-углеродных композиционных материалов / Д.Б. Малько, В.С. Островский // Механика композиционных материалов и конструкций, 1997. - т.3. - № 4. – с.29–35.
3. Кулик В.И. Определение коэффициентов теплопроводности многонаправленных пористых волокнистых каркасов // В.И. Кулик, А.В. Кулик // Труды 2-й Межд. конференции «Ракетно-космическая техника: фундаментальные и прикладные проблемы» (18-21 ноября 2003 г., Москва) / В 4 ч. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – Ч.II. – с. 206.
4. Besmann T.M. Vapor-phase Fabrication and Properties of Continuous-filament Ceramic Composites / T.M. Besmann, B.W. Sheldon, R.A. Lowden, D.P. Stinton // Science, 1991. - v.253. – P. 1104–1109.
5. Chang H.-C. Minimizing Infiltration Times during Isothermal Chemical Vapor Infiltration with Methyltrichlorosilane / H.-C. Chang, T.F. Morse, B.W. Sheldon // J. Am. Ceram. Soc., 1997. - v.80. - P.1805–1811.
6. Kulik V.I. Modeling of SiC-Matrix Composite Formation by Isothermal Chemical Vapour Infiltration / V.I. Kulik, A.V. Kulik, M.S. Ramm, Yu.N. Makarov // J. Crystal Growth., 2004. - v.266. - P.333–339.
7. Kulik V.I. Modelling of SiC-matrix composite formation by thermal gradient chemical vapour infiltration / V.I. Kulik, A.V. Kulik, M.S. Ramm, Yu.N. Makarov // Mater. Sci. Forum, 2004. – v.457-460. - P.253–256.
8. Skamser D.J. Model of Chemical Vapor Infiltration Using Temperature Gradients / D.J. Skamser, H.M. Jennings, D.L. Johnson // J. Mater. Res, 1997. - v.12. – P.724–737.

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО СИЛИЦИРОВАНИЯ

Кулик В.И., Нилов А.С.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Одной из базовых технологий получения керамоматричных композитов (КМК) с SiC матрицей является метод жидкофазного силицирования, основанный на механизме реакционного спекания пористой углеродсодержащей заготовки в процессе фильтрации через нее расплава кремния (процессы LSI – Liquid Silicon Infiltration). В результате химического взаимодействия между расплавом и углеродистым материалом заготовки образуется конечный продукт – карбид кремния. Применительно к волокнисто-армированным КМК эта жидкофазная технология имеет несколько модификаций, отличающихся, прежде всего способом введения в волокнистый каркас углеродного наполнителя. Наиболее часто встречается модификация, предполагающая пропитку армирующего материала полимерным связующим с последующей карбонизацией связующего и образованием в межволоконном пространстве кокса – углеродной матрицы, т. е. получение углерод-углеродного КМ (УУКМ).

Определенный практический интерес при исследовании процессов LSI, представляет анализ получаемой конечной микроструктуры КМК, причины и условия ее образования. Это связано с тем, что в этой модификации LSI, как правило, образуется многокомпонентная матрица, содержащая фазы SiC, остатки углеродного кокса и свободного Si (рис. 1) [1]. При этом состав и структура такой матрицы во многом и определяет комплекс свойств получаемого КМК.

Отличительной особенностью структуры таких КМК является ярко выраженная сегментацией армирующих элементов, а именно разделение пучков волокон на продольные сегменты. В работе [5] установлено, что при температурах карбонизации выше 505°C в процессе термохимического преобразования полимерной матрицы в двунаправленном материале создается напряженно-

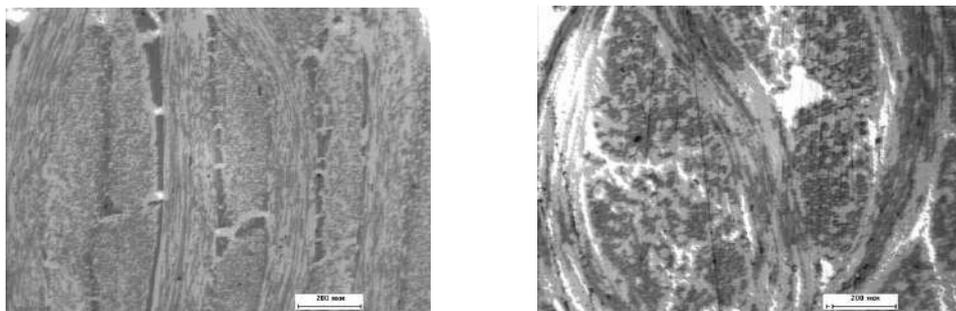


Рис. 1. Микроструктура поперечного среза образцов из КМК с SiC-матрицей на основе углеродной ткани. Светло-серые участки – SiC; темно-серые – свободный углерод (углеродные волокна и кокс связующего); белые – свободный кремний; черные – поры

деформированное состояние, при котором в пучках волокон в направлении перпендикулярном оси волокон возникают растягивающие напряжения. Периодическая релаксация этих напряжений приводит к появлению продольных трещин. При этом образуются сегменты УУКМ содержащие 300-500 индивидуальных волокон. Такое растрескивание материала с образованием характерной пористой структуры получаемого УУКМ является принципиально важным моментом для последующего протекания процесса инфильтрации расплава Si в пористую структуру УУКМ и образования конечной микроструктуры КМК. Образующиеся трещины выступают при силицировании как магистральные каналы доставки Si в глубь пористой структуры УУКМ, обеспечивая эффективное и однородное образование SiC во всем объеме материала. Конечная микроструктура КМК наследует рассмотренную выше структуру УУКМ. На рис. 2 приведена сквозная эволюция структуры тканого слоистого материала при его преобразовании по схеме «углепластик» – «УУКМ» – «КМК» [3]. Видно, что сегментация внутренней структуры композита образуется именно на стадии карбонизации (рис. 2, б), т.е. на стадии получения полуфабриката из УУКМ.

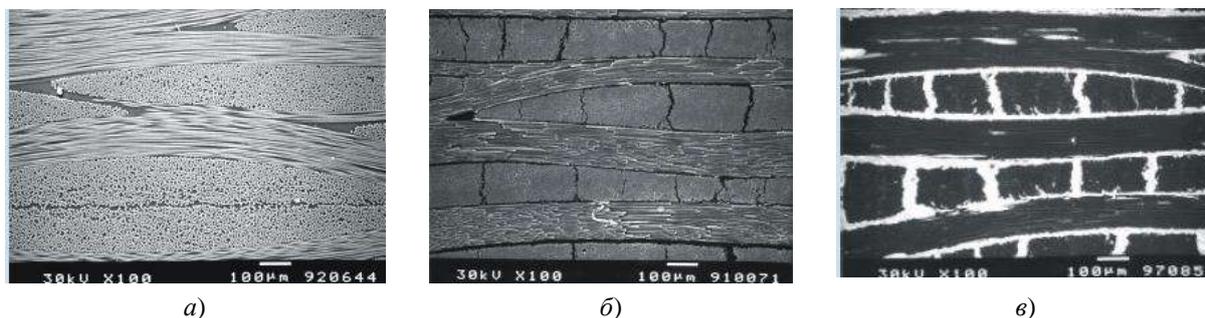


Рис. 2. Эволюция структуры тканого слоистого композиционного материала: а – «углепластик»; б – «УУКМ»; в – «КМК системы C/C-SiC»

На рис. 3 представлены структуры C<sub>f</sub>/C-SiC композита на основе углеволокнистых тканей (рис. 3, а) [4] и на основе послойно укладываемых слоев из однонаправленных и из коротко рубленых волокон, прошитых в поперечном направлении (рис. 3, б) [6]. Несмотря на явные различия в форме армирующего материала, и в этих образцах четко просматривается сегментация структуры.

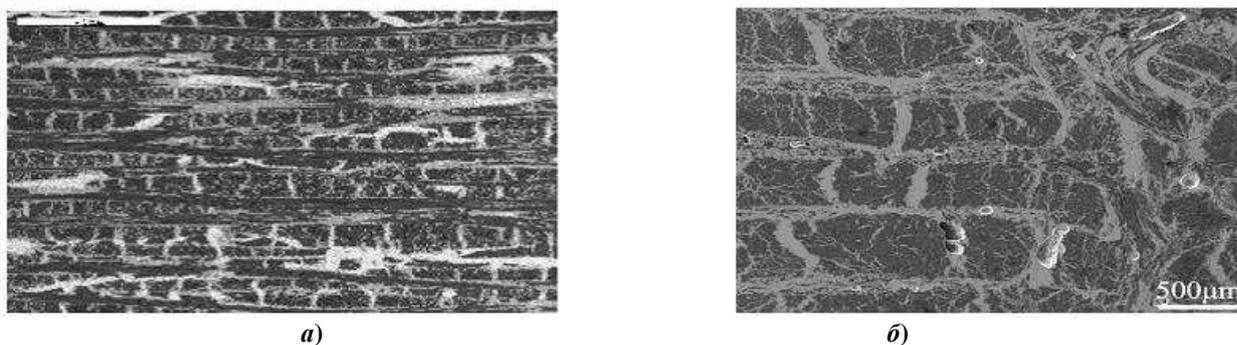


Рис. 3. Микрофотографии структуры различных типов КМК: а – [4]; б – [6]

Образование такой крупноблочной сегментированной структуры УУКМ имеет еще одно (помимо образования магистральных каналов) в высшей степени важное следствие для последующего процесса силицирования. Речь идет о том, что при такой структуре УУКМ область активного действия расплава кремния преимущественно ограничивается взаимодействием с углеродом лежащим вдоль стенок этих магистральных каналов. Слой карбида кремния формируется вокруг пучков, и только небольшое количество кремния проникает внутрь объема сегментов, приводя к незначительному повреждению отдельных волокон [5, 6], т.е. плотная углеродная матрица защищает углеродные волокна внутри сегментов (пучков волокон) от воздействия высоко активного кремния, тогда как слои SiC и остаточного кремния образуются вокруг пучков волокон (рис. 4). Таким образом, углеродные волокна, находящиеся внутри сегментов, практически не вступают в соприкосновение с кремнием.

В работе [2] приведены результаты исследования микроструктуры и химического состава КМК с SiC матрицей, получаемых методом LSI карбонизированных углепластиков на основе рубленых пучков углеродных волокон. Исследования проводились методами оптической, сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа.

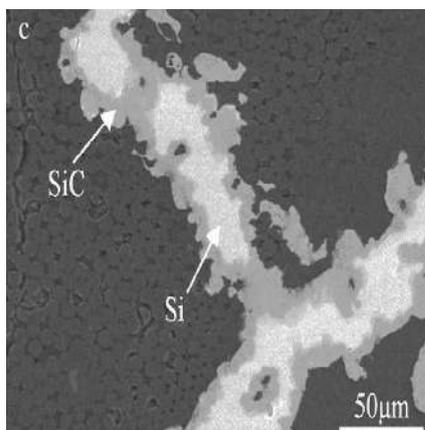


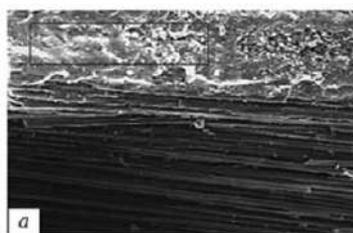
Рис. 4. Микроструктура магистральных межпучковых (межсегментарных) каналов. Темно-серые зоны – углеродные волокна и кокс углеродной матрицы

Анализ микроструктуры позволил оценить фазовый состав материала и степень сохранения целостности углеродных волокон в процессе силицирования. Было установлено, что структура просилицированных образцов включает фазы первичного и вторичного SiC, остатки углеродной матрицы и свободного остаточного Si, а также углеродные волокна, которые частично могут замещаться SiC. При этом SiC, сформировавшийся при взаимодействии с углеродным волокном, воспроизводит форму и текстуру исходного волокнистого наполнителя. Пористость КМК данного типа составляла менее 5%.

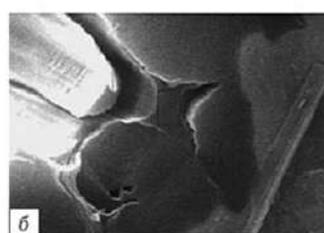
На рис. 5 приведены результаты элементного (кремний и углерод) микроанализа основных участков КМК. Морфологическая особенность таких КМК, подтверждающаяся и результатами элементного микроанализа – наличие достаточно плотных защитных оболочек, толщиной 15-20 мкм, окружающих пучки волокон.

На стадии инфильтрации жидкий кремний, почти не просачиваясь через коксовую оболочку, взаимодействует с ней с образованием кристаллического SiC (рис. 5, а). Внутри оболочки в межволоконном пространстве формируется специфическая фрагментарная матрица, состоящая по преимуществу из коксового остатка начального полимерного связующего и содержащая лишь незначительное количество SiC (рис. 5, б). Сформировавшаяся зона контакта «волокно–матрица» внутри пучка с одной стороны, объединяет пучок в единое целое и распределяет нагрузку между волокнами, а с другой стороны, не препятствует продергиванию волокон при разрушении такого материала, повышая вязкость его разрушения, а монолитная SiC-матрица в межпучковом пространстве обеспечивает высокую прочность, твердость и износостойкость материала.

Таким образом, установлено, что при данной организации процесса LSI практически отпадает необходимость в проведении специальных мероприятий по защите углеродных волокон от взаимодействия с кремнием.



Элемент	Содержание	
	мас. %	ат. %
C	36,25	57,08
Si	63,75	42,92



Элемент	Содержание	
	мас. %	ат. %
C	88,47	94,70
Si	11,53	5,30

Рис. 5. Элементный (Si и C) микроанализ основных участков КМК: а – матрицы защитной оболочки пучка волокон; б – матрицы в межволоконном пространстве

## Список литературы

1. Кулик В.И. Исследование микроструктуры и свойств композитов с карбидокремниевой матрицей, полученных инфльтрацией расплавом кремния волокнисто-армированных карбонизированных углепластиков, модифицированных порошковым наполнителем / В.И. Кулик, Р.Л. Сапронов, А.С. Нилов и др. // М-лы докл. 7-й межд. науч.-техн. конф.: «Новые материалы и технологии: порошковые металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия» – Минск: ИПК БГНПК ПМ, 2006. - с. 200-201.
2. Кулик В.И. Исследование триботехнических характеристик композиционных материалов с карбидокремниевой матрицей / В.И. Кулик, А.С. Нилов, А.П. Гаршин и др. // Новые огнеупоры, 2012. - № 8. - С. 45-56.
3. Кулик В.И. Технологические дефекты керамоматричных композитов, получаемых методом жидкофазного силицирования / В.И. Кулик, А.С. Нилов // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях.: Сб. научных трудов по итогам V межд. науч.-практ. конф. г. Санкт-Петербург, 2018. - С. 32-35.
4. El-Hija H.A. Development of C/C–SiC Brake Pads for High-Performance Elevators / H.A. El-Hija, W. Krenkel, S. Hugel // Int. J. Appl. Ceram. Technol., 2005. – Vol.2[2]. – P.105–113.
5. Krenkel W. Carbon Fiber Reinforced CMC for High-Performance Structures // Int. J. Appl. Ceram. Technol., 2004. - Vol.1 [2]. – P.188-200.
6. Li B. Low-cost preparation and frictional behaviour of a three-dimensional needled carbon/silicon carbide composite / B. Li, L. Cheng, L. Yu [at al.] // Journal of the European Ceramic Society, 2009. – Vol. 29(3). - P. 497–503.

### КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПАЙКИ

**Нилов А.С., Кулик В.И.**

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

При создании конструкции и технологии изготовления различного рода теплообменников (ТО), в том числе и автомобильных, основной задачей является повышение надежности их работы. При этом большинство отказов, как правило, происходит из-за нарушения герметичности и прочности соединения деталей ТО, которые должны обеспечиваться при реализации операции процесса высокотемпературной пайки (температура процесса порядка 1100° С).

Высокотемпературная пайка радиаторов может проводиться под флюсом или в вакууме (инертной среде). При этом, как отмечается, многими авторами вакуумная пайка обеспечивает более высокое качество спая [1].

Для повышения экономичности процесса пайки, особенно для малоразмерных радиаторов, очень важен показатель коэффициента заполнения полезного объема печи. Поэтому радиаторы перед пайкой размещают в печах, либо на стеллажах, либо в штабелеванном виде (рис. 1.)

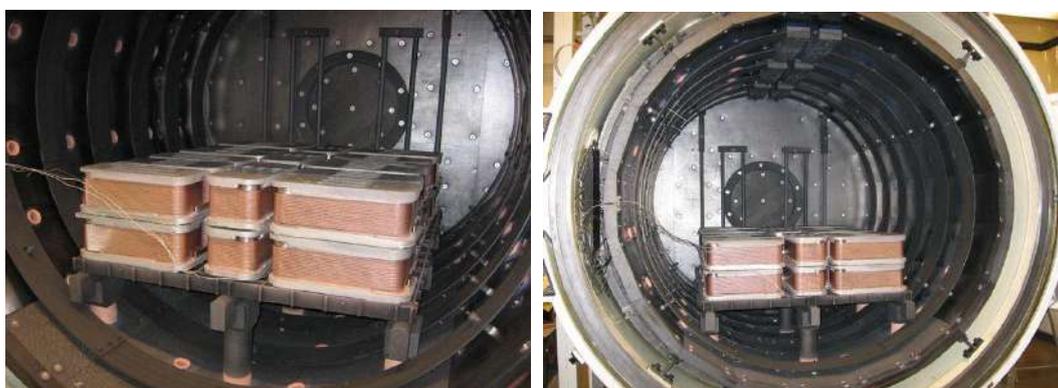


Рис. 1. Использование фиксирующей оснастки в высокотемпературных процессах пайки теплообменников

Для второго варианта важным условием является то, чтобы промежуточные приспособления для фиксации радиаторов под пайку, стыковались друг с другом и обеспечивали бы заданное положение каждого следующего радиатора в собираемом блоке. Кроме того, сами фиксирующие приспособления не должны влиять на геометрические размеры радиаторов при пайке, т. е. обладать низким коэффициентом термического линейного расширения (КТЛР).

В качестве жаростойких материалов для изготовления технологических приспособлений для пайки ТО могут использоваться жаростойкие легированные стали, углеродистые материалы, монокристаллическая керамика, керамоматричные композиционные материалы (КМК).

При этом одним из перспективных материалов для изготовления технологической оснастки для высокотемпературных процессов являются КМК с карбидокремниевой матрицей. Эти материалы могут быть использованы там, где, например, легированные стали не могут быть использованы по причине их не достаточной термостойкости, а углеродистые материалы – вследствие их низкой прочности и высокой хрупкости.

Достоинствами данных материалов для технологической оснастки в высокотемпературных процессах по сравнению с традиционно используемыми для этих целей материалами на основе легированных сталей, углеродистых и монокристаллической (неармированной керамики) являются:

возможность использования оснастки при температурах процесса в вакууме более 2000 К, что не достижимо для материалов на основе стали;

более высокая стойкость к ударным механическим и температурным нагрузкам по сравнению с неармированными углеродистыми и керамическими материалами, что значительно увеличивает срок эксплуатации оснастки;

отличные теплофизические характеристики – высокая теплопроводность, низкий коэффициент термического расширения.

В данной работе приведены результаты конструкторско-технологического проектирования и изготовления опытной партии технологической оснастки из КМК с SiC матрицей для пайки стальных теплообменников двигателей для автотранспорта. На рис. 2 показана детализация металлических пресс-форм для формирования нижней и верхней пластин технологической оснастки.



Рис. 2. Детализация пресс-форм для формирования нижней (а) и верхней (б) пластин технологической оснастки из КМК

Технологическая оснастка из КМК была изготовлена по методу жидкофазного силицирования LSI (Liquid Silicon Infiltration), как наиболее коммерчески привлекательному [2]. Укрупненная блок-схема используемого технологического процесса приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема процесса получения теплообменников из КМК с SiC матрицей методом силицирования карбонизированного углепластика

Конкретная реализация данной схемы технологического процесса основывалась на результатах, приведенных в работе [3] по разработке способа получения волокнисто-армированного углерод-карбидокремниевого КМК. В работе предложена двухэтапная пропитка: на первом этапе низковязким связующим, которое проникает внутрь пучков УВ, а на втором – более вязким связующим, которое остается на поверхности пучков. Такая схема с одной стороны создает защитную коксовую оболочку на пучках УВ перед этапом силицирования, а с другой – обеспечивает совместность работы единичных микроволокон в пучках через связь с полученной углеродной матрицей, что способствует повышению механических характеристик конечного КМК.

В соответствии с регламентом данного технологического процесса углеродная лента марки ЛУ предварительно пропитывалась спиртовым раствором бакелитового лака ЛБС-1, сушилась в течение 24 часов, а далее нарезалась в виде мелкой сечки длиной волокон 5-10 мм.

Полученные таким образом дисперсные пучки углеродных волокон смешивались в смесителе типа «пьяная бочка» с порошковыми наполнителями – технической сажой, порошками SiC и пульвербакелитом в следующей пропорции (по массе):

- углеродные волокна – 17%;
- техническая сажа – 12%;
- пульвербакелит – 8%;
- порошки SiC с различной зернистостью – 63% (500 мкм – 70%, 150 мкм – 15%, 50 мкм – 10%, 5 мкм – 5%).

Высокотемпературные операции карбонизации (900-1100<sup>0</sup>С) и силицирования (1700-1750<sup>0</sup>С) проводились в электровакуумных печах.

Общий вид полуфабриката технологической оснастки (до окончательной механической обработки) приведен на рис. 4.

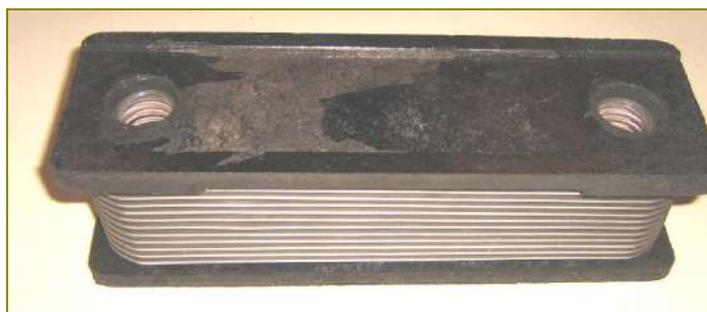


Рис. 4. Общий вид полуфабриката технологической оснастки из КМК нижней (а) и верхней (б) пластин (размер пластин 279x87x14 мм)

Сборка технологической оснастки с заготовкой теплообменника показана на рис. 5.



*а*



*б*

Рис. 5. Заготовка теплообменника (*а*) и сборка технологической оснастки с заготовкой теплообменника (*б*)

Практическое применение опытной партии технологической оснастки, изготовленной из КМК, показало ее высокие эксплуатационные качества и эффективность по сравнению с оснасткой из стали и углеграфитовых материалов.

#### Список литературы

1. Радзиевский В.Н. Особенности изготовления стальных пластинчато-ребристых теплообменников с применением высокотемпературной пайки / В.Н. Радзиевский, Г.В. Кирик, Г.Г. Ткаченко // Компрессорное и энергетическое машиностроение, 2010. - №1. – с. 36-40.
2. Гаршин А.П. Анализ современного состояния и перспектив коммерческого применения волокнистоармированной карбидкремниевой керамики / А.П. Гаршин, В.И. Кулик, А.С. Нилов // Новые огнеупоры, 2012. - №2. - с. 43-52.
3. Патент РФ №2337083. Способ получения волокнисто-армированного углерод-карбидокремниевый композиционный материал / Ю.В. Загашвили, В.И. Кулик, А.В. Кулик и др. Опубликовано: 27.10.2008 г.

#### СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ДЕФОРМИРОВАННЫХ СИУМИНОВ С СОДЕРЖАНИЕМ 11-30 % Si

**Прудников А.Н., Прудников В.А.**

СибГИУ, РФ, г. Новокузнецк

В последние несколько десятилетий появились работы, посвященные пластической деформации высококремнистых силуминов. Так, в работах [3-6,9] показана связь состава заэвтектических силуминов с ресурсом пластичности и с параметрами процесса горячего прессования и прокатки, осуществляемых различными способами. Имеются работы, посвященные технологиям изготовления промышленных заготовок и поршней двигателей обработкой давлением из легированных заэвтектических силуминов [1,2,7-8,10,11]. Однако литературные данные, в основном, носят неполный и отрывочный характер. Поэтому

работа посвящена исследованию воздействия деформации на микроструктуру и механические свойства силуминов, содержащих 11÷30 % Si.

Исследовали бинарные силумины, содержащие 11, 15, 20, 25 и 30 % Si. Сплавы готовили в электрической печи сопротивления на алюминии А6 и кремнии Кр0. Силумины, содержащие 15÷30 % Si, модифицировали фосфористой медью МФ-1 в количестве 0,1 % от веса расплава. Заливку проводили в алюминиевую форму 80×80×250 мм. Для получения заготовок под деформацию от слитка отрезали донную (высотой 15 мм) и прибыльную (высотой 50 мм) части. Вес заготовки составлял 3,2±0,05 кг. Заготовки перед деформацией подвергали выдержке при температуре 500±10°С, 2 ч. Температура нагрева заготовок под ковку, которую проводили на пневматическом молоте МВ 412 составляла 510÷550 °С в зависимости от содержания кремния в силумине. Заготовки из сплавов, содержащих 11÷15 % Si, благодаря достаточной пластичности, были прокованы на пруток сечением 15×15 мм без промежуточных отжигов. Температура окончанияковки составляла 350-400°С. Для сплавов, содержащих 20÷30 % Si, использовали промежуточные отжиги при температуре 510-550 °С в течение 1÷1,5 ч. Пруток 15×15 мм был получен после 3-5 цикловковки. Величина общего коэффициента уковки для прутков из всех исследуемых сплавов составляла  $K_{\text{общ.}}=28$ . Отжиг поковок проводили при температуре 520±10 °С в течение 2 ч. Для исследования микроструктуры силуминов использовали оптический анализатор «EPIQANT» (Karl Zeiss). Механические характеристики на растяжение определяли в соответствии с ГОСТ 1497-84 на цилиндрических образцах с диаметром рабочей части 6 мм на машине «Instron 3369».

Горячая деформация совместно с отжигом значительно уменьшает содержание водорода в силуминах и приводит к существенным изменениям их структуры. Причем, наибольшие изменения микроструктуры фиксируются в зонах с максимальной степенью деформации. Микроструктура силуминов, содержащих 11 и 20 % Si, в литом состоянии и после горячейковки с общим коэффициентом уковки  $K_{\text{общ.}}=28$  приведена на рисунке 1. Можно констатировать, что деформация с отжигами приводит к измельчению КПК, сфероидизации выделений эвтектического кремния и значительному увеличению количества  $\alpha$ -твердого раствора. С увеличением суммарной степени деформации усиливается строчечное расположение как первичных, так и эвтектических выделений кремния в структуре поковок. Причем, в их центральной зоне формируется структура с минимальным количеством КПК и более мелкой глобулированной эвтектикой, чем в остальных зонах, что объясняется возникновением максимальных деформаций в этой зоне при ковке. С увеличением продолжительности и числа промежуточных отжигов различия по структуре между зонами поковки для заэвтектических силуминов уменьшаются.

Результаты определения механических характеристик при растяжении образцов, изготовленных из литых и горячедеформированных силуминов после отжига, приведены на рисунке 2. Можно констатировать, что горячая деформация совместно с отжигами положительно влияет на механические свойства силуминов, особенно на пластичность, что, в первую очередь, связано с измельчением и сфероидизацией первичных и эвтектических выделений  $\beta$ -Si.

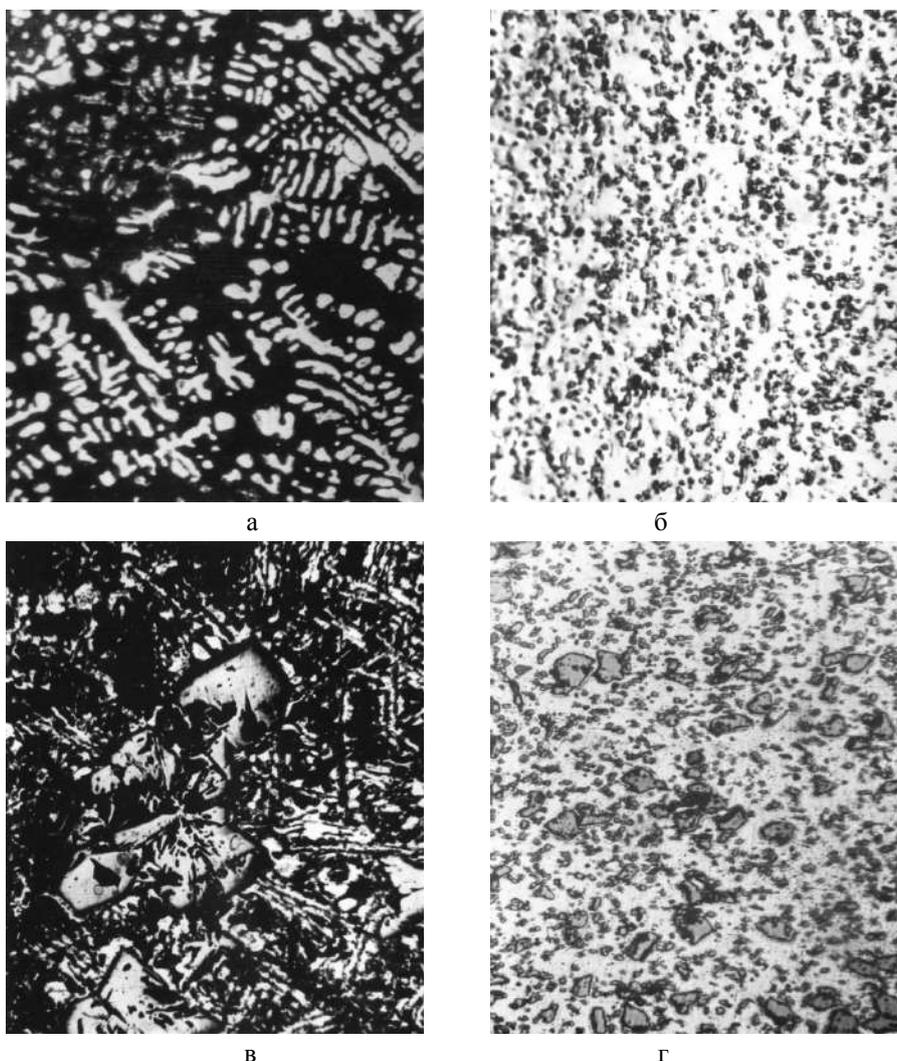
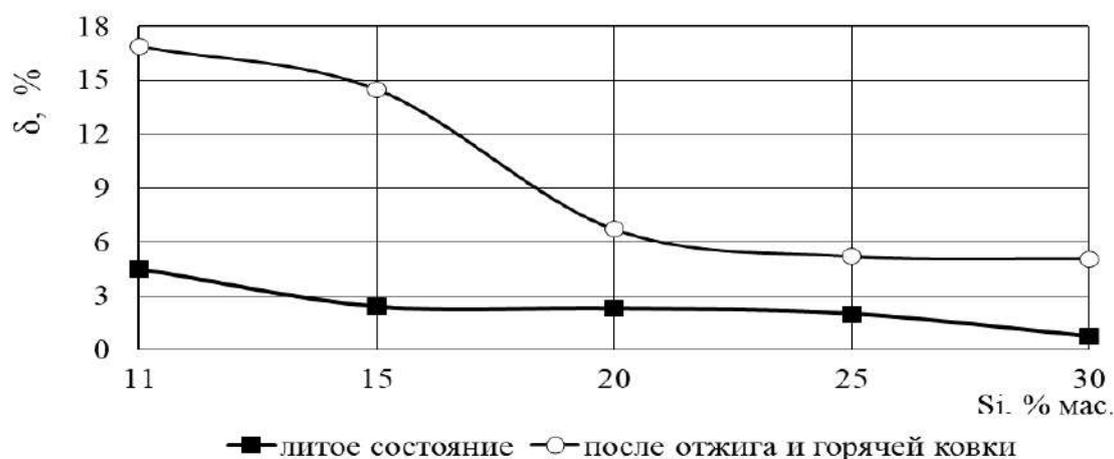


Рисунок 1 – Микроструктура силуминов с 11 % Si (а, б) и 20 % Si (в, г) в литом состоянии (а, в) и после выдержки при 500 °С, 2 ч, последующей горячейковки ( $K_{общ.}=28$ ) и отжига при 520 °С, 2 ч (б, г),  $\times 120$

Так, поковки, полученные из силуминов с содержанием кремния 20÷30 % ( $K_{общ.}=28$ ), имеют временное сопротивление разрыву на 15-75 % выше, чем сплавы в литом состоянии. Отсутствие прироста прочности для поковок с 11 и 15 % кремния можно объяснить влиянием динамической рекристаллизации, протекающей при температуре горячей деформации и снижающий эффект наклепа и измельчения КПК, тем более, что в структуре эвтектического силумина они отсутствуют (Al - 11 % Si), а в сплаве с 15 % Si их доля незначительна. Наиболее существенно после отжигов и горячейковки повышается пластичность силуминов. Так, в несколько раз увеличивается относительное удлинение, достигая для эвтектического силумина значений, превышающих 16 %, а для поковок из заэвтектических силуминов – 5÷14 %.



а



б

Рисунок 2 – Зависимость временного сопротивления разрыву (а) и относительного удлинения (б) образцов из силуминов в литом состоянии и после отжига при 500 °С, 2 ч и горячейковки

Таким образом, горячая деформация высококремнистых силуминов приводит к измельчению и сфероидизации первичных и эвтектических кристаллов  $\beta$ -Si, а также к увеличению в структуре объемной доли  $\alpha$ -твердого раствора. Указанные изменения структуры эвтектических и заэвтектических силуминов обеспечивают значительное повышение их механических характеристик, особенно пластических.

### Список литературы

1. Prudnikov A.N. Production, structure and properties of engine pistons made from transeutectic deformable silumin // Steel in Translation. – 2009.– Т. 39. – № 5. – С. 391-393.
2. Prudnikov A.N. Deformable heatproof transeutectic silumin for pistons // Steel in Translation. – 2009.– Т. 39. – № 6. – С. 456-459.
3. Prudnikov A.N. Formation of eutectic structure in Al-20 % Si alloy during crystallization // Металлургия машиностроения. – 2009. – № 4 –С. 10-13.
4. Панов Е.И., Эскин Г.И. Влияние поперечно-винтовой прокатки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // МиТОМ. – 2004 –№ 9.– С. 7-13.
5. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – № 2. – С. 14 - 20.
6. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // Технология металлов. – 2014. – № 2. – С. 8 - 11.

7. Прудников А.Н., Прудников В.А. Использование термоциклической деформации для получения полуфабрикатов из заэвтектических силуминов / *Металлургия: технологии, инновации, качество: Сб. материалов XIX Межд. научно-практич. конф.* – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – С. 15-18.
8. Прудников А.Н., Прудников В.А. Формирование структуры заэвтектического силумина при литье слитков полунепрерывным способом // *Актуальные проблемы в машиностроении.* – 2017. – Т. 4. – № 3. – С. 78-83.
9. Прудников А.Н. Роль условий кристаллизации в формировании структуры и свойств слитков и поковок из заэвтектических силуминов / *Материаловедение.* – 2014. – № 1. – С. 10-13.
10. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / *Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013.* – 40 с.
11. Прудников А.Н. Технология производства, структура и свойства поршней двигателей из заэвтектического деформируемого силумина // *Изв. ВУЗов. Черная металлургия.* – 2009. – № 5. – С. 45-48.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТАЛОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Чекмарева А.В., Филиппов А.А., Кузьмин Н.А., Пачурин Г.В.**

ФГБУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,  
г. Нижний Новгород

Разрушения инженерных конструкций часто носит усталостный характер [1,2], что приводит не только к огромным финансовым потерям, но порой и значительным человеческим жертвам [3]. Большинство ответственных деталей машин и механизмов в процессе эксплуатации испытывают воздействие переменных циклических нагрузок. Поэтому проблема повышения надежности и безопасной работы деталей машин и технических устройств, испытывающих воздействие циклических нагрузок, является приоритетным направлением современной науки и важнейшей задачей промышленности.

Данная проблема включает необходимость отыскания оптимальных конструкторских решений и использования технологических процессов, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики деталей и конструкций в целом.

Безопасность автотранспортного средства, наряду с его экологичностью, является важным критерием [4,5]. Одним из главных направлений в автомобилестроении является рациональное использование конструкционных материалов [6-8], неправильный выбор которых ведет к снижению качества работы автомобиля, повышению уровня токсичных выборов в окружающую среду вплоть до отказа транспортного средства.

В автомобильной промышленности широко используются различные конструкционные материалы: металлы, стали и цветные сплавы [9,10]. Соппротивление конструкционных материалов усталостному разрушению зависит от условий нагружения (амплитуды, температуры, среды), природы материала, и технологической обработки [11-14].

Изготовление деталей и промышленных металлоизделий осуществляется с применением различных видов и режимов технологической обработки [15-18]:

- механической;
- термомеханической;
- термической;
- объемного пластического деформирования;
- поверхностных видов обработки;
- сварки и др.

При этом наиболее распространенным технологическим способом изготовления большинства автомобильных деталей и элементов конструкций является пластическое деформирование методом холодной штамповки [19-22]. При этом эксплуатационные свойства металлоизделий в значительной мере определяются их структурой, обусловленной технологией их обработки в процессе изготовления деталей [23].

В автомобилестроении широко используются конструкции, полученные методом штамповки. К одной из таких конструкций относится кузов автомобиля. Производство автомобильных кузовов связано с изготовлением деталей сложной формы и высоким качеством поверхности этих деталей. Так же кузов должен обладать достаточной прочностью, долговечностью и удовлетворительным сопротивлением ударам при столкновении автомобилей.

Изучение процесса усталостного разрушения металлических материалов, кроме теоретического, имеет большое практическое значение, так как в справочной литературе практически отсутствуют данные по результатам приближенных к реальным условиям усталостных испытаний автомобильных конструкционных материалов.

Известно, что усталостное разрушение материалов происходит в условиях повторяющихся знакопеременных напряжений, значение которых ниже пределов прочности. Механизм разрушения связан [24] с неоднородностью структуры материала, а именно наличие примесей, дефектов кристаллической решетки, наличием царапин, коррозии и др. В результате воздействия переменных нагрузок на границе отдельных включений и вблизи от микроскопических полостей и дефектов возникают концентрации напряжений, которые приводят к микропластическим деформациям сдвига в зернах металла. В результате появляются микротрещины, которые достаточно быстро разрастаются. По мере роста трещины, поперечное сечение ослабевает и приводит к мгновенному катастрофическому разрушению детали. Кузов автомобиля в процессе эксплуатации подвержен наряду с другими факторами, так же усталостному разрушению, которое может привести к снижению работоспособности изделия, а также к непоправимым последствиям, и даже к гибели людей.

Еще одной причиной требования увеличения ресурса усталостного сопротивления является дороговизна металлоизделий. Поэтому проведение усталостных испытаний с целью снижения металлоемкости изделий, разработки других методов обработки металла, а также замена одного материала другим, очень важен в современной промышленности.

Существует масса различных машин для проведения усталостных испытаний, но, к сожалению, они не всегда позволяют в полной мере обеспечить получение необходимых параметров эксплуатации конструкционных материалов, что в свою очередь приводит к тому, что данные по сопротивлению усталостному разрушению металлических материалов при разных напряжениях, практически отсутствуют. Этому так же способствует и значительная длительность экспериментов по усталостному разрушению образцов.

В связи с этим исследование и разработка адекватной методики усталостных испытаний плоских образцов листовых автомобильных конструкционных материалов с целью прогнозирования и повышения эксплуатационной долговечности, а также снижения материалоемкости изделий, является весьма актуальной.

Испытания на усталость являются весьма трудоемкими и затратными по времени. Так для испытания серии образцов с целью построения кривой усталости иногда необходимо не менее полугодичных непрерывных испытаний и фиксирования данных в процессе этих экспериментов. Поэтому разработка новых эффективных методик проведения усталостных испытаний и анализа полученных данных, просто необходима.

В работе исследовалась методика усталостных испытаний плоских образцов автомобильных конструкционных материалов, а также алгоритм испытаний с использованием программно-аппаратного малогабаритного комплекса для испытаний материалов на усталость ЭМУ-5-ПК, с целью прогнозирования и предотвращения усталостного разрушения деталей автомобилей в процессе эксплуатации.

Комплекс предназначен для проведения стандартных, ускоренных, и специальных испытаний на усталость плоских образцов и элементов конструкций, а также для оценки роста усталостных трещин и включает в себя настольную приборно-аппаратную автоматизированную установку ЭМУ-5 и персональный компьютер с встроенной в него платой ЦАП-АЦП и с программным обеспечением. Нагружающее устройство комплекса содержит универсальный электромагнитный силовозбудитель, позволяющий осуществлять бесконтактное нагружение образца силой или моментом. Конструкция нагружающего устройства обеспечивает проведение усталостных испытаний по схеме чистого изгиба в одной плоскости.

Комплекс работает в авторезонансном режиме, то есть система возбуждения автоматически отслеживает собственную частоту образца. Требуемая амплитуда колебаний так же поддерживается автоматически на заранее запрограммированном уровне. Предусмотрено автоматическое отключение комплекса на любом этапе развития усталостной трещины в образце. Система измерения осуществляет

контроль амплитуды, частоты и числа циклов нагружения образца. Регистрация измеряемых параметров производится в цифровом виде с выводом их на переднюю панель приборного блока установки ЭМУ-5 и на экран монитора ПК. Возможна автономная работа установки ЭМУ-5 без подключения к ПК.

В работе были проведены испытания двух сталей марки 08 и 20. Получены данные текущего прогиба сталей 08 и 20, на основании которых можно судить о скорости зарождения и развития микро- и макротрещин до полного усталостного разрушения. С использованием метода Локати были получены пределы выносливости данных материалов, и построены вероятностные кривые усталостного разрушения образцов сталей 20 и 08 при данных режимах нагружения, свидетельствующие о количестве циклов до разрушения 50% всей серии образцов.

При проведении усталостных испытаний по разработанным авторами методикам, были получены следующие результаты.

По первой методике были испытаны образцы сталей 08 и 20 по способу нагружения с постоянной амплитудой и частотой. Эти испытания являются длительными, так как необходимо испытывать большое количество образцов (10...20 образцов) для корректного получения данных о циклической долговечности и предела выносливости.

По второму способу испытывались образцы стали 20 в количестве 3 штук. Эти испытания являются ускоренными из-за малого количества образцов, подверженных испытанию.

Исследование поверхностей усталостных изломов образцов осуществлялось на оптическом микроскопе с десятикратным увеличением, а так же на фотографиях с увеличением  $\times 7$  [25]. Проводился замер величины зон чисто усталостного разрушения, переходной зоны и хрупкого долома. После проведения испытаний не разрушившиеся образцы были подвергнуты статическому долому с целью изучения характера и структурных особенностей поверхности торца излома образца под микроскопом с разной степенью увеличения.

Из полученных результатов можно сделать выводы о прямой зависимости десятичного логарифма ограниченного предела выносливости образцов от десятичного логарифма амплитуды циклического нагружения. Впервые были получены данные изменения текущего прогиба стали 08 и стали 20, на основании которых можно судить о скорости зарождения микротрещин и развитие макротрещин в образцах до усталостного разрушения.

При применении метода Локати были получены экспериментальные данные предела выносливости сталей 20 и 08. В результате их анализа был подтвержден факт о том, что при напряжении ниже предела выносливости не происходит усталостных разрушений, то есть возникающие внутри образца изменения обратимы и не повлияют на работу конструкционного элемента.

Построены вероятностные кривые усталостного разрушения образцов из сталей 20 и 08, по которым можно найти количество циклов до разрушения 50% серии образцов. В дальнейшем это поможет на этапе технического обслуживания обнаруживать дефекты в деталях или конструкционных элементах, связанных с усталостным разрушением, во время технического осмотра. Что повысит безопасность эксплуатации автомобиля, уровень его технического обслуживания и снизит затраты на ремонт.

Таким образом, реализованная методика усталостных испытаний плоских образцов автомобильных конструкционных материалов, позволяет сделать выводы о сопротивлении усталостному разрушению плоских образцов автомобильных конструкционных материалов сталей 08 и 20 при разных уровнях приложенного напряжения, а также пределе их выносливости. С помощью полученных данных можно предотвратить разрушения элементов конструкции и деталей, находящихся под действием циклических знакопеременных нагрузок в процессе эксплуатации.

### Список литературы

1. Меженин Н.А., Пачурин Г.В., Гусякова Г.П. Прогнозирование долговечности деформированных материалов при различных температурах // Автомобильная промышленность. – 1998. - № 10. – С. 31–32.
2. Гусякова Г.П., Жбанников С.И., Пачурин Г.В. Механические свойства автомобильных конструкционных сталей после технологической обработки // Автомобильная промышленность. – 1993. - № 2. – С. 28–29.

3. Пачурин Г.В. Безопасность эксплуатации промышленного оборудования и технологических процессов: учебное пособие / Г.В. Пачурин, В.И. Миндрин, А.А. Филиппов; под общ. ред. Г.В. Пачурина. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 192 с.
4. Гусякова Г.П., Жбанников С.И., Меженин Н.А., Власов В.А., Пачурин Г.В. Повышение долговечности автомобильных металлических материалов. - Н. Новгород: ВСНТО Машпром, 1991. – 64 с.
5. Кузьмин Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" / Н. А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.
6. Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Эксплуатационные свойства штампуемых листовых сталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5-1. – С. 31-36.
7. Пачурин Г.В., Кудрявцев С.М., Соловьев Д.В., Наумов В.И. Кузов современного автомобиля: материалы, проектирование и производство: Учебное пособие / Под ред. Г.В. Пачурина. – 3-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 316 с.
8. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. - 2016. - Vol. 59. - Nos. 9-10. January. - S. 810-815.
9. Кудрявцев С.М., Пачурин Г.В., Соловьев Д.В., Власов В.А. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: монография; - Н. Новгород, 2010. – 236 с.
10. Пачурин Г.В., Гушин А.Н., Галкин В.В., Пачурин В. Г. Теоретические основы повышения эксплуатационной долговечности штампованных металлоизделий: учеб. пособие для студентов вузов / НГТУ. - Н. Новгород, 2006. - 173 с.
11. Пачурин Г.В., Гушин А.Н. Повышение эксплуатационной долговечности металлоизделий технологическими методами // Вестник машиностроения. – 2007. - № 6. – С. 62-65.
12. Пачурин Г.В., Гусякова Г.П. Эффект наклепа на долговечность металлов при разных температурах // Физико-химическая мех. материалов. – 1981. - № 5. – С. 127.
13. Гусяков Д.С., Бережницкая М.Ф., Пачурин Г.В. и др. Сопротивление усталостному разрушению металлов при разных температурах // Физико-химическая мех. материалов. – 1997. - Т. 33. - № 1. – С. 75 – 82.
14. Гусякова Г.П., Жбанников С.И., Пачурин Г.В. Сопротивление усталостному разрушению деформированных конструкционных сталей // Физико-химическая мех. материалов. – 1992.- № 2. - Т. 28. - С. 85–89.
15. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28, № 7. – P. 670–673.
16. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. 2008. № 3. Т. 38. – P. 217-220.
17. Пачурин Г.В. Повышение эксплуатационной долговечности нержавеющей сталей технологическим упрочнением // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2-2. – С. 28-32.
18. Пачурин Г.В. Повышение долговечности листовых штампованных деталей из высокопрочных сталей и сплавов // КШП. ОМД. - 2003. - №11. - С.7-11.
19. Пачурин Г.В., Гусякова Г.П., Березин В.Д. и др. Влияние предварительной обработки на долговечность и прочность сварных соединений из стали 12Х18Н10Т // Авиационная промышленность. – 1983. - №5. - С. 55-56.
20. Пачурин Г.В., Гусякова Г.П., Власов В.А. Циклическая долговечность предварительно деформированных сталей 20Х13 и 14Х17Н2 // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1991. - № 5. - С. 333.
21. Пачурин В.Г., Галкин В.В., Пачурин Г.В. Проектирование штампованных изделий с высокими усталостными свойствами: Монография. – Издатель LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany. 2016. – 117 с.
22. Пачурин Г.В., Гусякова Г.П. Оптимизация режимов технологической обработки с целью повышения сопротивления коррозионно-усталостному разрушению металлических материалов. - Н. Новгород: ВСНТО Машпром, 1991. – 72 с.

23. Пачурин Г.В., Гущин А.Н., Галкин В.В., Пачурин В.Г. Теоретические основы повышения эксплуатационной долговечности штампованных металлоизделий: учеб. пособие для студентов вузов / НГТУ. - Н. Новгород, 2006. - 173 с.

24. Пачурин Г.В. Коррозионная долговечность изделий из деформационно-упрочненных металлов и сплавов: Учебное пособие. – 2-е изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 160 с.

25. Пачурин Г.В. «Технология комплексного исследования разрушения деформированных металлов и сплавов в разных условиях нагружения»: учеб. пособие / Г.В. Пачурин, А.Н. Гущин, К.Г. Пачурин, Г.В. Пименов; Нижегород. Гос. ун-т.-Н. Новгород, 2005. – 139 с.

## **СЕКЦИЯ №8.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНОПЛАНОВОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЦЕМЕНТА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Власова Н.В., Павлова К.А.**

ФГБОУ ВО ИРГУПС, г. Иркутск

В мировой практике постоянно возрастают объемы перевозок насыпных и навалочных грузов. Вместе с тем повышаются и требования к технической и экологической безопасности перевозок, сохранности груза, удобству принятой схемы транспортировки для потребителя. Кроме того, при перевозке железнодорожным транспортом время от времени возникает проблема недостатка специализированного подвижного состава и транспортного оборудования, которые используются для этих перевозок. Все это стимулирует транспортные организации разрабатывать и внедрять новые, эффективные технологии погрузки, перевозки и перевалки сыпучих грузов. Одними из самых распространенных сухих грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, является цемент.

Оценка качества цемента, предъявляемое к перевозке, определяют основными свойствами, такими как – масса, влажность, клейкость, наличие примесей и загрязнений. Одним из самых важных является влажность цемента.

Классификация грузов по степени влажности такова:

- сухие (менее 14%);
- средней сухости (14-15,5%);
- влажные (15,5-17%);
- сырые (более 17%).

Если показатель влажности превысит 18%, непременно возникнет процесс, который впоследствии приведет к повышению общей температуры груза.

В цементных грузах высокая температура и влажность приводят к заплесневению и «дыханию», что вызывает потерю веса, усыхание и, конечно же, порчу груза при транспортировке.

Технологией, которая позволяет оптимизировать логистические затраты при проведении погрузочно-разгрузочных работ, перевозки, перевалки и временного хранения сыпучих грузов, является организация транспортировки таких грузов в мягких контейнерах (биг-бегах, МК), погруженных в полувагон.

Мягкий контейнер фактически является большим мешком, который имеет стропы или петли и зацепы для подъема, и тело мешковидного типа для хранения и перевозки груза. Грузоподъемность МК варьируется обычно от 500 кг до 2000 кг.

Анализ имеющейся информации относительно технологий использования мягких контейнеров при перевозке сыпучих грузов позволяет выделить следующие преимущества этих технологий перед традиционными:

- отсутствие потребности в дефицитном специализированном подвижном составе;
- термический контроль перевозимого груза;
- отсутствие физических потерь перевозимых грузов;

- сохранение качества и чистоты перевозимых грузов;
- защита подвижного состава и окружающей среды от отрицательного влияния перевозимых грузов;
- отсутствие необходимости очистки грузового помещения подвижного состава после перевозки сыпучего груза;
- простые механизмы, используемые в технологическом процессе погрузки - выгрузки МК;
- возможность временного хранения грузов при перевалке на открытых портовых площадках, что позволяет экономить оборотные средства на постройку складских помещений;
- повышение качества условий работы персонала, в том числе и с точки зрения санитарно - гигиеничных условий.

На основании этих преимуществ были разработаны схемы перевозки мягких контейнеров в полувагоне:

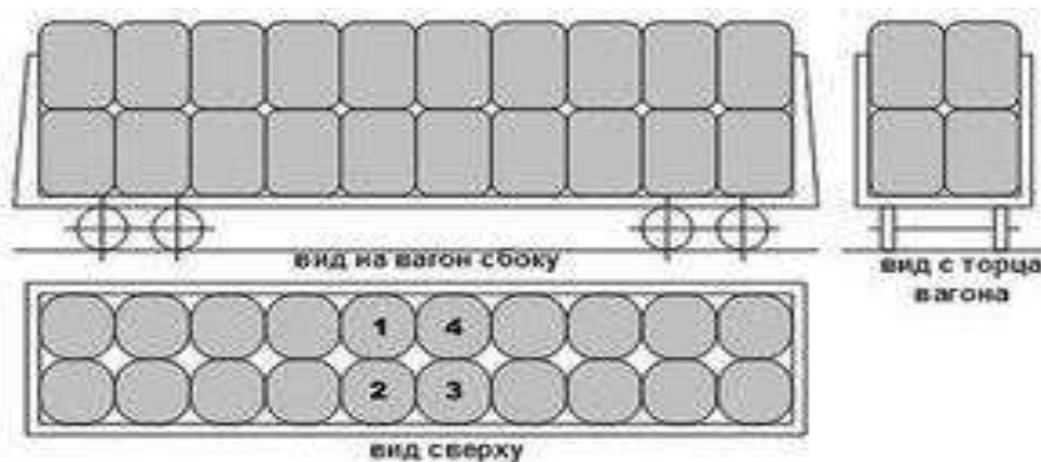


Рисунок 1- Размещение МК в два ряда по ширине полувагона

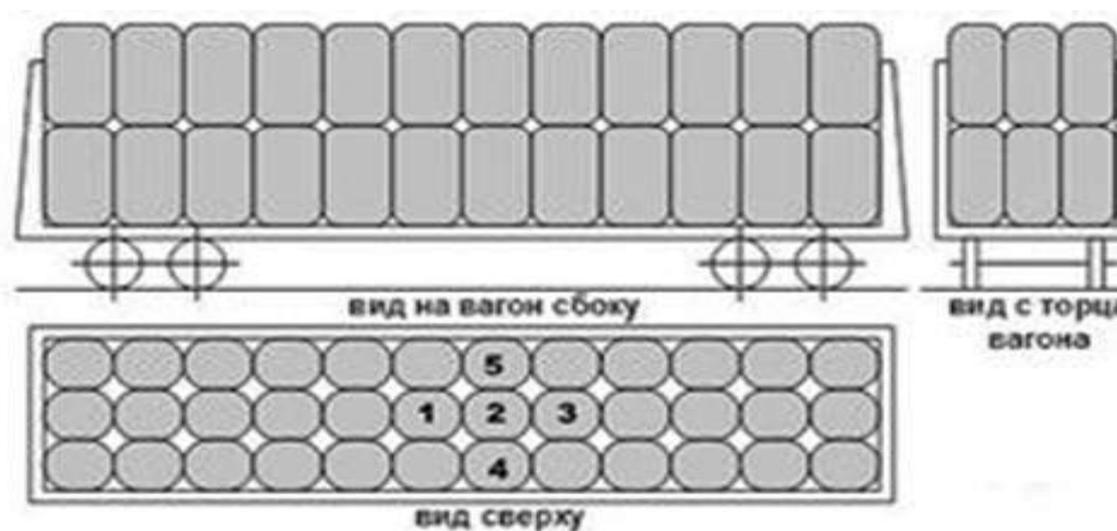


Рисунок 2- Размещение МК в три ряда по ширине полувагона

Сравним перевозку цемента в биг-бегах (грузоподъемность равна 1000 кг.), размещая их полувагоне, и в хоппер-цементовозе навалом. Произведем расчёт перевозки груза от Иркутска до Москвы расстоянием в 5000 км.

В таблице 1 указаны данные расчёта стоимости перевозки за 1 подвижную единицу с учётом крепления, упаковки и погрузки-выгрузки перевозимого груза.

Таблица 1 – Данные расчёта стоимости перевозки за 1 подвижную единицу с учётом крепления, упаковки и погрузки-выгрузки перевозимого груза

Тип вагона	Грузоподъемность	Внутренний объем	Цены на ЖД перевозки Иркутск-Москва (расстояние 5000 км)	Стоимость перевозки на один вагон	Стоимость тары	Итого
Полувагон 12-127 + биг-бег	70 тонн	75 м <sup>3</sup>	430 0000 руб.	444000 руб.	748000 руб.	1192000 руб.
	1 тонна	0,7 м <sup>3</sup>	200 руб.			
Хоппер-цементовоз 11-715	65 тонн	93 м <sup>3</sup>	585000 руб.	585000 руб.	—	585 000 руб.

Сопоставление цен на перевозку цемента в разных типах вагона наглядно представлено на диаграмме.

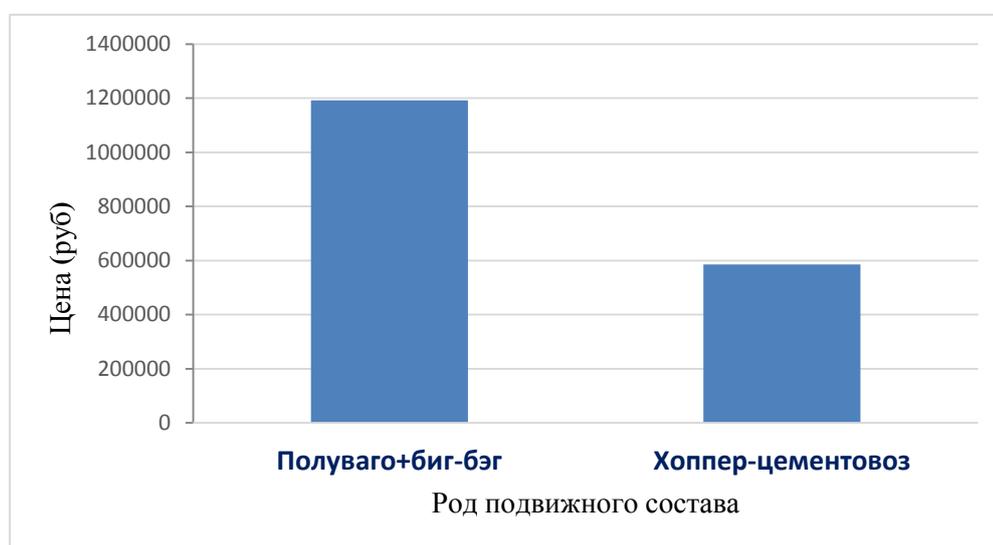


Рисунок 3- Сопоставление цен перевозки цемента навалом в хоппер-цементовозе и биг-беггах в полувагонах

По результатам исследования экономической эффективности перевозок цемента в биг-беггах, перевозимых в полувагоне, и в хоппер-цементовозе, можно сделать следующий вывод. Перевозка цемента в хоппер-цементовозе более целесообразна, и, как показал экономический расчет, данная перевозка более эффективна, удобна и доступна, чем перевозка цемента в биг-беггах.

#### Список литературы

1. Государственное регулирование железнодорожного транспорта в период реформирования / В.В. Буровцев, И.В. Мицук, И.Ю. Сольская— М.: УМЦ ЖДТ, 2012. — 288 с.
2. Зобов Г.М. Рынок ремонта специализированного подвижного состава в новых условиях / Г. М. Зобов // Экономика железных дорог: Журнал для руководителей и финансово-экономических работников. – 2016г.
3. Третьяков Г.М. Совершенствование грузовой работы с массовыми сыпучими грузами на железнодорожном транспорте / Г. М. Третьяков, В. В. Денисов, И. И. Кононов // Вестник транспорта Поволжья: научно-техн. журн. – 2015 г.
- 4 <http://irkutsk.raise.ru>

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МЕРАМ, НАПРАВЛЕННЫМ НА СНИЖЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ, А ТАКЖЕ ПО СОКРАЩЕНИЮ ДТП НА ПЕРЕЕЗДАХ И ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ

Власова Н.В., Таран Е.В.

ФГБОУ ВО ИРГУПС, г. Иркутск

Железнодорожный транспорт занимает третье место после автомобильного и воздушного по показателям безопасности движения.

Причины дорожно-транспортных происшествий могут быть самые различные. Это, прежде всего, нарушение правил дорожного движения, техническая неисправность автотранспорта, превышение скорости движения, недостаточная подготовка лиц, управляющих транспортом, слабая их реакция и др. Нередко причиной аварий и катастроф становится управление автотранспортом лицами в нетрезвом состоянии.

Одной из причин дорожных аварий является неудовлетворительное состояние дорог. Иногда на проезжей части можно видеть открытые люки, неогороженные и неосвещенные участки ремонтных работ, отсутствие предупреждающих об опасности знаков. Все это в совокупности приводит к огромным потерям.

В данной работе проанализированы причины железнодорожных катастроф (рисунок 1) и выявлено, что основной причиной является это человеческий фактор, который составляет 85%.

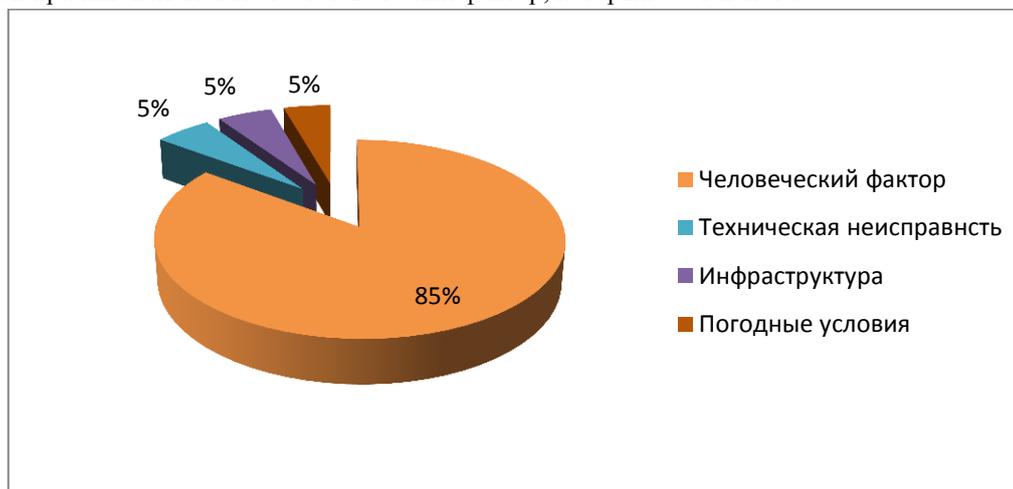


Рисунок 1 Причины железнодорожных катастроф

Около 25% крушений и аварии на железной дороге вызываются наездами поездов на автомобильный транспорт, дрезины, велосипедистов. Чаще всего это происходит на железнодорожных переездах. На рисунке 2 приведена статистика аварий на железнодорожных переездах за 2017 год

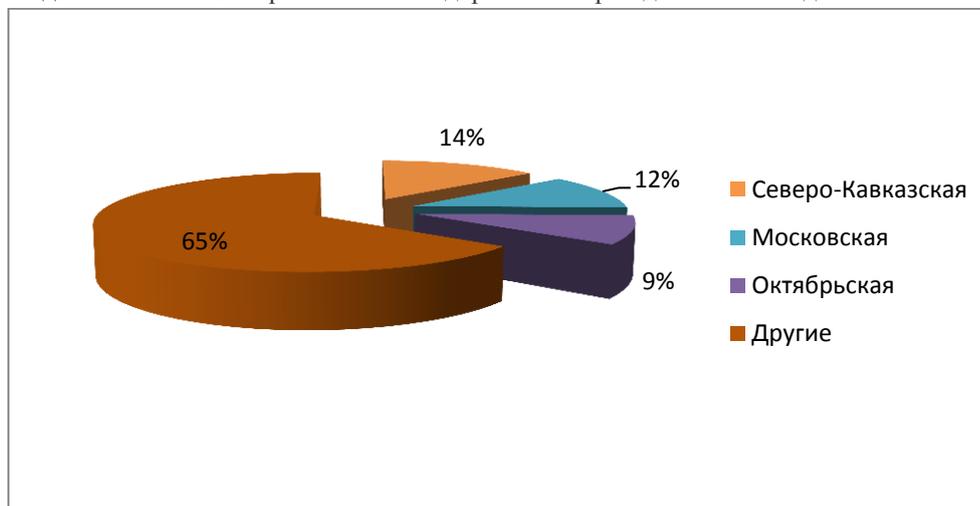


Рисунок 2 Статистика аварий на железнодорожных переездах за 2017 год

Во избежание таких случаев необходимо придерживаться следующих правил:

1. Безопасность движения снижается из-за недостатков, касающихся технического состояния переездов, их содержания и эксплуатации, в том числе из-за низкого качества настилов и проезжей части автомобильных дорог и подъездах к железнодорожным путям.

Для повышения безопасности дорожного движения на железнодорожных переездах необходим комплексный подход, совместная работа ответственных за это структур ОАО «РЖД» и ГИБДД, модернизация и внедрение современных средств контроля и оборудования переездов, повышение надежности технических средств на переездах.

Следует вводить в эксплуатацию шлагбаумы, полностью перекрывающие проезжую часть автодороги, а также заградительные железобетонные барьеры, которые, будучи расположенными, посередине автодороги, препятствуют объезду переездного шлагбаума по встречной полосе. В качестве дополнительной меры на охраняемых переездах можно организовать посты общественных инспекторов безопасности дорожного движения.

Учитывая положительный опыт применения систем видеонаблюдения и видеофиксации правонарушений, нужно оборудовать ими переезды, выделять средства на обновление устройств УЗП на переездах, укладывать новые переездные настилы, финансировать проведение работ по ремонту и модернизации переездов автоматической переездной сигнализацией.

2. В качестве перспективной меры видится внедрение на дорогах ОАО «РЖД» системы контроля состояния переездов, основанной на использовании спутниковых технологий ГЛОНАСС/GPS. Такая система позволила бы в режиме реального времени получать оперативную информацию для принятия решений, давала бы возможность переводить отдельные узлы и сооружения переездов в режим автоматической работы, т.е. без обслуживающего персонала. Информация со спутников позволяла бы на электронной карте определять местоположение поездов в режиме реального времени, контролировать прохождение ими установленных пунктов, следить за маршрутами движения в любой промежуток времени, т.е. объективно оценивать обстановку в режиме реального времени.

3. Осуществляет подготовку и обучение руководителей и специалистов организаций по следующим программам:

- Повышение квалификации руководителей подразделений железнодорожного и других видов транспорта, а также метрополитенов по программе «Транспортная безопасность»;
- подготовка лиц, ответственных за обеспечение транспортной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры (ОТИ);
- подготовка лиц, ответственных за обеспечение транспортной безопасности на транспортных средствах (ТС);
- подготовка специалистов для проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств железнодорожного транспорта;
- повышение квалификации для работников транспорта, осуществляющих визуальную диагностику психоэмоционального состояния пассажиров;
- подготовка специалистов технических средств досмотра, контроля доступа, охраны и видеонаблюдения, используемых на железнодорожном транспорте;
- подготовка непрофильных специалистов, участвующих в процессе обеспечения безопасности на транспорте при возникновении чрезвычайных ситуаций (краткосрочное обучение).

4. Внедрение глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS/GALILEO и их специальных дополнений для железнодорожного транспорта:

- спутниковых и авиационных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с помощью оптико-электронных, радиолокационных, лазерных, тепловизионных съемочных систем высокого и сверхвысокого разрешения, а также геоинформационных технологий (ГИС-технологий), позволяющих объединить в структуре своих информационных ресурсов все виды геопространственной и атрибутивной информации об объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта и прилегающих к ним территориях и организовать их комплексную обработку;
- систем цифровой связи, обладающих высокой пропускной способностью, надежностью и помехозащищенностью.

Эффективно применение спутниковых технологий ГНСС, включает следующие:

- определение местоположения железнодорожных транспортных средств, используемых для пассажирских и грузовых перевозок, включая перевозки специальных и опасных грузов;
- определение местоположения железнодорожных транспортных средств для ввода координат в бортовые локомотивные устройства безопасности в режиме реального времени;
- формирование и актуализация электронных карт железнодорожного пути и объектов инфраструктуры на основе спутниковых определений координат для использования в бортовых локомотивных устройствах безопасности.

5. Усилить работу провидения открытых уроков по безопасности в школах и как правильно себя вести на объектах железной дороги и рядом с ними. Рассказывать ребятам о мерах предосторожности, демонстрировать специальные видеоролики, а для закрепления знаний раздавать памятки, содержащие элементарные правила поведения.

6. Совместно с сотрудниками полиции необходимо организовать специальные рейды в местах, где фиксируются случаи нарушения, которые будут помогать в борьбе с законопослушными пешеходами, а к ним относятся перегоны, станции, остановочные пункты.

### Список литературы

- 1 Газета Гудок Выпуск №14 от 31.01.17
- 2 Сайт РЖД
- 3 Потехина А. А., Григорьев М. Г. Аварии на железнодорожном транспорте // Молодой ученый. — 2015. — №11. — С. 408-409.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Власова Н.В., Иконникова В.С.**

ФГБОУ ВО ИргУПС, г. Иркутск

Одним из главных показателей железных дорог является провозная и пропускная способности. Провозная способность железнодорожной линии определяется возможностью выполнения объемов перевозок в миллионах тонн грузов по ней в течение года. Провозная способность прямо пропорциональна пропускной способности участка и массе составов поездов, а также существенно зависит от конструктивных схем и параметров вагонов. Провозная способность увеличивается с понижением коэффициента тары вагонов, улучшением использования их грузоподъемности. Пропускная способность станции определяется наибольшим числом грузовых и заданным числом пассажирских поездов, которые могут быть пропущены станцией за сутки по всем примыкающим направлениям при полном использовании технических средств.

Пропускная способность устройств энергоснабжения электрифицированных линий зависит от мощности тяговых подстанций, нагрева проводов контактной сети, напряжения на токоприемнике электроподвижного состава и весовых норм поездов.

Как пропускная способность, так и провозная способность линии должна иметь резерв, которые могут быть разных видов. Это и временное резервирование, т.е. возможность использования избыточного времени. Для ж.д. линий оно представляет время суток, не занятое пропуском поездов это и дополнительное количество технических средств, например, железнодорожные пути на станциях, локомотивы, вагоны.

При проведении мер по увеличению пропускной и провозной способности увеличатся затраты на топливо и электроэнергию для тяги поездов. Чтобы этого избежать, следует прибегнуть к мерам, направленным на сокращение расходов. Существует несколько способов сокращения расходов:

1. Снижение себестоимости продукции.
2. Снижение расходов по конкретным статьям затрат

В данной ситуации интересуют второй способ. Статьи расходов возможно минимизировать после внимательного анализа издержек обращения.

При этом важно учитывать ответ на главный вопрос: как сокращение затрат скажется на конечных результатах деятельности компании.

Например, если снизить заработную плату сотрудникам, можно породить новую проблему: недовольство и саботаж, массовое увольнение. Без квалифицированных кадров серьезных задач не решить. Поэтому подходить к вопросу по сокращению расходов нужно комплексно, компенсируя денежное снижение немонетарными методами мотивации работников. Статья по содержанию персонала может быть минимизирована за счет внедрения совместительства, аутсорсинга и контроля оплаты простоев в работе не по вине работодателя.

Статья по эксплуатации оборудования может быть эффективно снижена за счет грамотной политики руководства:

1. Сдачи во временную аренду неиспользуемых станков, автотранспорта и механизмов, складских помещений.
2. Проведение регулярного техобслуживания с целью минимизации затрат на капитальный ремонт.
3. Внедрение практики возвратного лизинга.
4. Снижение простоев и так далее.

Снизить издержки также возможно путем введения в эксплуатацию и замену морально устаревшего оборудования на современное более технологичное.

Снижения эксплуатационных расходов, а конкретно расходов на топливо при перевозке грузов можно добиться путем введения в эксплуатацию более совершенных локомотивов.

Так, затраты на топливо в 2016 и 2017 годах составили 83.1млрд. руб. и 78.7млрд. руб. соответственно. По мимо материальных затрат на топливо, не стоит забывать о оказывающих вредное воздействие на окружающую среду выбросах в атмосферу отработанных газов.

Переход на электротягу решает проблему с выбросами в атмосферу, но в свою очередь влечет за собой затраты не только на приобретение электровозов, но и на прокладку контактных сетей, строительство электростанций и тяговых подстанций.

Массовое введение в эксплуатацию гибридных локомотивов позволит решить эту проблему. Примером такого локомотива может стать отечественный Маневровый локомотив ТЭМ9Н. Маневрово-вывозной дизельный локомотив ТЭМ9Н разработан центром инновационного развития СТМ (Сколково).

Гибридный локомотив предназначен для маневровой работы на станциях и железных дорогах в районах с умеренным климатом. Мощность локомотива - 1200 л.с., максимальная скорость - 100 км/час. Применение литий-ионных аккумуляторов Лиотех в конструкции локомотива снижает расход дизеля на 30%, что соответствует экономии 60 тонн топлива в год, и на 55% уменьшает выбросы отработанных газов в окружающую среду.

Главное отличие локомотива ТЭМ9Н - наличие в конструкции комбинированного накопителя энергии из литий-ионных аккумуляторов «Лиотех» и суперконденсатора, что позволяет:

1. Запасать энергию при торможении локомотива.
2. Отдавать энергию из накопителей на тягу или вспомогательные нужды.
3. Осуществлять движение с выключенным дизелем не менее 60 минут.
4. Снизить расход топлива дизеля и количество выхлопных газов в различных режимах за счет использования энергии накопителей.
5. Запускать дизель по необходимости – «старт-стоп» режим.
6. Оптимизировать совместное использование мощностей дизель-генератора и накопителей энергии в различных режимах работы с применением в системе верхнего уровня интеллектуального предсказания профиля пути с помощью технологий ГЛОНАСС-GPS.
7. Не использовать стартерную аккумуляторную батарею; для пуска дизеля используются суперконденсаторы.

Технические показатели локомотива ТЭМ9Н:

1. Мощность тепловоза по дизельгенератору - 630 кВт.
2. Мощность тепловоза по электрическому накопителю энергии – 252 кВт.
3. Накопители энергии - Литий-железо-фосфатная батарея 300 А\*ч мощностью 252 кВт; молекулярные накопители (суперконденсаторы) ёмкостью 0,8Ф.
4. Ширина колеи – 1520 мм.
5. Конструкционная скорость – 100 км/ч.
6. Скорость длительного режима при совместной работе от ДГУ и накопителей - 10,1 км/ч.

Таким образом, введение гибридных локомотивов положительно скажется на промышленности станций и в целом всей железной дороги, так как обладает рядом преимуществ перед обычными

тепловозами: позволяет эффективно эксплуатировать железнодорожный транспорт, как на электрифицированных железнодорожных путях, так и на не электрифицированных, за счет общей двигательной цепи, которая способна работать как от электричек их, так и от дизельных источников питания, снижение затрат на топливо, уменьшение вредных выбросов в атмосферу и возможность более экономичного и гибкого распределения состава. Все вышперечисленное позволяет сделать вывод о том, что гибридные электровозы более преимущественны в сравнении с эксплуатацией электровозов. Эти плюсы позволяют сделать вывод о состоятельности данной инновации в современных условиях.

### **Список литературы**

1. Калугин С.П., Беляев А.С. Тяговые электродвигатели для гибридных и электрохимических локомотивов. Мир транспорта. 2015;13(6):50-61
2. © ООО «Лиотех», 2011 — 2018 (электронный ресурс)- статья «Маневровый локомотив ТЭМ9Н»
3. «Двухосный гибридный локомотив ЛГМ 1», журнал «Локомотив», № 1, 2012
4. Пояснения к бухгалтерской (финансовой) отчетности ОАО «РЖД» за 2014-2015 год

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИИ И МОНГОЛИИ**

**Власова Н.В., Токарева А.А.**

ФГБОУ ВО ИрГУПС, г. Иркутск

В настоящее время основной объем грузовых перевозок России (около 75%) приходится на долю железнодорожного транспорта. Ключевую роль в обеспечении транспортно-экономических связей с соседями играет Улан-Баторская железная дорога. Единая с российскими железными дорогами техническая база, в том числе ширина колеи 1520 мм, обуславливает единую с РЖД стратегию развития и программу модернизации Улан-Баторской железной дороги. В силу географического положения, Улан-Баторская железная дорога имеет большой потенциал для транзитных перевозок в сообщении Европы и России с Китаем и другими странами, объективно являясь естественным сухопутным мостом в этом направлении.

Контейнерные перевозки - это одно из главных средств ускорения товародвижения и сокращения транспортных издержек.

Преимущества перевозки грузов в контейнерах известны: это практически стопроцентная сохранность, сокращение времени доставки груза, удобство транспортировки.

Монголия занимает важное стратегическое положение в организации евразийского транзита контейнерных грузов из Китая в Европу. Кроме того, у нее имеются очевидные преимущества: более короткий маршрут, единая с российскими железными дорогами ширина колеи, общие с ними технические стандарты и в перспективе - единая информационно-технологическая база с Россией.

На рисунке 1 представлен анализ объемов контейнерных грузов, проходящих транзитом через границу Монголии.

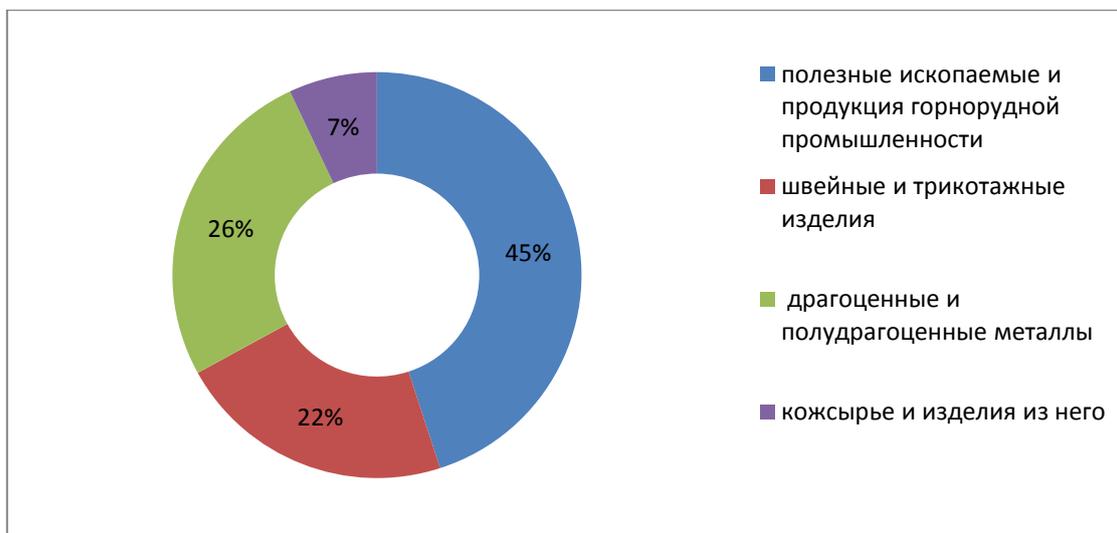


Рисунок 1 Анализ объемов контейнерных грузов

Международная торговля и обеспечивающие ее транзитные коридоры, составной частью которых являются Монгольские железные дороги, жизненно важны для экономического развития Монголии. Долгосрочный результат зависит от тесного сотрудничества с Транссибирской магистралью, железными дорогами КНР и успешной конкуренции с Новой евразийской магистралью.

Помимо транзитных перевозок в развитии Монголии большую роль играет импорт продукции из других стран. На рисунке 2 приведена структура импорта Монголии.

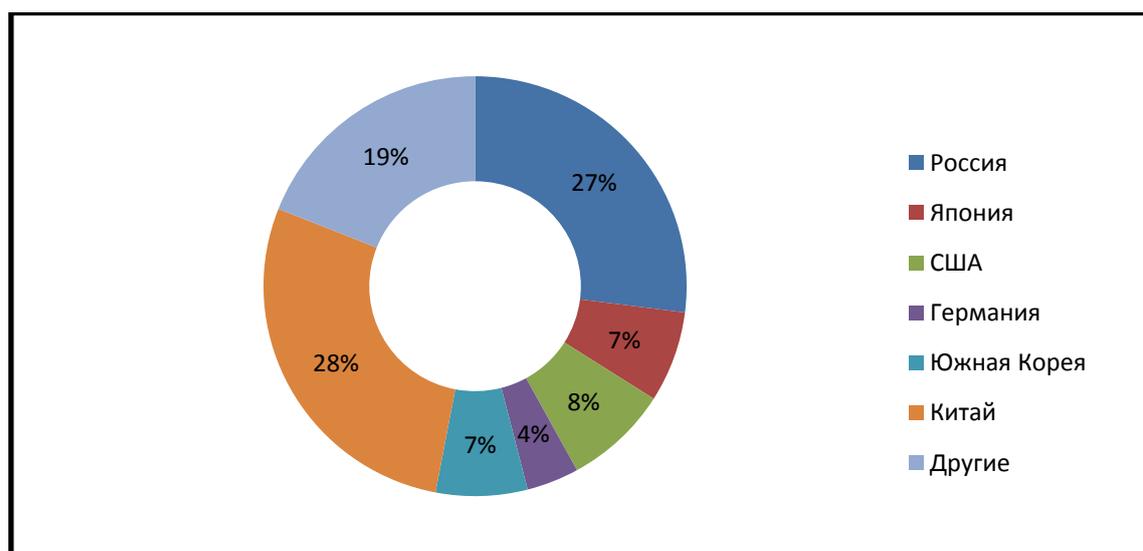


Рисунок 2 Структура импорта Монголии

Из рисунка 2 видно, что в настоящее время большая часть импортных грузов в Монголию поступает из России и Китая, что составляет 27% и 28% соответственно. Это показывает, что приоритетным направлением развития Монголии и Монгольских железных дорог является экономическое и технологическое взаимодействие с этими странами.

В связи с невысоким уровнем развития монгольской транспортной инфраструктуры железнодорожный транспорт пока не может в полной мере отвечать требованиям, предъявляемым к организации международного транспортного маршрута. Большая территория и малочисленное население и в дальнейшем будут определять ведущую роль железных дорог в транспортном секторе страны. Поэтому основное внимание должно быть уделено развитию железнодорожного транспорта Монголии. [1]

В настоящее время значительные объемы международных грузовых перевозок выполняются в направлениях Восток-Запад и Запад-Восток. Учитывая в дальнейшем рост конкуренции с Новой евразийской магистралью, необходимо разрабатывать дополнительные меры по повышению

конкурентоспособности международных грузовых перевозок с участием России и Монголии. Одним из важнейших направлений при этом становится повышение конкурентоспособности контейнерных перевозок.

В настоящее время объемы международных контейнерных перевозок с участием Монголии составляют:

Согласно данным железнодорожных и таможенных ведомств Внутренней Монголии, в прошлом году через Эрэн-Хото — крупнейший железнодорожный КПП на китайско-монгольской границе — прошли 11,22 млн тонн экспортных и импортных грузов, что на 16% больше по сравнению с предыдущим годом. В частности, объем перевозок импортных грузов составил 10,03 млн тонн при увеличении на 15%.

За 2017 год по маршрутам грузовых перевозок Китай-Европа через КПП Эрэн-Хото госграницу пересекло 570 составов, что на 243% больше по сравнению с 2016 годом.

По сообщению ведомства пограничного контроля, в 2017 году объем грузовых и пассажирских перевозок через КПП Ганьцимаоду достиг 17,4 млн тонн и 724,9 тыс. человек, увеличившись на 26,22% и 31,51% в годовом исчислении. [4]

В связи наметившей тенденцией роста контейнерных перевозок железной дороге необходимо изменить свою стратегию в области контейнерных перевозок. Для этого должна быть выполнена соответствующая проработка вопросов технологии организации контейнерных перевозок, графика движения поездов, оперативного планирования и регулирования эксплуатационной работы, а также технологии работы станций и терминалов по переработке контейнеров.

Экономическая эффективность контейнерной технологии перевозок связана со следующими показателями: планируемые объемы перевозок, эксплуатационные расходы, транспортные тарифы.

Для обеспечения стабильных объемов перевозок и улучшения использования подвижного состава необходимо внедрение на сети железных дорог новых оптимизационных моделей технологии перевозочного процесса, в том числе совершенствование организации контейнеропотоков и методики разработки плана формирования вагонов с контейнерами.

Методика плана формирования вагонов с контейнерами должна предусматривать ускорение оборота контейнера и доставки груза, сокращение количества переработки контейнеров на всем пути следования.

Расчет плана формирования производится на основании статистических сведений отчетности по грузным и порожним контейнеропотокам и выделения контейнерных потоков на одну станцию, на одну дорогу по минимальному нормативу контейнеропотока. [2]

В перспективе необходимо создавать экономическую заинтересованность грузовладельцев в росте международных контейнерных перевозок по территории Монголии и России. Основное направление заключается в проведении мероприятий, направленных на снижение совокупных затрат грузовладельцев при перевозках грузов с участием Монгольских и Российских железных дорог. В первую очередь это достигается за счет сокращения сроков доставки грузов и применения гибкой тарифной политики, направленной на привлечение дополнительных объемов перевозок и улучшение экономических результатов работы железнодорожного транспорта Монголии и России.

Обоснованный выбор технологии перевозки должен создавать экономическую заинтересованность в перевозках, как железных дорог, так и грузовладельцев. Это требует выполнения специальных технико-экономических расчетов, позволяющих определить наиболее эффективную технологию перевозок. В общем случае с одной стороны должно обеспечиваться снижение всех видов затрат грузовладельцев, связанных с перевозками грузов, с другой - улучшение экономических показателей железных дорог.

#### Список литературы

1. Балжир, М. Перспективы Улан-Баторской железной дороги / М. Балжир // Мир транспорта. - 2014. - №3. - С.148 - 155.
2. Кондрачук О.Е. Перспективы развития контейнерного бизнеса // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.;
3. Информационно-аналитическое агенство «SeaNews» 2001: Международные контейнерные перевозки в России. - 2002. - 60 с.
4. Китайское государственное информационное агенство «Синьхуа» 2017.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Власова Н.В., Потапова А.А.

ФГБОУ ВО ИрГУПС, г. Иркутск

Роль железнодорожных грузовых перевозок в России с каждым годом увеличивается. На сегодняшний день на нее приходится 80% грузооборота. [1].

От эффективной работы данной системы зависит уровень развития экономики государства. Ежегодно благодаря слаженной работе железной дороги перевозится в основном номенклатура грузов, представленная на рисунке 1.

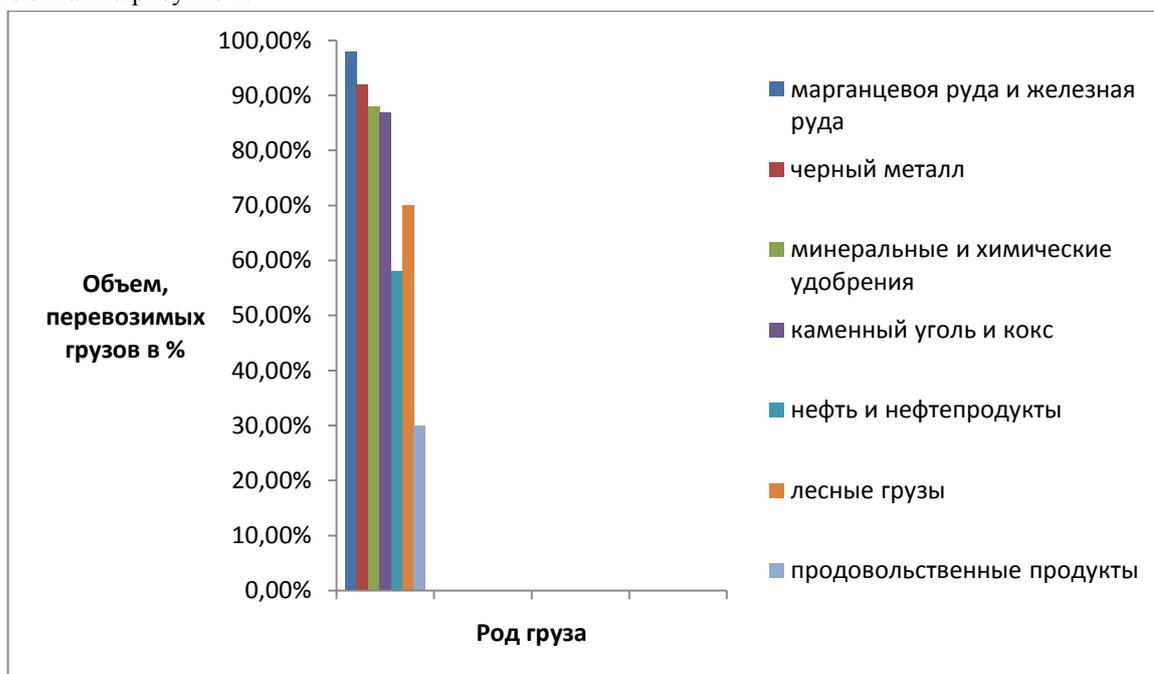


Рисунок 1. Основная номенклатура грузов, перевозимая железнодорожным транспортом

В рамках реформирования железнодорожного транспорта в России операторская деятельность была практически полностью выведена из сферы деятельности ОАО «РЖД» [2]. На сегодняшний день в целом по стране ОАО «РЖД» имеет в своем парке около 80 тысяч вагонов, но до конца года все они будут переданы в аренду либо в собственность второй грузовой компании. Задача – сформировать конкурентный рынок перевозок и обеспечить равные условия для всех участников перевозочного процесса.

Сегодня, этому мешает наличие вагонов у железной дороги, которая действует в рамках тарифного регулирования, ведь частные компании не имеют такого ограничителя как Федеральная служба по тарифам.

Сейчас на Красноярской железной дороге в перевозках участвуют около 40 операторов – собственников подвижного состава. В частных вагонах перевозится 70% всех грузов.

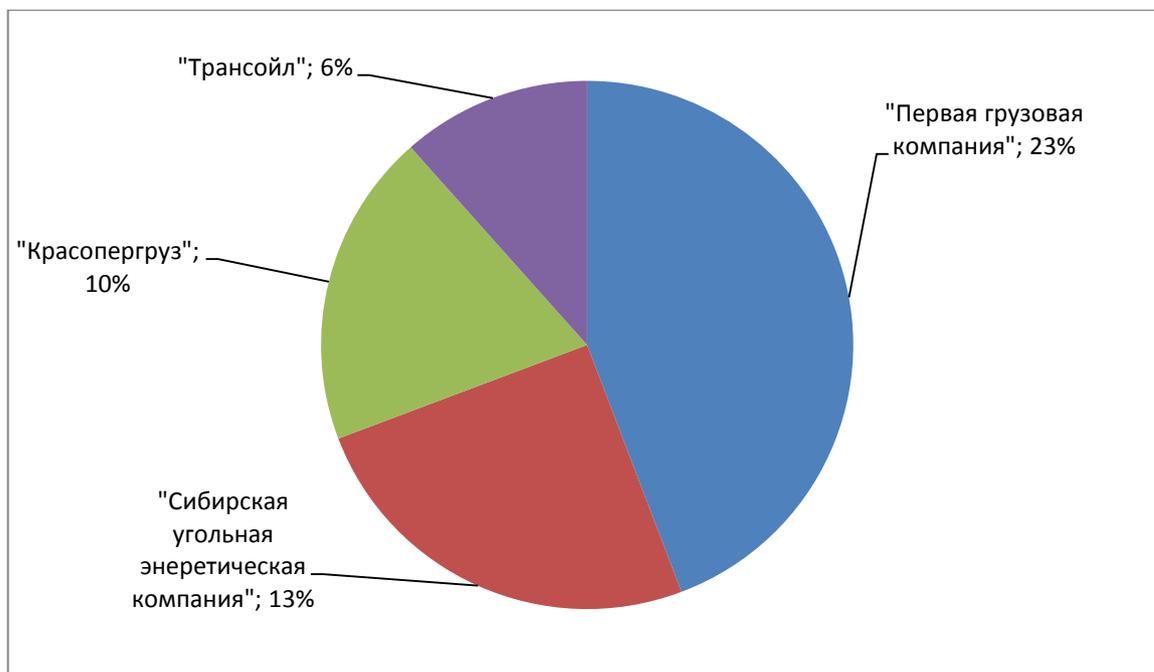


Рисунок 2. Основные собственники и перевозчики железнодорожного парка

В стране работают свыше 2,5 тысяч собственников подвижного состава, каждый из них преследует свои интересы. На рисунке 2 представлены основные собственники вагонов. Время от времени происходят нерациональные перевозки. Собственники не учитывают пропускные способности нашей инфраструктуры, действуют по собственному разумению и возникают ситуации при которых «в одном месте пусто, в другом – густо». На одной станции простаивают порожние вагоны, с другой не можем вывести груз из-за отсутствия подвижного состава.

Высокая конкуренция со стороны других видов транспорта, прежде всего автомобильного, приводят к оттоку высокодоходных грузов и замещению их низкодоходными, так большая часть грузов, перевезенных в последнее время относится к категории низкодоходным (60,5%) и среднедоходных (27,2%); на высокодоходные пришлось только 12,3% перевозок.[4].

Эффективность железнодорожных перевозок в настоящее время снижается. Так, например, за последние годы скорость доставки снизилась, увеличился оборот грузового вагона, и снизилась участковая скорость. По данным критериям построена гистограмма, которая приведена на рисунке 3.

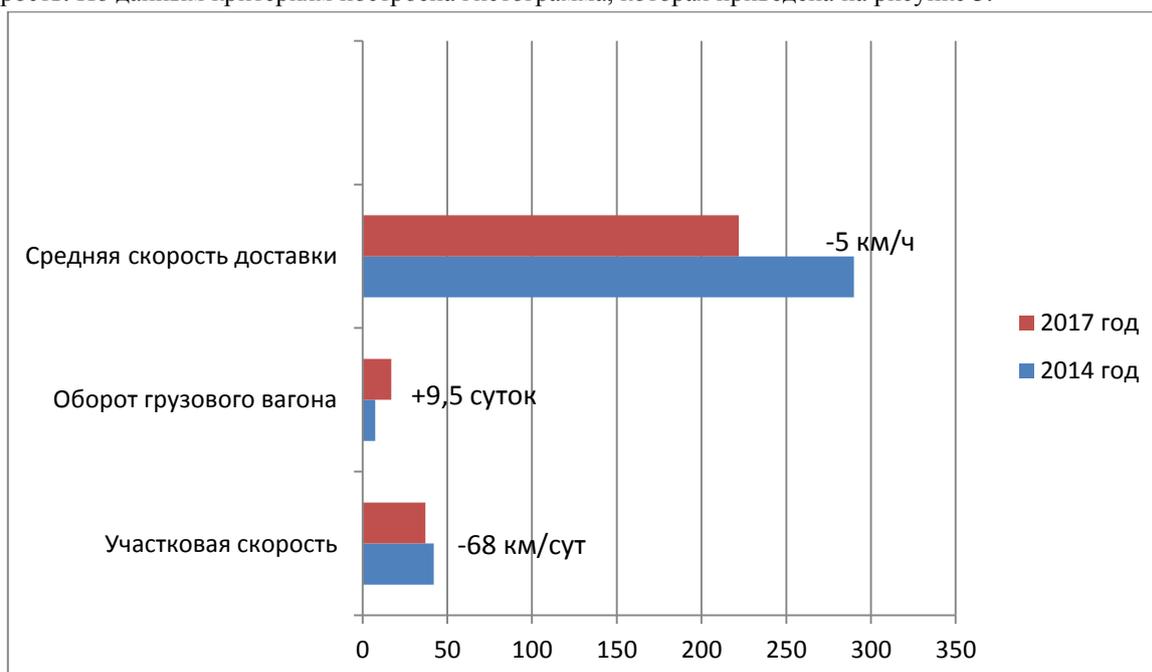


Рисунок 3. Показатели за 2016–2017 года

Подобная динамика связана с тем, что на отдельных участках сети общего пользования достигнуты предельные показатели пропускной способности. Это обусловлено:

Во-первых, недостаточным развитием инфраструктуры со стороны ОАО «РЖД», за период с 1989 года и по настоящее время:

- общее число железнодорожных станций уменьшилось на 18%;
- развернутая длина станционных путей сократилась на 9%;
- длина приемо-отправочных путей сократилась на 20%;
- длина сортировочных путей сократилась на 20%. [4]

Во-вторых, в качестве основной причины снижения эффективности сама компания ОАО «РЖД» называет избыток вагонов в секторе. Одним из результатов государственной программы реформирования железнодорожного транспорта стало создание частного парка грузовых вагонов. Существующий в настоящее время парк грузовых вагонов является избыточным. По расчетам ОАО «РЖД», для обеспечения предъявляемых объемов перевозок достаточно 900–950 тыс. грузовых вагонов.[4]

Для решения данной проблемы Минпромторгом России предложен комплекс мер, включающих ужесточение системы сертификации вагонов, создание базы данных допуска вагонов на сеть железных дорог, ведение которой предполагается поручить Росжелдору, а также введение повышенного коэффициента в размере 1,48 на порожний пробег для универсальных вагонов, эксплуатирующихся за пределами назначенного срока службы.[5]

Председателем Правительства Российской Федерации поручено федеральным ведомствам провести анализ предложений по изменению тарифного регулирования на перевозку порожнего подвижного состава, срок службы которого продлен, а также иных подходов в целях стимулирования ускоренного списания подвижного состава, достигшего назначенного производителем срока службы.[5]

Важным элементом повышения эффективности грузовых перевозок является изменение систем тарификации. Тарификация грузов должны отражать стоимостные аспекты осуществления перевозки при необходимом уровне качества и учитывать транспортную платежеспособность грузоотправителя и конкурентоспособность перевозимой продукции на товарных рынках.[3]

### Список литературы

1. Железнодорожный моделизм (<http://www.modelzd.ru/ustroystvo-zhd/znachenie-zhd-transporta.html>).
2. Транспорт Россия на рубеже столетий (XX-XXI вв.): состояние, проблемы, перспективы: В.А. Персианов, И.Б. Мухаметдинов.–М. :ИКФ «Каталог», 2006.–283 с.
3. Другие рельсы/Книга о реформе железнодорожной отрасли.–М.: ОАО РЖД, 2009.
4. Бюллетень о развитии конкуренции (апрель, 2015 год).
5. Реформа железных дорог: сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог.

## ПЕРЕВОЗКА ЗЕРНА В КОНТЕЙНЕРАХ НАСЫПЬЮ

**Володина Н. С., Власова Н. В.**

ИрГУПС, г. Иркутск

Железнодорожные перевозки – простой и экономически выгодный способ транспортировки большого количества грузов. Наличие специализированного вагонного парка позволяет подобрать подвижной состав для транспортировки груза любого характера.[2]

Большую долю перевозимых грузов занимают насыпные грузы. К насыпным относятся грузы, представляющие собой однородную массу фракционных составляющих твердых частиц в форме порошка, зерен, гранул, капсул, обладающих подвижностью (сыпучестью). [2]

К насыпным грузам относится и зерно. Зерно - одно из важнейших продовольственных культур, поэтому так важно уделить особое внимание уходу, выращивание и его перевозку. Существует несколько способов транспортировки злаков, самыми распространенными являются автомобильные и железнодорожные перевозки. Чаще всего используют железнодорожный транспорт. Относительно низкая

стоимость перевозок позволяет зернотрейдерам сэкономить большие объемы капитала, а также перевозить огромные объемы груза. [2]

Для перевозки зерна используют вагоны-хопперы – зерновозы, но не всегда данный вид транспорта является удобным и экономичным. Начнем с того, что вагоны-хопперы по три-четыре месяца в году находятся на путях отстоя, занимая станционные, проходят деповские и капитальные ремонты. [2]

Средние затраты на деповский ремонт одного вагона-хоппера составляют от 60 000 рублей. Периодичность деповского ремонта зерновозов в среднем - через два-два с половиной года. [4]

Поэтому, необходимо искать альтернативные способы перевозки зерна, муки и других сыпучих грузов, и таковым может стать использование крупнотоннажных контейнеров общего назначения. Они перевозятся на специальных платформах. [2]

Крупнотоннажные контейнеры заводского изготовления не приспособлены для перевозки сыпучих грузов и жидкостей, но при соответствующем конструктивном добавлении и изменении вполне возможно выйти из положения. [2]

Это стало бы эффективным шагом в обеспечении сельских товаропроизводителей железнодорожным транспортом, в снижении тарифов перевозки сельхозпродукции и тем самым дало новый импульс в развитии фермерских хозяйств. Прежде всего, потому что периодичность капитального ремонта контейнеров 2-2,3 года, причем ориентировочная стоимость капитального ремонта составляет 10 000 рублей, а расходы на текущий ремонт около 500 рублей. [4]

К тому же такие контейнеры-зерновозы не занимают станционных путей, и их можно складировать в несколько рядов-этажей на предназначенных для этой цели площадках.

Для перевозки зерна используются стандартные универсальные 20-ти футовые контейнера, с допустимой массой брутто 30480 кг. Зерно загружается в контейнерный вкладыш. Время загрузки — 20-40 минут. При этом используется до 90% внутреннего объема контейнера, что позволяет загружать в него до 26000 кг зерна. [2]

Но для перевозки зерна необходимо произвести конструктивные изменения контейнеров. Примененная модель вкладыша имеет внутреннюю удерживающую конструкцию. Для защиты дверей и торцевой стенки контейнера от давления продукта устанавливается опорная металлическая конструкция. Это позволяет контейнеру с запасом выдерживать предельно допустимые динамические нагрузки при сортировке платформ на станции с использованием спуска с «горки» и транспортировке по железной дороге. [3]

Для погрузки зерна в контейнер используются пневмоперегрузчики или ленточный конвейер. Ленточный конвейер устанавливается внутрь контейнера. Груз сбрасывается с ленты в контейнер.

Для выгрузки используются:

-пневмовыгрузка: контейнер наклоняется на угол 30-45 градусов. Под действием силы тяжести продукт через выгрузочный рукав поступает в роторный питатель, подключенный к пневмотранспорту. Далее пневмотранспортом продукт перемещается в емкость для хранения;

-вакуумная выгрузка: контейнер устанавливается на наклонную платформу. Угол наклона контейнера должен составлять 30 -45. Выгрузочная труба устанавливается в контейнер. Продукт засасывается под действием вакуума. При использовании мобильной установки выгрузка может происходить без наклона контейнера. [1]

Преимущества данной технологии:

-возможность осуществлять отправки зерновых с токов сельхозпредприятий, удаленных от магистральных элеваторов;

-гибкость логистики, позволяющая осуществлять доставку по схеме «от двери до двери» и быстро менять направления грузопотоков;

-возможность дальнейшей минимизации затрат и оптимизации логистических схем, в том числе за счет совмещения исходящих грузопотоков со входящими;

-возможность совмещение с технологией хранения зерна в полиэтиленовых рукавах;

-снижение не менее чем на 15 % затрат на упаковку продукции, по сравнению с традиционными видами упаковок;

-гарантированность сроков поставки дискретных партий и сохранность груза при транспортировке;

-легкий инвентарный контроль движения груза на всех этапах;

-высокая автоматизация загрузки/выгрузки;

-длительное хранение продукта.

Данные контейнеры можно перевозить на разных видах транспорта, и не требуют особых затруднений в перегрузке. Во время перевозки зерна контейнер автотранспортом доставляется к месту загрузки, а затем - на станцию отправления для транспортировки по железной дороге. В данном случае железнодорожный подвижной состав будет использоваться максимально эффективно, в данном случае платформы [3]

#### Список литературы

1. Антонеевич Э.Ф. Погрузо-разгрузочные работы. Справочник. М. Транспорт. 1972.-288 с.
2. Власова Н.В. Грузоведение: учебное пособие к изучению курса / сост.– Иркутск : ИрГУПС, 2017. – 156 с.
3. Гриневич Г.П. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж. - д. транспорта - М: Транспорт, 1981 - 343 с.
4. Комаров А. В. Транспортное обслуживание и экспедирование грузовых перевозок : учеб. пособие / – Иркутск : ИрГУПС, 2017. – 112 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ ТОРМОЗНОГО ПУТИ АВТОМОБИЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

**Шийка А.П., Деревнин А.А.**

(**Шийка А.П.** преподаватель отделения среднего профессионального образования, СИНГ филиал ТИУ, г. Сургут; **Деревнин А.А.** студент группы АТХт-16-(9)-1, СИНГ филиал ТИУ, г. Сургут)

**Аннотация:** Температура окружающего воздуха оказывает влияние на тормозной путь автомобиля. В статье приводятся результаты измерения тормозного пути, при различной температуре. Зависимости имеют практическую значимость и могут использоваться в суровых климатических условиях.

**Ключевые слова:** фрикционные шины, шипованные шины, тормозной путь, безопасность дорожного движения, испытания, холодный климат.

#### **Введение**

Сургут является крупнейшим городом ХМАО, он занимает лидирующее место в округе по численности населения, промышленному, экономическому и туристическому значению. Высокий уровень автомобилизации в г. Сургуте - 587 авт./1000чел.[1], а также наличие промышленных предприятий, с большим количеством специальной нефтегазопромысловой техники, определяют большие значения интенсивности транспортного потока на дорогах города и района. Для Сургута характерен холодный, континентальный климат с суровыми зимами, большим количеством осадков и постоянными ветрами. Зимой, в таком климате проезжая часть, постоянно покрыта слоем наледи, укатанного или рыхлого снега, а большие суточные перепады температур, в осенне-весенний период, приводят к интенсивному таянию снега днем и обледенению дорожного покрытия, ночью. В таких условиях эксплуатации важнейшим критерием безопасности дорожного движения является тормозной путь, поэтому применение зимних шин является обязательным требованием.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили два типа зимних шин, шипованные и фрикционные шины. Шипованные шины изготавливаются из жесткой и износостойкой резины, с целью надежной фиксации, и предотвращения выпадения шипов из гнезда. Такие покрышки работают на макроуровне, при этом поверхность должна быть достаточно мягкой, чтобы шипы могли проколоть ее, и в то же время прочной, чтобы удержать автомобиль при торможении[2]. Фрикционные шины изготавливаются из более мягкой и пористой резины, чем шипованные, а также имеют большое количество ламелей на рисунке протектора. Такие шины работают на микроуровне и обеспечивают хорошую адгезию с поверхностью дороги цепляясь за микронеровности на поверхности. На ледяном и снежном покрытии, шипованные шины эффективнее фрикционных, что подтверждается многочисленными тестами[3]. Но после эксплуатации нескольких сезонов, наблюдается значительное снижение эффективности работы шипованных шин. Фрикционные покрышки, имеют стабильные показатели на протяжении всего срока эксплуатации. Преимуществами фрикционных шин являются: низкий уровень шума, лучшие показатели тормозного пути на сухом и мокром асфальте, щадящее отношение к дорожному покрытию, в процессе эксплуатации.

### Методика и результаты испытаний

В этой работе приведены результаты испытаний различных шин при различной температуре окружающего воздуха, с целью определения влияния температуры окружающего воздуха на длину тормозного пути. В процессе испытаний был выбран участок загородной дороги, покрытие которого – плотный, укатанный снег. В испытаниях участвовали 7 различных автомобилей (Рис. 1), на 6 из которых установлены шипованные шины, различных производителей, а на одном – фрикционные (липучка).



Рисунок 1. Автомобили, участвующие в испытаниях

Испытания проводились при установившейся температуре окружающего воздуха, в диапазоне от -14 до -30°C, относительной влажности от 75 до 90%. Автомобиль разгонялся до установившейся скорости - 60 км/ч, а при прохождении контрольной отметки начинал замедляться, экстренным торможением, до полной остановки. Затем фиксировался тормозной путь при помощи геодезической рулетки. Для исключения погрешностей при измерениях тормозного пути, каждый раз принималось среднее значение по результатам 3 заездов.

Результаты испытаний представлены графически, в виде кривых (Рис.2), где на оси абсцисс отмечена температура, в день испытаний, а на оси ординат – значения тормозного пути, при данной температуре. Всего было построено 7 зависимостей. С 1 по 6 показывают изменения тормозного пути от температуры окружающего воздуха для легковых автомобилей различной массы и конструкции (наличие или отсутствие ABS), оснащенных шипованными шинами. По построенным кривым можно сделать вывод, что данные шины имеют определенную температуру оптимума эксплуатации – в районе -25 °С, при которой они работают наиболее эффективно.

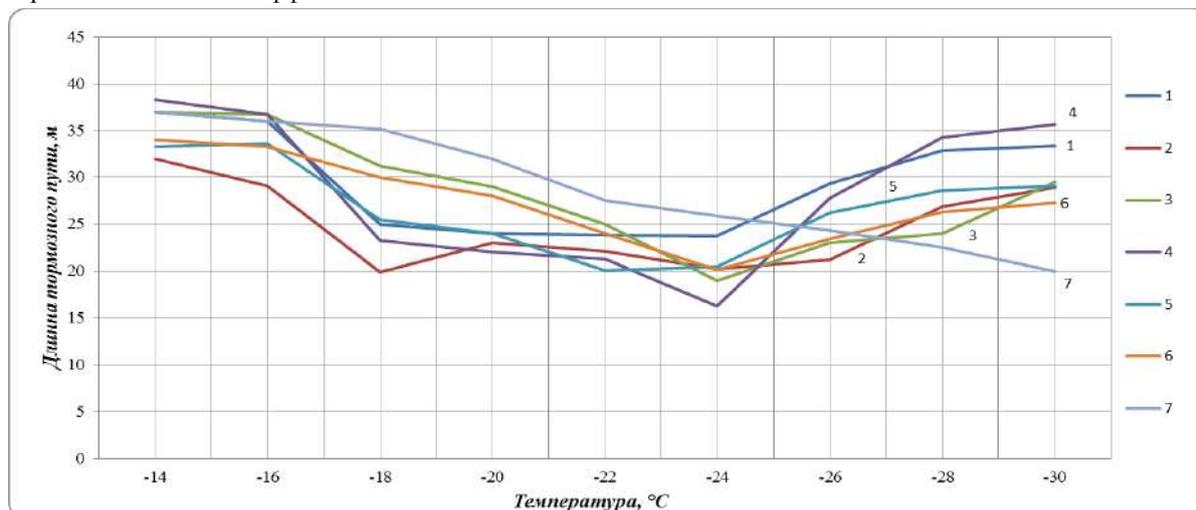


Рисунок 2. Зависимость тормозного пути от температуры окружающего воздуха

Повышение температуры окружающего воздуха приводит к снижению прочности и твердости верхнего слоя снега (льда). Вследствие чего шип легко проникает в поверхность, а при торможении происходит разрывание поверхности и тормозной путь автомобиля увеличивается. При температурах, ниже оптимальной, наблюдается повышение твердости и прочности поверхности, и шипы проникают в контактную поверхность незначительно и так же работают неэффективно. Эти зависимости можно описать параболой, ветви которой направлены вверх. 7 кривая соответствует фрикционным шинам, представляет линейную зависимость. Такой вид закономерности можно объяснить тем, что при понижении температуры, микроструктура поверхности становится более шершавой и коэффициент трения увеличивается, а также из пятна контакта пропадает влага, и наблюдается только сухое трение, что повышает эффективность торможения.

#### **Выводы и заключения**

В результате испытаний было определено, что эффективность работы зимних шин напрямую зависит от температуры окружающего воздуха.

Полученные данные применимы в суровых климатических условиях, при:

- организации дорожного движения;
- эксплуатации автомобиля;
- проведении автотехнической экспертизы.

#### **ССЫЛКИ**

1. Аналитическое агентство «АВТОСТАТ»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru>. (Дата обращения: 25.02.2017).
2. Журнал «Популярная механика»: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.popmech.ru/vehicles/50356-vse-o-shipakh-dlya-zimney-reziny/>.
3. Журнал «За рулем»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zr.ru/content/articles/902746-novinki-zimnikh-shin-2016-2017/>

### **СЕКЦИЯ №9.**

#### **АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

### **СЕКЦИЯ №10.**

#### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)**

#### **БИОНИКА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИГРОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ**

**Грязнова А.В.**

УрГАХУ, РФ, г. Екатеринбург

Важным аспектом создания открытого городского пространства в учебном курсе «Основы архитектурного проектирования» служит концепт улучшения качества жизни населения, благодаря функционально и композиционно продуманной организации внутри дворового игрового пространства. В то же время – это одна из интереснейших задач, стоящих перед архитектором и наиболее актуальна тенденция создания детского игрового пространства с применением бионики формообразования. Возводимые в г. Екатеринбурге современные жилые комплексы включают в свою структуру не только удобные паркинги, зоны отдыха, благоустроенные территории, но и организованные места для игры детей разных возрастных групп. Порой это набор игровых элементов, чаще всего, не имеющих композиционной взаимосвязи и образной составляющей. Положительным моментом является использование современных композитных и деревянных материалов для несущих и ограждающих конструкций.

Сложнее стоит проблема организации детского игрового пространства в жилых районах, построенных ранее. Характерной особенностью жилой застройки, города Екатеринбург в 60-80 годы XX века было создание локальных жилых образований, спальных районов, которые наряду с крупными промышленными зонами и административно - общественными центрами формировали «ткань» городской структуры. Достаточно крупные районы с застройкой девяти и шестнадцати этажными зданиями занимали свободные территории или районы с «пленочной» застройкой. Например, районы «Комсомольский» или «Заречный» г. Екатеринбург. Проектировались и строились новые структуры улично-дорожной сети, инженерные коммуникации, системы обслуживания населения. Проживающее в таких районах, население обеспечивалось за счет государства жилыми квартирами, а также детскими садами, школами, магазинами, поликлиниками, детскими кухнями, объектами бытового обслуживания. Строительство зданий сопровождалось благоустройством и озеленением окружающего пространства. Жилые дома имели благоустроенную придомовую территорию: игровые комплексы, цветники, газоны, скверы и зоны отдыха. Например, район «Заречный» имел свободную планировку, но в каждой жилой группе размещался деревянный детский городок в стиле старинных русских сказок. В районе «Комсомольский» тематические игровые пространства совмещались с объектами геопластики, что не только позволяло играть детям, но и значительно обогащало ландшафт. Важным аспектом субъективной оценки качества жилой среды является комплексность обслуживания населения. В настоящее время эти игровые площадки, имеющие большой срок эксплуатации, потеряли целостность структуры или утрачены полностью. Основной материал игровых элементов – металл, эксплуатация которого имеет определенные специфические особенности в условиях местного климата. Определяющий критерий их создания – антивандальность, поскольку прямое функциональное использование, игра детей, порой сопровождается не характерным использованием, таким как выгул домашних животных или отдых других возрастных групп населения. Многие игровые площадки утратили свою функциональность, безопасность и эстетический образ.

В ходе курсового архитектурного проектирования в Уральском государственном архитектурно-художественном университете выполняется проект на тему «Организация открытого пространства». Одним из вариантов решения темы может быть организация детского игрового пространства. Например, проект на тему: «В гостях у муравья» О.Г. Волковой (Рис.1). Основной целью, которого является не только функциональная организация процесса игры, но и создание яркого, запоминающегося художественного образа.

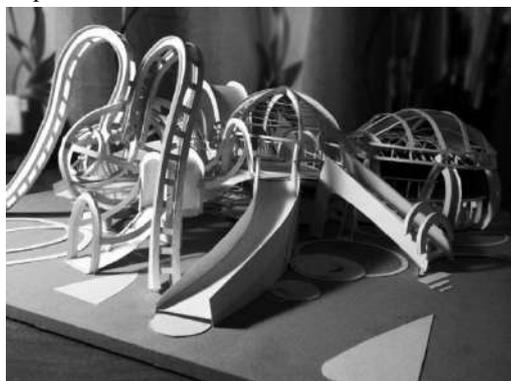


Рис. 1. Проект 1



Рис. 2. Проект 2

Другим примером может быть проект организации детского игрового пространства на тему: «Кристалл» А.В. Грязновой (Рис.2), в котором не используется прямое цитирование, но есть ассоциативная связь с формами флоры и фауны. Функционально верхний игровой уровень приподнят над землей, что может служить укрытием играющих детей от дождя или избыточной инсоляции. Подпорная стена второго уровня может быть использована детьми для стенографии.

Данные примеры использования элементов бионики в архитектуре позволяют значительно изменить масштаб пространства. Дети попадают в фантастический макромир. Активный силуэт главного элемента служит ориентиром с дальних точек восприятия. В процессе проектирования решаются следующие задачи: улучшение экологической обстановки, в том числе видео экологии; организации безопасного функционального процесса, использование эргономичных элементов, создание интересного, запоминающегося образа.

Благодаря архитектурной бионике, игровое пространство может быть адаптировано к биологически подобной форме, которая способна создать яркий эмоциональный образ. Что в свою очередь вызывает интерес и положительные эмоции у ребенка. Образ формы широко раскрывает функциональную составляющую и отвечает нормам эргономики, не подавляя собой основное предназначение – создание игрового пространства, которое является неотъемлемым элементом городской среды.

#### Список литературы

1. Архитектурная бионика. Под редакцией Ю.С. Лебедева. — М.: Стройиздат, 1990., 266 с.
2. Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования: учебно- методическое пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1982. – 225 с.
3. Иовлев В.И. Введение в проектирование архитектурной среды: учеб. пособие. – Екатеринбург: УралГАХА, 2002. – 89 с.
4. Иовлев В.И. Макетирование в начальном учебном проектировании. - Свердловск: САИ, 1982. -20 с.
5. Саморай В.И. Современные тенденции в архитектурной бионике. [Текст]: автореф. дисс. на соискание академ. степени магистра архитектуры / В.И. Саморай. – Ростов-на-Дону, 2010.
6. Стасюк Н.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Основы архитектурной композиции: учебное пособие. – М.: Архитектура-С, 2004. – 96 с.

### ВОЗМОЖНОСТИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНООБЪЕКТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

**Грязнова Г.Г.**

УрГАХУ, РФ, г. Екатеринбург

Формирование городской среды – многоплановый процесс, направленный на создание оптимальных условий жизнедеятельности населения, результат профессиональной активности специалистов многих отраслей науки, техники и производства.

Город представляет собой полифункциональную структуру, состоящую из определенного набора элементов пространственной среды: административно-общественный центр, производство, зона рекреации и др. Градообразующую функцию могут выполнять объекты производственной и научной деятельности или отдыха и развлечений, что соответствует формированию промышленных, научных городов или городов-курортов. Моно структура прослеживается в малых и средних городах. Для крупных и крупнейших городов более характерна полифункциональная городская среда. Город должен иметь мощную, эффективно функционирующую транспортную сеть или находиться в узловом месте пересечения сухопутных, воздушных и водных транспортных путей. Большое значение для развития города играет наличие питьевой воды и возможность утилизации отходов.

Объекты массовой застройки часто не отличаются разнообразием форм и не имеют исторической значимости, они, своим визуальным однообразием угнетающе действуют на местных жителей и не производят яркого впечатления на экскурсантов. В качестве примера может быть рассмотрен микрорайон “Суходолье” г. Тюмень. Объемно - пространственная композиция состоит из 24 одинаковых метрически повторяющихся 17 – этажных кирпичных зданий. При наличии хорошо развитой инфраструктуры благоустройства, детских и спортивных площадок нет информационной логистики, недостаточно решен вопрос ориентации жителей в пространстве (Рис.1, Рис. 2 Микрорайон “Суходолье” г. Тюмень).



Рис. 1 Проект

Микрорайон “Суходолье” г. Тюмень

Источник: [http://www.vsluh.ru/author\\_posts/304149](http://www.vsluh.ru/author_posts/304149)



Рис.2 Застройка

В некоторой степени избежать монотонности застройки позволит яркое колористическое решение объектов (Рис.3 г. Москва). Другим вариантом решения проблемы визуального однообразия может стать создание активной объемно-пространственной композиции и полифункциональной структуры жилой группы (Рис.4 г. Красноярск), объединяющей жилье, досуг и бизнес.



Рис.3 г. Москва

Источник:

<http://www.terra-auri.ru/news/136/>



Рис.4 г. Красноярск

Источник:

<http://www.sibdom.biz/articles/>

Пространство города должно иметь свою индивидуальность, исторический и национальный колорит. Важную роль в этом процессе играет создание своеобразного, запоминающегося образа зданий и сооружений.

Большое значение для формирования облика города имеют объекты промышленной инфраструктуры. Их размещение по отношению к селитебной зоне может быть в непосредственной близости или даже внутри жилой застройки. Это одно объектные промышленные предприятия автосервиса или многоэтажные производственные здания приборостроения, радиоэлектроники или швейного производства, что позволяет формировать полифункциональную пространственную среду. Объемно-пространственное решение таких объектов становится узловым акцентом всей планировочной структуры.

Достаточно разнообразна типология производственных объектов, улучшающих качество городской среды, это производства пятого класса вредности, имеющие санитарно-защитную зону 50 метров. Здания позволяют не только сформировать полифункциональную среду, но и могут иметь активное образное решение. Например, в Уральском государственном архитектурно-художественном университете в процессе учебного проектирования на 4 курсе были выполнены проекты «Многоэтажное производственное здание» Е.С. Пашковой (Рис.5) и проект Е.Н. Вяткиной (Рис.6) «Швейная фабрика», имеющий ассоциативную связь с образом швейной машины.



Рис.5 Фото автора. Е.С. Пашкова

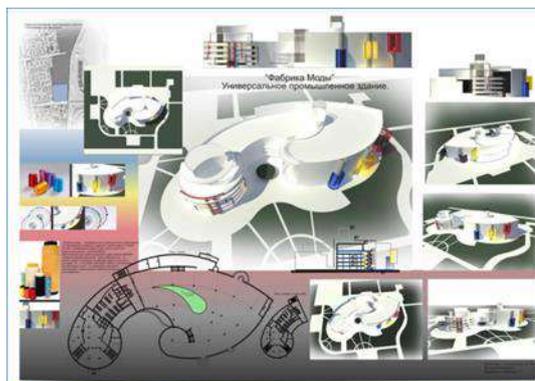


Рис.6 Фото автора. Е.Н. Вяткина

В проектах комплекс зданий образует сложную пространственную композицию, объединенную активно развитой системой благоустройства. Здание многофункционально по своей структуре, так как включает кроме производственных помещений, объекты общественного питания, магазины готовой продукции и офисные помещения, предназначенные не только для деловой активности, но и профессиональной ориентации молодежи. Активная форма зданий привлекает внимание. Образ объекта ассоциативно связан с динамикой движения и вращения. Кроме того, здания имеют интересное решение системы инженерного оборудования: использование солнечных батарей, дождевой воды для технических нужд и обратное водоснабжение, что делает эксплуатацию комплексов экономически более целесообразной.

В ходе учебного проектирования на 3 курсе выполняется проект на тему «Станция технического обслуживания автомобилей», включающий в свою структуру одноэтажное производственное здание, здание административно-бытового обслуживания и автосалон по продаже автомобилей. Учитываются вопросы организации объекта и окружающего пространства, проводится структурирование генерального плана и внутреннего пространства станции. Особый интерес вызывает образная составляющая проекта, поскольку объект становится композиционным акцентом окружающей застройки. Так, например, в проекте К.А. Остапюк (Рис.7) активно проявлена ассоциативная связь с динамикой движения автомобиля, с диском колеса как части автомобиля. В проекте А. Полиновской (Рис.8) прослеживается ассоциативная связь с ландшафтом Среднего Урала, что придает особый колорит принятому решению.



Рис.7 Фото автора. К.А. Остапюк



Рис.8 Фото автора. А. Полиновская

Данное проектное решение позволит разнообразить застройку выбранного участка, будет позитивно влиять на эмоциональный фон жителей и клиентов автосервиса. Для восприятия пространства важна запоминающаяся форма объекта, активный ассоциативный образ и насыщенное колористическое решение.

Промышленные объекты, имеющие яркую образную структуру формообразования, улучшают качество пространства жизнедеятельности. Производственные здания могут быть акцентами композиции многофункциональной городской среды.

### Список литературы

1. Захаров, В. А. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания / В.А. Захаров [и др.]. – М.: Стройиздат, 1993. – 509 с. – ISBN 5-274-01302-3.

2. Орловский, Б. Я. Промышленные здания / Б.Я. Орловский, Я.Б. Орловский. – М.: Высш. шк., 1991. – 304 с.
3. Куракова, Л.И. Антропогенные ландшафты / Л.И.Куракова. М.: Изд-во МГУ, 1976.-216с.
4. Липатова О. А. Город в пространстве социокультурной ситуации // Социокультурное пространство современного города: сб. науч. ст. / под ред. Л. В. Карцевой. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та культуры и искусств, 2009. С. 155-161.

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

**Зубарева Ю.В., Зуев Е.А., Мищенко А.В.**

Воронежский государственный технический университет, РФ, г. Воронеж

Строительство – одна из ключевых отраслей экономики. Строительный инвестиционный цикл включает в себя все виды деятельности, обеспечивающие получение конкретной строительной продукции. В современных условиях невозможно эффективно обрабатывать информацию, сопровождающую строительство, без внедрения интеллектуальных устройств: BIM – проектирования, smart – устройств и Интернета вещей (IoT).

Актуальность изучения и применения данных технологий заключается в возможности быстро и эффективно оптимизировать проектирование, строительство и эксплуатацию здания. Это позволяет осуществить переход отрасли промышленного и гражданского строительства на более высокий уровень конкурентоспособности.

Инновационная технология BIM – это информационное моделирование зданий и сооружений, осуществление контроля всех производимых операций на каждом этапе жизненного цикла объекта [1].

Важный шаг для внедрения BIM в России был сделан 4 марта 2014 года на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России. Так, Минстрою России, Росстандарту совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и институтами развития было предписано «разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, включающий предоставление возможности проведения экспертизы проектной документации, подготовленной с использованием таких технологий» [2].

BIM – технологии - это не только 3D – модель для визуализации проекта и создания проектной документации, но и процессы, способы совместной работы с информацией об объекте строительства. Для каждого этапа работы над проектом прописан уровень детализации BIM – модели, что позволяет принимать управленческие решения, не перегружая модель [3].



Рис.1. Структура информационной модели здания.

IoT — система объединенных компьютерных сетей и подключенных физических объектов со встроенными датчиками и ПО для дистанционного контроля, управления и получения данных с различного рода устройств [4]. Интернет вещей получил развитие в следующих отраслях строительства: система «умный дом», а также коммерческий учет потребления ресурсов, мониторинг уникальных зданий и сооружений, инженерные сети и безопасность, экономия энергии, трекинг транспорта в Москве [5]. Данная система позволяет быстро получать актуальную информацию, исключить бумажный документооборот и поверки устройств, заблокировать инженерные сети в случае возникновения аварийной ситуации.

Однако на сегодняшний момент внедрение такой технологии сталкивается со следующими проблемами:

- Вандаलोустойчивость
- Отсутствие законодательного регулирования
- Высокая стоимость установки системы в старых домах
- Риск утечки данных

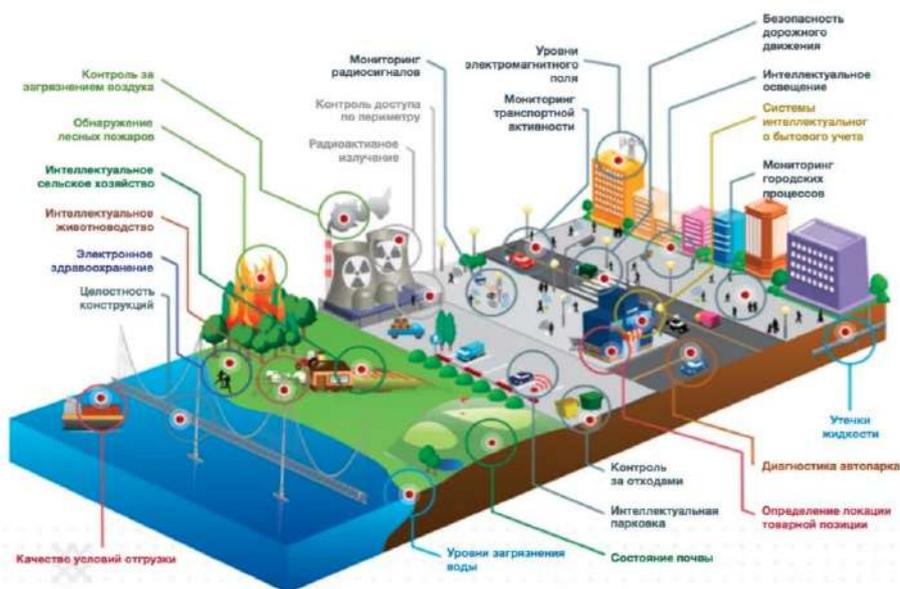


Рис.2. Область применения Интернета вещей

Данная проблема, касается многих отраслей использующих современные технологии. Высокий уровень применения BIM-технологий в США, ряде развитых стран Европы и Азии объясняется, в первую очередь, тем, что их продвижением занимаются не только отдельные заинтересованные компании, научные центры и профессиональные ассоциации, но и поддержкой государства. При этом государство выступает как в роли регулятора (в части разработки и утверждения нормативных правовых и нормативно-технических документов, создающих необходимую нормативную инфраструктуру для реализации проектов с применением технологий информационного моделирования; например, прохождения экспертизы, осуществления государственного строительного надзора и пр.), так и в роли заказчика, определяющего применение технологий информационного моделирования в качестве требований для получения государственного заказа в целях повышения эффективности расходования бюджетных средств на реализацию инвестиционно-строительных проектов.

В настоящее время строительные компании как никогда нуждаются в повышении рентабельности своего бизнеса, а это влечет за собой, как минимум, использование новых технологий информационного моделирования.

Для успешного внедрения интеллектуальных устройств в строительную практику необходима координированная работа следующих компонентов:

- модели строительного объекта (BIM);
- smart-устройства (датчики, сенсоры) с возможностью функционирования в IoT;
- коммуникационная инфраструктура и обработка полученных данных;

➤ определение задач строительной организации (например, контроль персонала на стройплощадке);

➤ бизнес-приложения (системы управления, контроля).

Основные сферы применения Интернета вещей и BIM в строительной индустрии:

- ✓ Мониторинг и ремонт оборудования.
- ✓ Автоматическое обнаружение надвигающейся необходимости ремонта.
- ✓ Управление материально-техническим снабжением и оформлением заказов.
- ✓ Сокращение времени простоев при использовании технологии IoT, предупреждающей о необходимости пополнения материальных ресурсов.

✓ Энергосбережение.

✓ Электронный документооборот.

✓ GPS-трекинг и электронная регистрация времени.

✓ Безопасность.

✓ Отслеживание положения строителей на площадке.

✓ Контроль шума, вибрации и пылевого загрязнения.

Главными преимуществами применения интеллектуальных устройств в строительстве являются:

- архивация данных с возможностью дальнейшего использования исходников;
- возможность получить полное описание здания и управлять изменениями;
- ускорение обмена информацией между подразделениями предприятия;
- эффективная параллельная работа участников проекта.

Прогнозируемый эффект от внедрения IoT и BIM – технологий в реальном секторе экономики России составит 0,8-1,4 трлн.рублей за 4-5 лет, за счет роста производительности труда на 10-25% и снижения затрат на 10-20% [6].

Стоит отметить, что дальнейшее развитие архитектурно-строительной и жилищно-коммунальной отрасли невозможно без внедрения передовых информационно-технологических разработок. Переход к интеллектуальному строительству, осуществляемый последнее десятилетие, обуславливает интерес студентов и молодых специалистов к изучению интеграции BIM и IoT в строительный инвестиционный цикл.

### Список литературы

1. Алсынбаев Р.Х. Использование bim - технологий в строительстве // Инновационная наука. 2017. №11. С.13-14.
2. ПРОТОКОЛ заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 4 марта 2014 г. № 2.
3. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Проектирование, строительство, эксплуатация: [Электронный ресурс] // AUTODESK.COMMUNITY. URL: [http://autodeskcommunity.ru/upload/iblock/656/bim\\_brochure.pdf](http://autodeskcommunity.ru/upload/iblock/656/bim_brochure.pdf) (Дата обращения 09.01.2018).
4. Рожков Р. Интернет вещей вписали в экономику / Р.Рожков//Коммерсантъ. – 2017. – 4 августа.
5. Гурвич В. Как Минстрой продвигает Интернет вещей в сферу строительства и ЖКХ: [Электронный ресурс] // Строительство.RU.2016. URL: <http://rcmm.ru/arhitektura-i-proektirovanie/24260-kak-minstroy-prodvigaet-internet-veschey-v-sferu-stroitelstva-i-zhkh.html> (Дата обращения 09.01.2018).
6. BIM и IoT – интернет вещей: [Электронный ресурс]// BIM Ассоциация. URL : <https://bimassociation.ru/2016/04/bim-iot-1/> (Дата обращения 09.01.2018).

## ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА

**Мовчан А.В., Лукашенко В.А.**

ДФУ, РФ, г. Владивосток

Каждый земельный участок имеет строго фиксированные границы, местоположение, площадь и соответствующий правовой статус. Площадь земельного участка – это важная количественная характеристика, которая является основой для расчёта его кадастровой стоимости. То есть, чем точнее определена площадь участка, тем реальней будет рассчитана его стоимость, а, следовательно, и величина налога на такую землю. Учет площади участка необходим для проведения разного рода деятельности, связанной с использованием земель: геодезических и кадастровых работ, инженерных изысканий, градостроительного изыскания.

Задача измерения площадей может быть решена двумя способами: на местности линейно-угловыми измерениями или измерениями масштабируемого изображения объекта на топографических картах, составленных в проекции Гаусса-Крюгера, планах и аэрофотоснимках, которые могут быть представлены как в графической или листовой форме, так и в растрово-цифровой форме для обработки на ЭВМ [6].

Размер земельного участка описывается физической (фактической) или геодезической площадями. Физическая площадь – это площадь земной поверхности в границах участка с учетом неровностей физической поверхности земли: склонов, оврагов, обрывов и т.д. Геодезическая площадь – это площадь, определяемая по геодезическим координатам углов межевых знаков (поворотных точек) границы участка. Математически – это площадь участка на поверхности проекции Гаусса-Крюгера (далее проекция) [5].

Различие физической ( $S_f$ ) и геодезической ( $S_g$ ) площадей земельного участка определяется рядом факторов: углом наклона физической поверхности ( $\nu$ ), средней отметкой участка ( $H$ ), искажением площади при переходе на плоскость проекции в выбранной системе координат. Физическая площадь может отличаться от геодезической на 2-5%. [7, 8]. Такая точность не удовлетворяет современным требованиям земельного кадастра и наряду с рядом других проблем может привести к наложению участков, пересечению границ смежных земельных участков и т.д.

Как было отмечено Побединской О. В. [11] применение проекции Гаусса-Крюгера приводит к преувеличению площадей земельных участков, изображенных на картах, относительно соответствующих значениям на эллипсоиде и на физической поверхности. С другой стороны, для земельных участков, находящихся на значительной высоте над поверхностью эллипсоида, площадь оказывается преуменьшенной. Кроме этого, Побединская О.В. считает наиболее точным способом определения площади земельного участка – ее вычисление по координатам углов поворота в местной системе координат, в которой осевой меридиан местной системы координат проходит по центру участка, а поверхность максимально приближена к средней высоте участка. При этом определение и хранение координат границ всех участков (в том числе и смежных) предпочтительно осуществлять в пространственной геоцентрической системе координат.

Виноградов А.В. предлагает применять способ итераций [3]. Применение этой методики позволяет получать площади участков любых размеров, расположенных в одной или в разных зонах, с одинаковой точностью.

А.В. Никитин предложил определять фактическую площадь земельного участка по пространственной геометрической модели местности на основе электронно-цифровой карты. То есть площадь земельного участка определяется по пространственным длинам сторон треугольников, на которые разделяется земельный участок [7]. Кроме того, автор запатентовал другой способ определения площади. Он предложил ввести поправки за рельеф, дополнительно определяя средние продольный и поперечный углы наклона участка или его секций, определяемые по взаимно перпендикулярным линиям [10].

Н.В. Гилевич решает задачу определения площади в системе пространственных прямоугольных координат, следуя из того, что площадь не зависит от выбора системы координат, то есть является инвариантной величиной. Для нахождения пространственных координат в работе предложен ряд формул [9].

Афонин К.Ф. и Афонин Ф.К. предложили 3 способа вычисления площади. Первый способ позволяет рассчитать площади земельных участков на поверхности эллипсоида вращения по плоским прямоугольным

координатам Гаусса-Крюгера, используя формулы сфероидической геодезии. Второй способ состоит в использовании, так называемого, нормирующего коэффициента  $K$ , который получается, как соотношение площадей контрольной съемочной трапеции, вычисленных через геодезические и плоские прямоугольные координаты. Третий способ заключается в совместном учете масштаба изображения  $m$  и нормирующего коэффициента  $K$  [4].

Брынь М.Я. также приводит три способа определения площади участка прямоугольной формы: по координатам четырех его вершин, по результатам измерений длин его сторон, по приращениям плоских координат [8].

Проанализировав ряд публикаций, касающихся вопроса определения физической площади земельного участка, можно отметить, что большинство авторов склоняются к вычислению именно физической площади участка, с учетом ряда факторов. Например, учет поправки за среднюю высоту (отметку) над поверхностью эллипсоида, удаленность от осевого меридиана, поправки за угол наклона плоскости участка и так далее. Наиболее заметное расхождение между физической и геодезической площадями отмечается для участков, имеющих сложный рельеф и находящихся на краю зоны.

Особенно остро вопрос определения физической площади касается земель с высокой стоимостью и, следовательно, высокими ставками земельных платежей (земли в границах крупных городов, особенно их центральных районов). При учете физической площади таких земель, соответственно, изменится и их стоимость, что вызовет ряд юридических вопросов у собственников таких участков. То есть, развивая данную тему, можно столкнуться с определенными проблемами, которые потребуют немедленного устранения.

Основной проблемой, затрудняющей использование фактической площади, является отсутствие единой нормативно-правовой базы для ее расчета, что неоднократно отмечают авторы в своих работах [1, 2, 12].

Наиболее значимыми и приемлемыми для дальнейшего исследования, на взгляд авторов, являются следующие методы: запатентованный А.В. Никитиным метод, учитывающий поправки за рельеф участка или его секций, предложенный Афониним К.Ф. и Афониним Ф.К. учет нормирующего коэффициента  $K$  и метод расчета площади по координатам четырех его вершин, описанный Брынь М.Я.

Выбор методов основывается достаточно полном учете рельефа местности и результатов измерений полевых измерений. Кроме этого, методы расчета площади по приращениям плоских координат или по плоским прямоугольным координатам Гаусса-Крюгера, а также учет нормирующего коэффициента  $K$  наиболее оптимальны для определения величины физической площади земельного участка, находящегося на территории г. Владивостока (на краю зоны) и имеющего сложный рельеф.

### Список литературы

1. Асташенков Г.Г. Определение фактического значения площади наклонного участка по данным полевых измерений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1999. – № 6. – С. 16.
2. Васильева Е.Е. К проблеме определения реальной площади поверхности участков и территорий // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 2, ч. 1. – С.137–139.
3. Виноградов А.В. Вычисление площади участка на поверхности вращения путем решения определенного интеграла способом итерации [Текст] / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2006. - № 7. – С. 12-23.
4. Вычисление площади земельных участков на поверхности эллипсоида вращения по плоским прямоугольным координатам Гаусса-Крюгера / К.Ф. Афонин, Ф.К. Афонин // Интерэкспо Гео Сибирь. – 2014. – № 2. – том 3.
5. Картографо-геодезическое обеспечение кадастра. Площадь земельного участка. Точность определения площади / Безменов В.М. – Учебно-методическое пособие – Казань, 2014 – 28 стр.
6. Методические указания по заданию «Определение площадей на планах и картах» / И.Б. Кирнарская, М.П. Ларченко, С.В. Шендяпина – Москва 2003 – 25 стр.
7. Никитин А.В. Определение фактической площади земельного участка по пространственной геометрической модели местности на основе электронно-цифровой карты [Текст] / Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия – 6 с.

- 8 О точности определения площадей участков в форме прямоугольника /М.Я. Брынь // Научный журнал Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» – 2005. – № 3. – С. 3-6.
- 9 Оценка точности определения площади в горных районах / Гилевич Н. В. // Дипломная работа. М.: МИИГАиК. 1997.
- 10 Патент 2166731, кл. G 01 С 1/00, 15/00, Способ определения физической площади земельного участка [Текст] / А.В. Никитин, 2001. – 4с.
- 11 Побединская О. В. Повышение точности определения площадей земельных участков с использованием геоцентрических координат // Международный научно-промышленный форум "Великие реки - 20010". Труды конгресса – Нижний Новгород, ННГАСУ, 2009, с. 266 - 268.
- 12 Шалмина Г.Г., Межуева Т.В. Комплексная оценка земельных ресурсов // Вестник СГГА. – 2010. – Вып 2(13). – С. 58–67.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ НИЗКОЭМИССИОННЫХ СТЕКОЛ

**Семенова Э.Е., Богай В.А.**

Воронежский государственный технический университет (ВГТУ), РФ, г. Воронеж

Одним из перспективных направлений экономии тепловой энергии является снижение расхода тепла на обогрев зданий и сооружений. По данным тепловизорных обследований зданий, на светопрозрачные наружные ограждения приходится более 50% потерь энергии, а вопрос эффективного использования энергоресурсов в России с каждым годом становится все более актуальным.

По данным московского фонда «Институт экономики города», только на отопление зданий в России расходуется более 400 млн. тонн условного топлива ежегодно, а это 25% годовых энергоресурсов страны. По сравнению со странами Европы расход тепла на 1 м<sup>2</sup> у нас почти вдвое больше, что является причиной неоправданно больших финансовых затрат.

Основная потеря тепла через светопрозрачные конструкции происходит через излучение - процесс передачи теплоты с помощью электромагнитных волн. Потери тепла через излучение составляют 70%.

Невооруженным глазом этот процесс незаметен, но излучение беспрепятственно преодолевает прозрачные конструкции. Для борьбы с тепловыми потерями через излучение необходимо применение стекла с низко-эмиссионными свойствами, то есть такого, которое могло бы препятствовать излучению и сохранить тепло внутри помещения.

Энергосберегающее стекло отсеивает тепловые волны от обогревательных приборов в инфракрасном диапазоне, за счет чего в помещении обеспечивается меньшая потеря тепла и устанавливается оптимальные микроклимат и температура для человека.

Это возможно благодаря тому, что на поверхность полированного стекла напыляется специальное покрытие из оксидов металлов.

В отопительный сезон низкоэмиссионным стеклом отражаются волны от приборов обогрева отопления внутрь помещений, в жаркий сезон, напротив, тепловая энергия отражается наружу помещения (рис.2.). За счет таких свойств низкоэмиссионных окон в помещении поддерживается комфортная для человека температура. Напыление на энергосберегающих окнах имеет толщину несколько десятков нанометров, и абсолютно незаметно для человеческого взора, тем самым такое стекло практически невозможно отличить от обычного стекла.

Энерго- и теплосберегающие покрытия стекол можно разделить на два вида:

- (Double Low-E) мягкое покрытие - I-стекло;
- (Low-E) твердое покрытие – K-стекло.

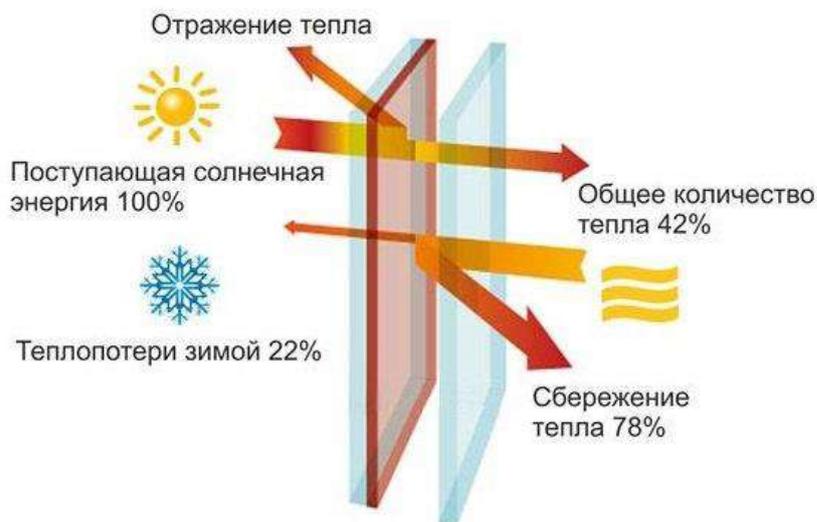


Рис. 1. Отражение ИК волн от стекла с низкоэмиссионным покрытием

К-стекло называется твердым, потому что нанесенный слой оксидов металлов на поверхность горячего стекла, «срастаясь» со стеклом, придает ему достаточно высокую прочность. К-стекло можно дополнительно закалить и ламинировать. Твердое покрытие теплосберегающих окон применяется для уменьшения энергозатрат, оно обладает высокими теплоизоляционными характеристиками, в связи с чем уменьшает затраты на отопление. Свое распространение оно получило также благодаря простоте обработки. Такое покрытие препятствует появлению на наружной поверхности стекла конденсата. Его возможно устанавливать совместно с солнцезащитным стеклом. В стеклопакетах такое стекло, как правило, устанавливается со стороны помещения, а его теплосберегающее покрытие обращено в промежуток между стеклами.

Селективное покрытие К-стекла исключает потерю тепла, излучаемого отопительным оборудованием в длинноволновом диапазоне, тогда как солнечная энергия в коротковолновом диапазоне без труда проникает сквозь такое покрытие. Таким образом, помещение тепло не теряет, в частности, не происходит отдачи тепла в участках оконного остекления.

Позже на замену К-стеклу пришло I-стекло, которое заметно превосходит его по своим свойствам. Изготавливается такое стекло путем напыления энергосберегающего покрытия при помощи использования высоковакуумного производственного оборудования.

Double Low-E напыление в несколько десятков нанометров обладает прекрасной способностью пропускать свет, оно прозрачно, и коэффициент излучательной восприимчивости I-стекла более низок. Если провести оценку нейтральности такого стекла, то по шкале от 0 (черное) до 100 (нейтральное) теплосберегающее стекло с Double Low-E напылением имеет коэффициент на уровне 98. К примеру, значение обычного стекла равно 99, то есть такое стекло по светопропускающей способности не отличается от обычных стекол.

Использование энергосберегающих стеклопакетов с I-стеклом заметно повышают уровень комфорта внутри жилых комнат и позволяет добиться сокращения затрат на энергию и затрат на отопление.

Например, если сравнивать теплопотери через два варианта остекления (4M1 -12-4M1 -12-4M1 – двухкамерный стеклопакет с обычным стеклом и 4M1 -10-4M1-10-i4 – двухкамерный стеклопакет с использованием i-стекла) общественного здания в городе Москва за расчетный отопительный период, равный 202 дням, то тепловые потери за единицу времени будут составлять:

414 056,61 Вт – для стеклопакета с обычным стеклом и 318 043,48 Вт – для стеклопакета с использованием низкоэмиссионного стекла, а количество теплоты, необходимого для компенсации данных теплопотерь в течение одного отопительного периода, будут составлять для первого вида остекления - 7 226 447,2 МДж; для второго - 5 550 759,25 МДж.

Анализируя эти данные, мы можем сделать вывод, что благодаря использованию двухкамерного стеклопакета с низкоэмиссионным покрытием, потребитель сберегает почти в полтора раза больше тепла в здании, нежели при использовании стеклопакета с обычным стеклом. Стоимость стеклопакета с

низкоэмиссионным покрытием на 10% дороже стеклопакета с обычным стеклом, однако уменьшение затрат на отопление окупают применение энергосберегающего остекления всего за год.

Еще одним преимуществами низкоэмиссионных стекол, по сравнению с обычными, является то, что отпадает необходимость использования двухкамерных стеклопакетов, а значит, и вес окна становится значительно легче. Там, где раньше необходимо было использовать двухкамерный стеклопакет с обычным стеклом, теперь можно использовать однокамерный стеклопакет с низкоэмиссионным стеклом, который не уступает по своим тепломеханическим свойствам. Это значительно облегчает вес всего здания в целом.

Мировой опыт подтверждает необходимость применения в современном строительстве, и в том числе остеклении, энергоэффективных материалов. В Западной Европе доля энергосберегающего остекления в строительстве уже сегодня приближается к 90%. В России данная технология только вводится, но преимущества стеклопакетов с низкоэмиссионными стеклами очевидны: невысокая себестоимость, экономическая эффективность эксплуатации, высокая энергоэффективность стеклопакетов и значительно меньшая масса. И это далеко не энергосберегающего остекления, которое действительно можно отнести к одним из самых высокоэффективных энергосберегающих строительных материалов и конструкций в современном строительстве.

### Список литературы

1. Информационная статья «Низкоэмиссионное стекло» компании «Окна-Питер», режим доступа: <http://www.okna-piter.ru/articles/nizkoemissionnoe.html>
2. Морозов Р. В., Клёнов Ю. В. Оценка эффективности использования низкоэмиссионного энергосберегающего остекления [Текст] // Актуальные вопросы технических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.). — Пермь: Зебра, 2015. — С. 109-114
3. Обзорная статья «Энергосберегающие, низкоэмиссионные стекла», режим доступа: <http://www.otk-remont.ru/okna/2okna3.html>
4. Семенова Э.Е., Коратыгина А.Ю. Анализ эффективности применения энергоэффективных светопрозрачных конструкций при проектировании гражданских зданий. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2014. №1. - с. 135-137.
5. Семенова Э.Е., Лебедев Д.Ю. Прогнозирование текущих эксплуатационных затрат посредством технологии BIM при автоматизированном способе проектирования зданий с большой площадью остекления. Фундаментальные и прикладные науки сегодня материалы 21 международной научно-практической конференции. 2017. – с.1-4.

## ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Шейна С.Г., Шумеев П.А., Саядян Т.В.

ДГТУ, РФ, г. Ростов-на-Дону

**Аннотация:** Данная статья посвящена проблеме возведения зданий в крупных городах России. На данное время более часто застраиваются центральные части городов с уже развитой инфраструктурой. Однако, при строительстве зданий и сооружений в центральной части, большинство проектировщиков сталкивается с рядом проблем, от решения которых зависит как возможность будущего строительства, так и отсутствие катастрофических разрушающих воздействий на сложившуюся историческую застройку.

**Ключевые слова:** плотная городская застройка, геотехнические проблемы, проектирование, устройство фундаментов, организация строительства.

Сегодня, центр каждого большого города на территории Российской Федерации – непростое сочетание исторической застройки, малоэтажных неблагоустроенных жилых домов, большая часть которых находится в критическом состоянии, кварталов «хрущевок», жилых массивов периода многочисленных застроек 80-х годов и современных зданий, вкрапленных в сложившуюся городскую среду. Переход от стандартных построек на свободной местности к перестройке и новому строительству в непростых условиях густой городской застройки – одна из важнейших задач современного периода строительства.

На данный момент условия возведения объектов капитального строительства в крупных городах таковы, что более масштабно строительно-монтажные работы ведутся именно в центральной части населенных мест. Характерной особенностью современного городского строительства является необходимость изучения подземного пространства. Это связано, с одной стороны, с привлекательностью для инвесторов размещения объектов в районах с уже полностью развитой инфраструктурой и большой численностью населения, а с другой стороны, с исторически сложившейся престижностью объектов недвижимости в центральных районах городов [2].

При проектировании зданий и инженерных сооружений, а также при выполнении работ начального этапа, как проектировщикам, так и подрядным организациям необходимо решать трудные геотехнические проблемы, связанные со стесненными условиями городской застройки. Пренебрежение поставленных вопросов может привести в наилучшем случае к нарушению условий нормальной эксплуатации существующих инженерных сооружений и дальнейшей эксплуатации строящихся объектов, а в худшем – к чрезвычайным и аварийным ситуациям, угрожающим не только здоровью, но и жизни людей.

Плотная городская застройка предполагает наличие пространственных препятствий на строительной площадке и расположенной рядом с ней территории, протяженности, ограничение по ширине, высоте и глубине размеров рабочей зоны и подземного пространства, мест размещения транспортных средств, повышенный уровень строительного, экологического, материального риска.

Основной проблемой, с которой доводится встречаться строителям при изучении геотехнического пространства в условиях плотной застройки, считается организация территории строительства, отвечающей актуальным требованиям. На территории строительной площадки должны размещаться площадки для складирования материалов, временные сооружения, помещения бытового назначения. Площадка должна быть обеспечена подъездными путями, электроэнергией, водой. В ряде случаев, данную проблему можно устранить путем аренды помещений в зданиях, расположенных в непосредственной близости от объекта строительства.

Другой существенной проблемой является выбор типа и конструкции фундамента будущего сооружения [3]. При выборе фундаментов в стесненных условиях строительства необходимо учитывать напряженно-деформируемое состояние грунтового массива, которое возникает из-за взаимного влияния существующих и возводимых зданий. В этом случае эпюры напряжений в грунтовом массиве будут накладываться друг на друга, что может повлечь за собой перенапряжение уже нагруженного грунтового состояния [4]. Обычно следствием этого является развитие дополнительных деформаций существующих зданий, приводящее их сперва к аварийному состоянию, а потом и к окончательному разрушению.

Третья важная проблема – себестоимость устройства фундаментов. Известно, что стоимость выполнения геотехнических работ составляет от 10 до 40% общей цены строительно-монтажных работ по возведению зданий, в зависимости от сложности геологических условий и уровня ответственности здания. Учитывая выполнение всех вышеперечисленных требований, становится понятно, что производство работ начального цикла в условиях плотной городской застройки потребует от застройщика больших вложений, нежели при возведении аналогичных объектов на свободных территориях. В этом случае, для того, чтобы сохранить привлекательность для инвестора такого проекта с точки зрения быстрой окупаемости капитальных вложений, необходимо устраивать фундаменты, обеспечивающие высокую рентабельность используемого земельного участка. Например, такие методы возведения, как «стена в грунте» (рис. 1), устройство СГА-свай (рис. 2), позволяют действительно использовать подземное пространство под зданиями, а также дают возможность передать значительные полезные нагрузки от тяжело нагруженных сооружений на грунтовое основание.

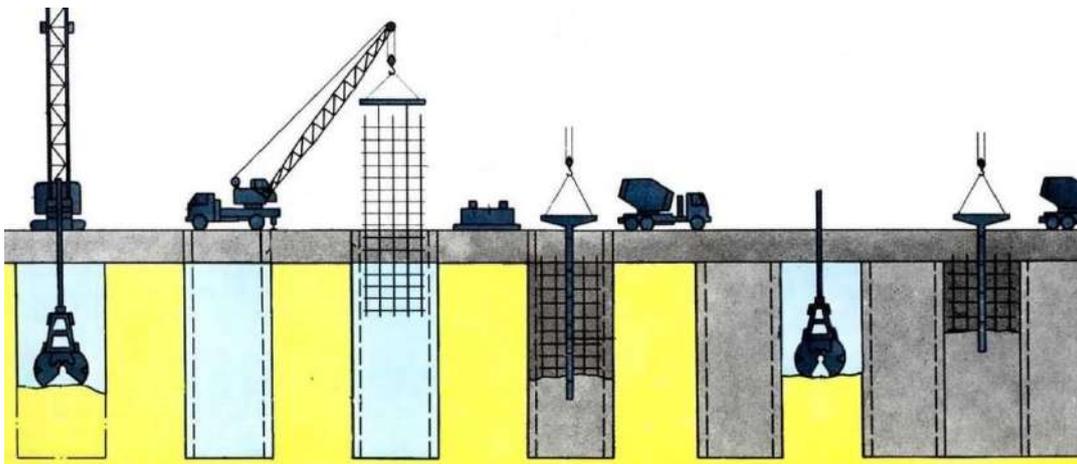


Рис. 1. Метод возведения фундаментов «Стена в грунте»

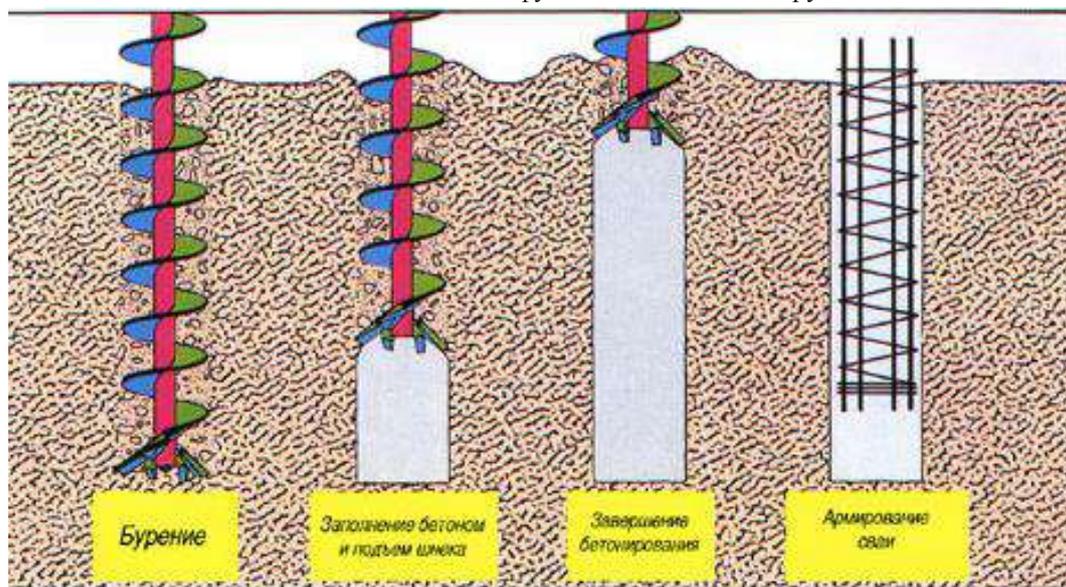


Рис. 2. Метод устройства CFA-свай

Также немаловажной проблемой является осуществление монтажных работ по устройству фундаментов будущего сооружения. Строительство зданий на достаточно близком расстоянии от существующих строений представляет собой более сложную задачу, нежели строительство отдельно стоящего дома. Особенно сложными работами считается разработка котлованов вблизи существующих зданий [5].

Не уступает по значимости и проблема размещения непосредственно на площадке крупногабаритных строительных машин и кранов. Краны и бетононасосы должны находиться на строительной площадке или небольшом расстоянии от нее. Однако в ряде случаев вокруг строительной площадки находятся ранее построенные здания и сооружения и размещение рядом с ними крупных башенных кранов, монтаж подкрановых путей невозможны [1].

При строительстве и эксплуатации современных зданий, строений и сооружений в стесненных условиях городской застройки должны ставиться задачи по улучшению городской инфраструктуры, решаемые при выполнении следующих этапов:

1. Оценка геотехнической ситуации строительства.
2. Размещение на строительной площадке комплекса строительной инфраструктуры.
3. Перемещение существующих коммуникаций с учетом нового строительства.
4. Разработка мероприятий по предотвращению возможных разрушений зданий, расположенных в непосредственной близости от строящихся объектов.
5. Соблюдение определенных технологических норм.
6. Разработка технических и технологических мероприятий, направленных на защиту экологической среды объекта и существующей застройки и т.д.

В процессе реализации поставленных задач и устранения важных градостроительных проблем при возведении сооружений в условиях сформировавшейся плотной городской застройки, можно обеспечить качество, долговечность не только непосредственно возводимых объектов, но и существующей прилегающей застройки.

#### Список литературы

1. Доценко А.И. Земляные работы в стесненных условиях транспортного строительства. А. И. Доценко [Текст] / А.И. Доценко. - Москва: Транспорт, 1987.
2. Коптилова А. С. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки // Молодой ученый. — 2017. — №49. — С. 59-61. — URL <https://moluch.ru/archive/183/46924/> (дата обращения: 14.01.2018).
3. Особенности инженерно-геологических изысканий: [Электронный ресурс]: URL <http://diplomba.ru/work/45927>
4. Полищук А.И. Анализ грунтовых условий строительства при проектировании фундаментов зданий. Научно-практическое пособие [Текст] / А.И. Полищук. – Москва: Ассоциации строительных вузов, 2016. – С.67
5. Симагин В.Г. Проектирование и устройство фундаментов вблизи существующих сооружений в условиях плотной застройки [Текст] / В.Г. Симагин. – Москва: Ассоциации строительных вузов, 2010. – С.52
6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – М.: Минрегион России, 2011

### КЕРАМЗИТОБЕТОН НА ОТСЕВАХ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

**Шишканова В. Н., Красильникова О.А.**

Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти

В Самарской области накоплено большое количество отходов, которые нарушают экологическое равновесие и занимают значительные площади, пригодные под сельскохозяйственные угодья. Актуальной задачей современной промышленности является внедрение безотходных технологий и переработка многочисленных промышленных отходов отраслей народного хозяйства.

В Самарской области природное минеральное сырье, из которых производятся строительные материалы, представлено карбонатными породами и глинами. Из этих горных пород осадочного происхождения получают цемент, известь, керамические материалы (кирпич, черепица, керамзитовый гравий и др.), щебень фракции 5 – 20 мм, 20 – 40 мм и 40 – 80 мм, бутовый камень, песок, минеральный порошок.

Карбонатные породы отличаются высокой неоднородностью по плотности и минералогическому составу. Во время добычи и переработки природного горного сырья на щебень, используемого в качестве крупного заполнителя бетонов, образуются техногенные отходы (отходы дробления) крупностью до 20 мм. На каждый 1 м<sup>3</sup> получаемого щебня образуется приблизительно до 30 % техногенных отходов. Отсевы дробления карбонатных пород складываются в отвалы производства дробильно-сортировочных заводов. Проблема полного использования отсевов дробления карбонатных пород в Самарской области не решена. Применение данных отсевов дробления ограничено ввиду их низкой прочности и водостойкости. Но применение их в строительстве привлекательно ввиду их экологической безопасности, возможности снижения транспортных расходов и обеспечения ресурсосбережения. Например, отсевы дробления Жигулевского карьера частично используются малыми предприятиями г. Тольятти при производстве керамзитобетонных блоков в качестве мелкого заполнителя.

Уникальный и единственный в своем роде керамзитобетон выделяется на фоне остальных строительных материалов для возведения сооружений именно тем, что он полностью изготовлен из натурального, природного сырья, а точнее - керамзита (фракции 5-20 мм), цемента и воды. В более плотных бетонах используется песок. Простой состав керамзитобетона обеспечивает оправданно занятое первое место в экологичности его производных продуктов, которые не оказывают никакого вредного воздействия

на здоровье человека и состояния окружающей среды. Производство керамзитобетона практически не имеет вредных отходов. В состав керамзитобетона не входит никаких других составных компонентов, которые при нагревании или под воздействием пара выделяют вредные токсины. Керамзитобетон не поддается воздействию воды и пара и поэтому он не гниет, на нем не образовывается плесень, грибки и прочие разрушительные факторы. Керамзитобетон отлично удерживает тепло, при этом он не задерживает влагу, что другими словами называется «живой и дышит». При том, что он хороший теплоизоляционный материал, помещение, построенное из керамзита, который входит в состав керамзитобетона, отлично вентилируется, воздух не застаивается и не образуются грибки и плесени внутри помещения.

Благодаря своим размерам и легкости керамзитобетонных блоков сокращается время закладки стен примерно в три раза. Это существенный показатель при строительстве. Состав керамзитобетона также обеспечивает звукоизоляцию, которую не могут обеспечить обычный бетон, дерево или кладка из обожженного кирпича.

Качественные керамзитобетонные блоки на рынке стройматериалов Самарской области пользуются большим спросом. Их применение в строительстве малоэтажных и высотных зданий значительно снижает количество цементного раствора при кладке стен, ускоряет сам процесс возведения здания, что приводит к снижению себестоимости строительства. Керамзитобетонные блоки обладают высокой долговечностью, огнестойкостью, длительно сохраняют конструкционную прочность в условиях пожара, улучшают теплозащитные свойства здания в целом благодаря снижению теплопотерь через несущие конструкции.

В зависимости от свойств используемых сырья, добавок и технологий производства могут быть получены керамзитобетоны с различными показателями плотности и прочности.

Для оценки возможности применения отсевов дробления карбонатных пород как сырья для производства керамзитобетона были исследованы керамзитобетоны, изготовленные с применением отсевов дробления, полученных при производстве щебня из карбонатных пород Жигулевского карьера, и для сравнения - с применением природного песка Волжского месторождения. Характеристики отсевов дробления карбонатных пород и песка Волжского месторождения сведены в табл. 1.

Песок из отсевов дробления карбонатных пород по значению модуля крупности относится к группе песка «средний»,  $M_{кр}=2,34$ . Используемые в данных исследованиях отсевы дробления содержат 23,79 % зерен крупностью 5-10 мм и 2,52 % - 10-20 мм.

Сравнивая свойства природного песка и отсевов дробления карбонатных пород, необходимо отметить основные различия между этими материалами. Природный песок в основном является кварцевым, имеет гладкую поверхность и округлую форму зерна. Состав отсевов дробления аналогичный составу исходных карбонатных пород, форма зерна угловатая и шероховатая. Сцепление с цементным камнем поверхности зерен отсевов дробления более сложное, отличное от сцепления поверхности зерен природного песка с цементным камнем. Шероховатая поверхность зерен отсевов дробления более активна, что способствует более крепкому слипанию частиц. Развитая поверхность зерна способствует увеличению его водопоглощения.

*Таблица 1.*

**Характеристика Волжского песка и отсевов дробления карбонатных пород**

Характеристика	Наименование материала		
	Волжский песок	Отсевы дробления 0-20 мм	Отсевы дробления 0-5 мм
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1470	1600	1490
Гранулометрический состав Остатки на ситах, мм (частные/полные)			
20	—	—	—
10	—	<u>2,52</u> 2,52	—
5	—	<u>23,79</u> 26,31	—

2,5	$\frac{0,4}{0,4}$	$\frac{17,98}{44,29}$	$\frac{24,4}{24,4}$
1,25	$\frac{0,4}{0,8}$	$\frac{11,35}{55,64}$	$\frac{15,4}{39,8}$
0,63	$\frac{1,2}{2,0}$	$\frac{3,83}{59,47}$	$\frac{5,2}{45,0}$
0,315	$\frac{30,0}{32,0}$	$\frac{8,4}{67,87}$	$\frac{11,4}{56,4}$
0,16	$\frac{66,0}{98,0}$	$\frac{8,84}{76,71}$	$\frac{0,16}{68,4}$
<0,16	$\frac{2,0}{100}$	$\frac{23,29}{100}$	$\frac{31,6}{100}$
М кр.	1,33	—	2,34

Для выполнения исследований был использован композиционный портландцемент ЦЕМ II / А-К (Ш-П) 32,5Б.

В качестве крупного пористого заполнителя для изготовления керамзитобетона использовался керамзитовый гравий крупностью 5 – 10мм марки П100 и П75 и дробленый керамзит марки П50 (табл. 2).

Таблица 2.

**Физико-механические свойства керамзита**

№ пробы керамзита 5-10 мм	Марка по насыпной плотности	Водопоглощение, %	Коэффициент формы зерен заполнителя	Содержание расколотых зерен, %	Марка по прочности
1	М1000	12	1,50	22	П100
2	М600	16	1,60	5	П75
дробленый	М450	28	—	—	П50

Изготовленные керамзитобетонные образцы (кубики 100x100x100мм) из бетонной смеси различных составов выдерживались в течение 28 суток в нормальных условиях твердения. Результаты экспериментов представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3.

**Составы бетонных смесей и прочность керамзитобетонов на природном Волжском песке**

№ состава	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> керамзитобетона, кг				Средняя плотность бетонов, кг/м <sup>3</sup>	Прочность бетона при сжатии, МПа	
	Цемент	Керамзит марки по прочности		Природный Волжский песок			
		П75	П50 (дробленый)				
1	339	370	123	314	204	1356	13,59
2	301	397	109	206	182	1181	10,7
3	237	421	86	109	142	1006	9,83

Таблица 4.

**Составы бетонных смесей и прочность керамзитобетонов на отсевах дробления карбонатных пород**

№ состава	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> керамзитобетона, кг				Средняя плотность бетонов, кг/м <sup>3</sup>	Прочность бетона при сжатии, МПа	
	Цемент	Керамзит марки по прочности		Отсевы дробления 0-20 мм			Вода
		П100	П75				
4	244	509	-	992	255	2040	16,60
5	214	-	445	867	204	1700	12,30

Анализ экспериментов исследований показал возможность применения отсевов дробления карбонатных пород для изготовления керамзитобетона.

Анализируя составы бетонных смесей и прочность керамзитобетонов, можно видеть, что использование в качестве мелкого заполнителя отсевов дробления карбонатных пород, содержащих 26,31 % зерен крупностью 5-20 мм, приводит к увеличению и средней плотности керамзитобетона и прочности при сжатии. Из табл. 4 отчетливо видно увеличение прочностных характеристик керамзитобетонных образцов на заполнителе из отсева дробления карбонатных пород Жигулевского карьера. Таким образом, для изготовления керамзитобетонных блоков в качестве мелкого заполнителя можно использовать отсевы дробления карбонатных пород Жигулевского карьера, что приводит к увеличению ресурсосбережения.

### **СЕКЦИЯ №11.**

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

### **СЕКЦИЯ №12.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

#### **ВОДОРОСЛИ - ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

**Коптиенко Е.О., Федянина Л.Н., Смертина Е.С., Лях В.А.**

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток

Современный ритм жизни для человека характеризуется неполноценным питанием, ухудшением состояния здоровья и экологической обстановки. Эти проблемы приводят к необходимости создания безопасных пищевых продуктов нового поколения, применение которых позволит снизить риск возникновения некоторых широко распространенных заболеваний и повысить устойчивость организма человека ко всем неблагоприятным факторам внешней среды.

Одним из важнейших критериев при разработке рецептур продуктов профилактической направленности является их обогащение современными пищевыми микроингредиентами, к которым относят микронутриенты, минорные биологически активные вещества, а также пищевые добавки и технологические вспомогательные средства различных классов, вводимые в пищевое сырье или готовые продукты с целью совершенствования технологии, сохранения или придания им заданных свойств (функциональных, органолептических и др.), продления сроков годности [6].

В Мировом океане находятся огромные источники ценных биологически активных веществ. Использовать рационально эти биоресурсы традиционными технологическими методами невозможно, поэтому необходимо разрабатывать и внедрять в промышленность новые эффективные методы обработки сырья морского генеза на основе комплексной и ресурсосберегающей технологии.

Различные виды морских водорослей – это перспективные объекты для получения различных биологически активных веществ для разработки продуктов профилактического назначения. Из девяти типов водорослей по биологической классификации только три имеют промышленное значение: зеленые (*Chlorophyta*), красные (*Rhodophyta*) и бурые (*Phalophyta*) [1].

Водоросли Ундария перистонадрезная (*Undaria pinnatifida*), Костария ребристая (*Costaria costata*), Сахарина японская (*Saccharina japonica*), Саргассум бледный (*Sargassum palidum*), Фукус эвансис (*Fucus evanescens*) и другие, богаты полисахаридами, альгиновыми кислотами, пигментами (фукоксантин), микро-, макроэлементами и обладают антиоксидантными свойствами. Известные водорослевые полисахариды – агар, каррагинан, ламинарин и альгиновая кислота. Оказывают радиопротекторное, антиоксидантное, иммуностимулирующее и сорбционное действие [4].

Также в морских водорослях содержатся витамины А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, С и D. Большое значение имеет также содержание в морских водорослях йода, кальция, магния, брома, и некоторых других минеральных веществ. Применение: в пищу, перспективное сырье для получения лечебно-профилактических препаратов, пищевых и кормовых добавок [5].

Маннит – один из основных продуктов фотосинтеза бурых водорослей – также интенсивно накапливается в летние месяцы [7]. Водоросли порядка фукусовые в целом содержат меньше маннита, чем ламинариевые.

Фукоиданы представляют собой сульфатированные гетерополисахариды, построенные главным образом из остатков α-L-фукопиранозы. При участии в молекулярном межклеточном взаимодействии фукоиданы корректируют многие биологические процессы и могут быть успешно использованы в терапии ряда заболеваний человека [9]. Содержание фукоидана в бурых водорослях варьирует в пределах 0,6–7,9 % на сухую массу [2].

Важной особенностью состава липидов морских растений, особенно бурых водорослей, является высокое содержание С<sub>18</sub> - и С<sub>20</sub> - полиеновых жирных кислот, что отличает их от наземных растений [8]. Содержание липидов в разных видах бурых водорослей в летний период меняется от 0,56 до 3,86 %, однако наличие огромных запасов макрофитов позволяет рассматривать их в качестве потенциального источника незаменимых жирных кислот.

Известно, что йод, содержащийся в растительных пищевых продуктах, лучше усваивается щитовидной железой, чем вводимый в виде препарата йодистого калия [3]. В бурых водорослях йода в органической и минеральной формах значительно больше, чем в других гидробионтах (в среднем 0,1–0,2 % на сухую массу). Органически связанный йод присутствует в бурых водорослях в виде соединений с аминокислотами и белками.

Утвержденные Правительством РФ «Концепция обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путём развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года» и др. предусматривают увеличение доли производства продуктов массового потребления, обогащенных микронутриентами, включая массовые сорта хлебобулочных изделий (ХБИ).

На сегодняшний день существует множество салатов, с водорослями, где их используют в сыром виде, но именно продуктов с содержанием водорослей, очень мало, и их нет в широком производстве. В основном в производстве, водоросли используют только в лекарственной и косметической промышленности.

При выполнении данного проекта будут использованы стандартные методы исследований, включая органолептические, физико-химические, микробиологические, биологические, статистические. Отбор проб сырья и продуктов для проведения исследований, а также определение органолептических и физико-химических показателей (массовой доли сухих веществ, содержания азотистых веществ, наличия посторонних примесей, кислотности, тяжёлых металлов, микробиологических показателей) будут проводиться в соответствии с действующими нормативными документами.

Данная работа будет началом для разработки продуктов профилактического назначения с использованием различных видов водорослей, такие продукты как хлебобулочные и мучные изделия, хлеб с добавлением экстракта водорослей, печенье с добавлением порошка из водорослей, булочки с добавлением ламинарии.

## Список литературы

1. Виноградова, К. Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли / К. Л. Виноградова. – Л.: Наука. – 1979. – 147 с.
2. Гурулева, О.Н. Обоснование технологии фукоидана при комплексной переработке бурых водорослей дальневосточных морей: автореф. дис. канд. техн. наук. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 2006. 24 с.
3. Ковтун, И.В. Влияние йода минерального и содержащегося в растительных пищевых продуктах на щитовидную железу / И.В. Ковтун // Проблемы патологии в эксперименте и клинике. М.: Медицина, – 1974. – С. 233-239.
4. Сафронова, Т.М. Сырьё и материалы рыбной промышленности: Учебник / Т.М. Сафронова, В.М. Дацун, С.Н. Максимова. – 3-е изд., испр. и до. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 336 с.
5. Суховеева, М.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки / М.В. Суховеева, А.В. Подкорытов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 243 с.
6. Тутельян, В.А. Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания // под ред. В.А. Тутельяна, А.П. Нечаева. - М.: ДеЛи плюс, 2014. - 520 с.
7. Усов, А.И. Бурые водоросли Камчатки как источник маннита / А.И. Усов, Н.Г. Ключкова // Биоорган. химия. – 1994.Т. – № 11. – С. 1236-1241.
8. Newton, I.S. Long chain fatty acids in health and nutrition / I.S. Newton // J. Food Lipids. – 1996. – Vol. 3. – P. 233-249.
9. Theveniaux, J. Venous antithrombotic and anticoagulant activities of a Fucoidan fraction / J. Theveniaux, J. Millet, C. Sinquin, J. Tapon-Bretonnière, F.M. Fischer // Thromb. Haemostasis. – 1995. – Vol. 74. – P. 1280-1285.

### **СЕКЦИЯ №13.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

### **СЕКЦИЯ №14.**

#### **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

### **СЕКЦИЯ №15.**

#### **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

### **СЕКЦИЯ №16.**

#### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

## МИНИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ ВЫГРУЗКЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА СТАНЦИИ СУХОВСКАЯ

**Власова Н. В., Казакова Е. О.**

(**Власова Н. В.** к.т.н, доцент кафедры управления эксплуатационной работой Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; **Казакова Е. О.** студентка Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск)

**Аннотация:** в статье рассмотрены проблемы, связанные с пылеобразованием, которые происходят в результате выгрузки угля на железнодорожной станции Суховская и мероприятия по устранению данного фактора.

**Ключевые слова:** угольная пыль, выгрузка, автоматическая система пылеподавления.

## MINIMIZATION OF ENVIRONMENTAL DAMAGE DURING UNLOADING OF COAL BY OPENCAST METHODS AT THE STATION SUKHOVSKAYA

**Vlasova N. V., Kazakova E. O.**

(**Vlasova N. V.** candidate of technical Sciences, associate Professor of management operational work Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk;  
**Kazakova E. O.** student of Irkutsk state University of railway engineering, Irkutsk)

**Abstract:** the article deals with the problems associated with dust formation, which result from the unloading of coal at the railway station Sukhovskaya and measures to eliminate this factor.

**Key words:** coal dust, discharging, and automatic dust suppression system.

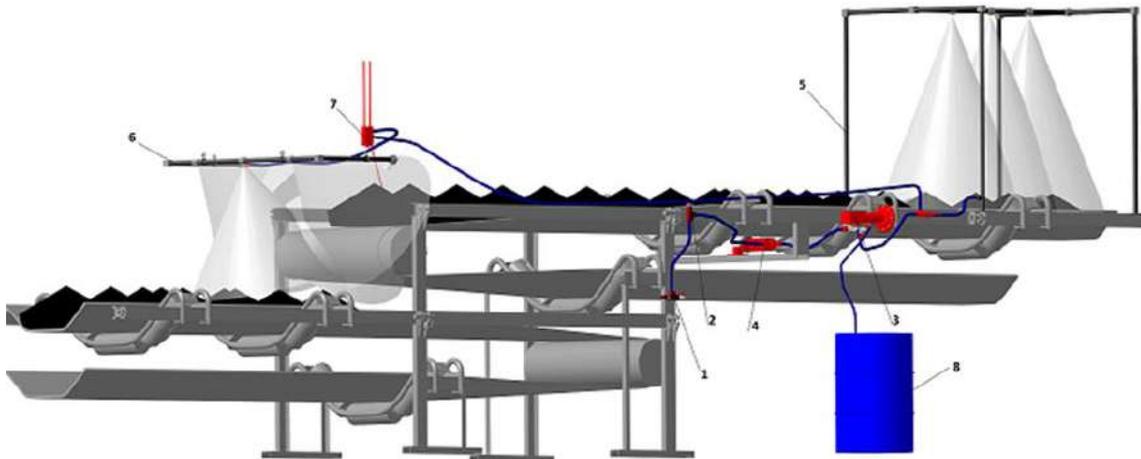
Уголь — вид ископаемого топлива, образовавшийся из частей древних растений под землей без доступа кислорода.

Топливо-энергетическая база является важным условием развития народного хозяйства страны. Объемы производства и перевозок различных видов топлива определяются масштабами и темпами роста всех отраслей экономики. Доля топливных грузов составляет 45% грузооборота всех видов транспорта. Решающая роль в перевозках угля принадлежит железнодорожному транспорту (90% перевозимого каменного и бурого угля и 100% - кокса). Особенно мощные потоки угля сложились на дорогах, обслуживающих угольно-металлургические районы и промышленные центры страны. [1]

В отраслях промышленности, где необходимо осуществлять транспортировку сыпучих материалов, всегда возникают проблемы с образованием большого количества пыли, что имеет негативные последствия не только для систем транспортировки, но и для обслуживающего персонала. Большое скопление пыли может привести к образованию взрывоопасной среды, онкологическим, сердечно-сосудистым заболеваниям, инфекциям нижних дыхательных путей, а также вызывают аллергические реакции и в целом негативно сказываются на состоянии организма.[2]

На железнодорожной станции Суховская технология выгрузки угля начинается с подвоза вагона к вагонопрокидывателю, откуда груз поступает в бункер для дробления, так как это является необходимым условием, поскольку выгрузка угля производится открытым способом, что в свою очередь ведет к выбросу угольной пыли в окружающую среду. Данный фактор повышает риск ухудшения здоровья не только населения, живущего вблизи станции, но и непосредственно работников данной станции.

В целях уменьшения выброса угольной пыли в окружающую среду целесообразно внедрить автоматическую систему пылеподавления (АСПП) которая предназначена для предотвращения образования угольной пыли в зонах транспортировки и пересыпа угля, данный способ может быть использован в шахтах, обогатительных фабриках, рудниках и других предприятиях, где есть пылеобразование.

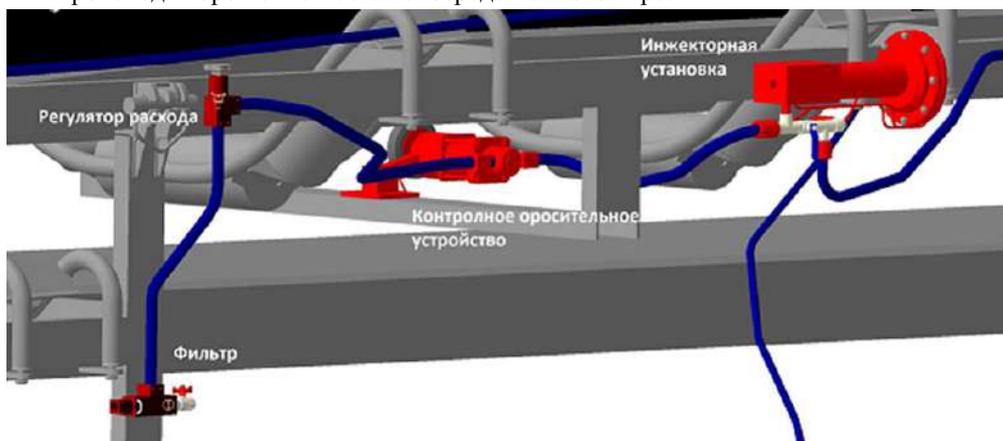


#### Преимущества АСПП:

- Простой монтаж и эксплуатация;
- Подходит для всех видов ленточных конвейеров;
- Настраиваемый расход жидкости;
- Работает только при транспортировке полезных ископаемых по конвейеру;
- Не требует вмешательства людей;
- Идеально в условиях отсутствия источников электроэнергии
- Автоматическое смешивание и подача эмульсии со смачивателем на форсунки орошения;

#### Принцип работы системы:

Подача воды осуществляется из противопожарного става с добавлением концентрата смачивателя из бака (8). При перемещении транспортируемой массы по конвейерной ленте происходит небольшой провис ленты, и в момент провиса колесо контрольного оросительного устройства (4) соприкасается с лентой и приходит в движение. При достижении определенной скорости колеса внутри контрольного оросительного устройства (4) открывается клапан, и происходит подача воды через регулятор расхода (2), фильтр (1) и инжекторную установку (3), в которой происходит автоматическое смешивание воды с концентратом смачивателя на устройство предварительного орошения и увлажнения (5). При подаче воды на инжекторную установку (3) в ней возникает давление разрежения, и путем самовсасывания концентрат эмульсии всасывается из бака (8). Настройка концентрации на инжекторной установке происходит путем регулировки дросселя. При достижении транспортируемой массы контрольного вертикального клапана (7) путем его срабатывания происходит подача воды или эмульсии на устройство непосредственного орошения (6), тем самым происходит орошение места непосредственного пересыпа.



При отсутствии транспортируемой массы на конвейерной ленте не происходит соприкосновение последней с вертикальным клапаном (7), а также отсутствует провис ленточного полотна и, следовательно, отсутствует соприкосновение с колесом контрольного устройства. Таким образом, подача воды прекращается, что позволяет добиться автоматического режима работы системы автоматического пылеподавления АСПП. [3]

Вышепредложенная система поможет снизить запыленность воздуха, уменьшить количество операций по очистке зданий и сооружений, находящихся вблизи территории, на которой производятся операции по выгрузке угля и в значительной мере исключить накопления взрывоопасных масс пыли.

### Список литературы

1. Журнал «РЖД Партнер»- 2017г. №18 (358)
2. Журнал «РЖД Партнер»- 2017г. №19-20 (359-360)
3. Пылевая динамика в угольных шахтах. /С.Б. Романченко, Ю.Ф. Руденко, В.Н. Костеренко. М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. - 256 с.

## ПЕРЕВОЗКА, УТИЛИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

**Власова Н.В., Шнигуленко Ю.А.**

ФГБОУ ВО ИргУПС, г. Иркутск

Железная дорога на втором месте по востребованности при перевозке опасных грузов, многие транспортные компании отдают предпочтение именно этому варианту, что упрощает выбор перевозчика. Популярность железной дороги объясняется также не самым лучшим состоянием автодорог, транспортировка по которым связана с определённой опасностью сохранности грузов. Железная дорога минимизирует любые риски и обеспечивает соблюдение всех сроков доставки, а знание правил и стандартов позволяет сэкономить время и минимизировать затраты.

Любые манипуляции с опасными грузами, в том числе и их перевозки, строго регламентированы национальными и международными правилами. Бизнесменам, решившим заниматься поставками материалов и веществ, входящих в категорию «опасных», необходимо знать все правила и требования в отношении перевозки опасных грузов.

Опасными грузами считаются материалы, изделия и вещества, несущие потенциальную опасность для людей и животных, окружающей среды, материальных ценностей и т.д. [2].

Линии железнодорожного транспорта являются одной из важнейших стратегических объектов любой развивающейся страны, по которой ежедневно перевозят тысячи тонн различных грузов, будь они в сыпучем, жидком или газообразном состоянии.

Современный мир постоянно эволюционирует благодаря развитию предприятий, которые в процессе производства продукции оставляет отходы. Крупные предприятия с железнодорожной инфраструктурой для безопасной транспортировки отходов задействуют подвижной состав или прибегают к партнерству со специализированными компаниями, занимающимися откачкой, вывозом и утилизацией отходов.

Практически каждый владелец частного дома, предприятия или другого объекта рано или поздно сталкивается с необходимостью вывоза отходов. Созданная компания предоставит услуги по транспортировке всех видов отходов материалов в городе Иркутске. В автопарке будут все виды специализированной техники, благодаря чему транспортировка отходов, в том числе и опасных, будет проведена с соблюдением необходимых требований. Компания сможет недорого обеспечить безопасный вывоз отходов и их утилизацию. Цена транспортировки зависит от вредности и объема материалов.

Различают два главных типа отходов:

- Производственные. К ним относятся образовавшиеся в процессе производства остатки материалов и сырья, которые не могут повторно использоваться.
- Потребительские. Включают в себя остатки продуктов или материалов, а также изношенные товары и изделия, не поддающиеся эксплуатации и ремонту.

Также отходы делятся на безопасные и опасные. Первые не наносят вред здоровью человека и транспортируются обычными машинами для вывоза мусора. Транспортировка отходов, представляющих угрозу для людей, допустима только специально оборудованным транспортом с обязательным наличием разрешения на маршрут.

Для транспортировки опасных отходов необходима разрешительная документация, в перечень которой входит заключение санитарной службы и лицензия на перевозку опасных веществ. Машины для

перевозки моются и дезинфицируются в специальных местах. Немало важным является процесс погрузки опасных материалов, поскольку он должен быть организован с минимальным участием человека.

К опасным отходам относят химические и токсичные вещества, способны причинить вред здоровью и жизни человека, а также природе. Компания будет гарантировать полное соблюдение технологии погрузки и выгрузки опасных материалов. Благодаря современной технике и надежным конструкциям транспортировка отходов проводится с исключением рисков утечки опасного вещества.

Твердые бытовые отходы относятся к основным видам отходов ж.д. инфраструктуры, удельный вес которых, может, доходит до 70-90%. Однако во время работы всей инфраструктуры могут появляться не только бытовые отходы, но и жидких, газообразных токсических веществ.

Каждый из технологических процессов ж.д. предприятий образует отходы, подразделяющиеся на классы опасности, включающее в себя описание разнообразных отходов и возможность возникновения непредвиденных обстоятельств. Одними из опаснейших отходов следует считать: отработанные люминесцентные лампы; шламы и нефтишламы; плавающие нефтепродукты; различные отходы красок и лаков.

На территории России действует классификационный каталог, в который заносится информация (перечень отходов) по действиям с различными видами отходов, разработанный Государственным комитетом экологии. Каталог классифицируется по 5-ти уровням, расположенным в иерархической последовательности, от самых опасных к менее опасным. В местах технического обслуживания подвижного состава (депо) образование отходов происходит во время непосредственного ремонта, когда приходится использовать сварочные аппараты, дрели и другое оборудование для нанесения краски или лаков на отремонтированные узлы и агрегаты. Во время грузовой работы, когда вагоны заполняются или разгружаются происходит интенсивный выброс токсичных материалов, например, при загрузке-выгрузке цемента начинается интенсивный выброс цементной пыли, после мойки вагонов с помощью различных моющих средств на земле образуется осадок. Такого рода утечки в окружающую среду являются недопустимыми, что и сподвигает промышленность усовершенствовать и модернизировать системы очистки отходов.

Использованные батарейки и лампы чаще всего оказываются в обычных мусорных контейнерах, после чего перемещаются на полигоны ТБО, откуда могут попасть в грунт и грунтовые воды. Ртуть способна вступать в реакцию с водой, вследствие чего происходит образование растворимой в воде и токсичной метилртути. Эти вредные соединения легко могут проникнуть в водосборники, а затем и в квартиры иркутян. В небольшом количестве тяжелые металлы содержатся даже в энергосберегающих лампах и батарейках [3].

Все энергосберегающие лампы содержат ртуть в дозах от 1 до 70 миллиграмм. Этой дозы достаточно, чтобы нанести вред здоровью, если лампа разбилась. Ртуть — ядовитое вещество первого класса. Она может вызывать серьезные отравления, поражать нервную систему, печень, почки, легкие. Выбрасывая лампы в обычные мусорные контейнеры, мы подвергаем опасности собственное здоровье, а также природу, окружающий мир в целом, поскольку ртуть свободно попадает в воду через почву.

Правильная утилизация — единственная возможность предотвратить процесс отравления окружающей среды. Эту информацию доносят до жителей экологи «Байкальской экологической волны».

Однако, как показывает практика, горожане не спешат сдавать использованные лампы или батарейки. Везти до пункта приема несколько батареек и пару лампочек, тратя на это как минимум час времени, решаются немногие. Другое дело, если в офисах управляющих компаний и магазинах стояли бы специальные контейнеры или были организованы временные пункты сбора [1].

Поэтому из перечисленных всех выше требований к утилизации отходов по опасным грузам в городе Иркутске необходимо создать единую компанию по утилизации отходов, так как опасные грузы несут большой вред окружающей среде.

#### Список литературы

1. Ольга Жулева, Опасные отходы ИА «Иркутск онлайн» <http://www.irk.ru/news/articles/20150713/disposal/>
2. Приказ МПР России № 511 от 15.06.2001 “Об утверждении отнесения отходов к классам опасности для окружающей природной среды”.

3. Санитарные правила «Требования к транспортировке опасных отходов». Санитарные правила. М. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 2008 г.

## ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОТ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЩЕБНЯ НА СТАНЦИИ АНГАСОЛКА

Названова А.О., Власова Н.В.

ИрГУПС, г. Иркутск

В современном мире все большую значимость приобретает условие экологической безопасности окружающей среды. Поэтому вопросу радиационной безопасности, нормированию и радиационно-гигиенической оценке щебня уделяется серьезное внимание.[6]

Щебни добываются из осадочных магматических горных пород, имеющих радиационный фон окружающей среды. Чаще всего этот строительный материал не является экологически безопасным. Радиационный фон горных пород оценивается еще на стадии разработки запасов месторождения. Каждому месторождению выдается паспорт, в котором указывается группа радиоактивности добываемого камня и где рекомендуется его применять.[5]

Распространенный строительный материал — щебень — является источником естественной радиации. Кроме этого, он может иметь искусственную радиацию из-за свойства ее накапливать. Это гораздо опаснее: доза приобретенной радиации намного выше естественной.[6]

Различают три класса радиоактивности этого стройматериала:

- **I класс:** максимальный показатель радиоактивности не более 370 Бк/кг (подходит для использования при любых видах строительства — внутренних и наружных работ).
- **II класс:** показатель выше 370 Бк/кг (этот щебень подойдет для строительства дорог, сооружений промышленного назначения; внутри помещений использовать нежелательно).
- **III класс:** показатель радиоактивности не менее 740 Бк/кг (используют только вдали от населенных пунктов для транспортного и промышленного строительства).[6]

В связи с экономической ситуацией многие предприниматели вынуждены приобретать более дешевые классы данного стройматериала (II, III класса), которые в свою очередь оказывают пагубное воздействие на окружающую среду.

Зёрна щебня имеют различную форму. Поверхность их шероховатая, поэтому они хорошо сцепляются с цементно-песчаным раствором в процессе изготовления бетона.

Щебень фракции 3-8 и 5-20 используется для производства бетона и изделий из него. Фракцию 20-40 чаще всего применяют во время закладки фундаментов зданий (как часть «подушки»), а фракции 25-60 и 40-70 используются в дорожном строительстве.

Щебень фракции 25-60 может использоваться исключительно для балластного слоя железнодорожного пути (ГОСТ Р 54748-2011). В строительстве же, в соответствии с ГОСТ 8267-93, используются прочие фракции щебня.[5]

Так как он является одним из оптимальных грузов с точки зрения технологии работы железнодорожного транспорта, и в структуре погрузки щебня доля маршрутных и групповых отправок составляет 99%, то экологичности его перевозок стоит уделить внимание.[3]

Решение данной проблемы есть – это ткань, которая способна впитывать радиоактивный цезий из материала. Ее разработали ученые из Института промышленной науки при Токийском университете. Активным веществом в разработках японских ученых стала берлинская лазурь — красящее вещество, которое широко применяется в медицине как антидот при отравлении солями цезия и таллия.[2]

Привлекательной также является и себестоимость новой разработки: даже на первом этапе она не превысит 6 долларов за один квадратный метр. Эффективность ткани доказывает опыт, проведенный японскими учеными: В дождевую воду с содержанием радиоактивного цезия 20 беккерелей на литр опустили лоскут размером 60 на 40 сантиметров, который весил всего 18 граммов. На следующее утро замеры показали снижение уровня радиации в воде до 8 беккерелей на килограмм. [1]

Данное изобретение можно использовать на станции Ангасолка ВСЖД, где грузится до 73,2 тыс. тонн в год, чтобы значительно снизить радиационное воздействие на окружающую среду. Ангасольский щебеночный завод производит щебень для балластирования железнодорожного пути и снабжает продукцией Восточно-Сибирскую железную дорогу – филиал ОАО "РЖД". Основная продукция завода - щебень из природного камня (граниты и мигматы) в виде смеси фракций от 25 до 60 мм для балластного слоя железнодорожного пути. Кроме того, заводом выпускается щебень в виде смеси фракций от 5 до 25 мм, песок из отсевов дробления для строительных работ, а также бутовый камень (скальный грунт) для водоборьбы. [4]

Ангасольский щебеночный завод расположен в 4 км от берега Южного Байкала. Завод примыкает к главному ходу Восточно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО "РЖД". Расстояние от границы карьера до дробильно-сортировочного цеха составляет около 300 метров, поэтому необходим тотальный контроль за экологической ситуацией как на самом заводе, так и на близлежащей территории, поэтому в дробильно-сортировочном цехе установлены 4 аспирационных установки.[7]

Погрузка готовой продукции осуществляется посредством конвейеров в железнодорожный и погрузчиком в автомобильный транспорт. При предварительной укладке в полувагоны ткани, поглощающей радиоактивные излучения, окружающая среда будет защищена от воздействия радиоактивности щебня.

По статистике погрузка строительных грузов снизилась на 20,1%. Для привлечения новых клиентов и повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта требуется внедрение новых технологий и устройств, которые не ударят по бюджету ОАО "РЖД". Например, это может стать ткань для поглощения радиационного фона такого строительного материала как щебень, потому что он имеет достаточно распространенную область применения, начиная от укладки балластного слоя на железнодорожных линиях и заканчивая строительством жилых зданий.

#### Список литературы

1. Валиев И. Важные новости – 11.05.2017.
2. Котляр П. Газета.ru–29.05.2012.
3. Савчук В.Б. I I I Международная конференция: РЫНОК ЩЕБНЯ РОССИИ 2016– 26.05.2016.
4. Союз операторов железнодорожного транспорта– 25.09.2017.
5. Строительные материалы и технологии –информационный портал.
6. Пекарщинский гранит– Радиоактивность щебня, классы радиоактивности.
7. Первая нерудная компания – Ангасольский щебеночный завод.

#### ВВЕДЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОГЛОЩЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ВО ВРЕМЯ ВЫГРУЗКИ

**Уварова А.П., Власова Н.В.**

(**Уварова А.П.** студентка ИрГУПС, г. Иркутск;  
**Власова Н.В.** к.н.т., доцент каф. «УЭР», г. Иркутск)

*Производится анализ грузопотока. Введение и применение нового устройства на путях необщего пользования для поглощения пыли.*

*Ключевые слова: новое устройство, угольная пыль, погрузка, выгрузка.*

#### THE INTRODUCTION OF A SYSTEM OF ABSORPTION OF COAL DUST DURING UNLOADING

**Uvarova. A.P., Vlasova N.V.**

(**Uvarova. A.P.** student IrGUPS; **Vlasova N.V.** k.n.t. department UER)

*The analysis of traffic. Introduction and application of a new device on the tracks of uncommon use to absorb the dust.*

*Key words: new device, coal dust, loading, unloading.*

Уголь был первым из используемых человеком видов ископаемого топлива. Он позволил совершить промышленную революцию, которая в свою очередь способствовала развитию угольной промышленности, обеспечив её более современной технологией. В 1960 году уголь давал около половины мирового производства энергии, к 1970 году его доля упала до одной трети.

Уголь, подобно нефти и газу, представляет собой органическое вещество, подвергшееся медленному разложению под действием биологических и геологических процессов. Основа образования угля - растительные остатки.

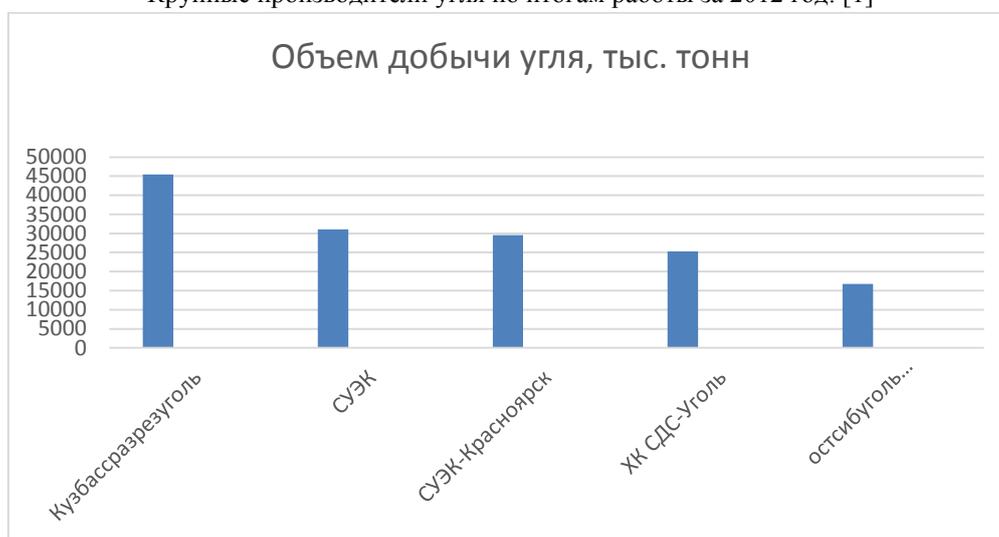
В России сосредоточено 5,5 % мировых запасов угля, что составляет более 200 млрд. тонн. Из них 70 % приходится на запасы бурого угля.

В странах бывшего СССР одним из известных месторождений угля является Донбасс (Украина).

Этапы переработки груза:

1. Выгрузка угля из полувагона козловым краном при помощи грейфера на конвейер, который перемещает груз на производство.
2. Выгрузка угля из полувагона в зону хранения.
3. Подача угля из зоны хранения на производство.

Крупные производители угля по итогам работы за 2012 год: [1]



Обычно добытый под землёй продукт грузят в карьерные самосвалы, и отвозят из места хранения к дробилке. Этот продукт или прямо выгружают в приёмное отверстие дробилки, или выгружают в месте хранения. Если он выгружается в месте хранения, то затем ковшевый погрузчик забирает его, и подаёт в дробилку. Во всех случаях при выгрузке образуются облако пыли.

При быстром высыпании большого количества угля, он вытесняет большой объём воздуха за небольшой интервал времени, и перемещает наружу образовавшееся облако пыли. Если оператор оборудования, которая высыпает продукт, будет находиться в герметизированной кабине, то это уменьшит воздействие пыли на него. Но если рядом находятся другие рабочие (оператор дробилки; ремонтники и др.) могут подвергаться воздействию этой пыли, а также здания, сооружения и местные жители.

Для снижения загрязнённости воздуха есть несколько эффективных способов, включая устройство укрытия над местом выгрузки материала, и использование распыления воды для уменьшения концентрации пыли, и для предотвращения её распространения.

Угольная пыль частично имеет коллоидный характер (с отрицательным электрическим зарядом), особенно в присутствии коллоидных гуминовых кислот, действующих в данном случае как пептизатор. Содержание угольных частиц в сточных водах обеспыливания колеблется от 1 до 100 г/л. Чаще всего оно составляет 15-20 г/л.

Угольная пыль откладывается в легкие человека с такой прочностью, что по одному виду легких легко определить профессию человека. Угольная пыль способствует развитию кониозов. Тонкодисперсная кварцевая пыль, присутствующая в воздухе рудных шахт, обогатительных фабрик и некоторых других производств, приводит человека к заболеванию силикозом.

Таким образом, предлагается введение новой системы, которая будет называться: «Распыление воды форсунками для уменьшения запылённости». Распыление воды форсунками, направленными на

высыпаемый материал, увлажнит его, и уменьшит пылеобразование. Для начала можно добавить воды так, чтобы влажность возросла на 1%. Степень увлажнения будет выбираться с учётом уменьшения запылённости и с учётом влияния влажности на материал, чтобы не добавлять воды слишком много. Так как непрерывное распыление воды форсунками в интервале между выгрузками не нужно, то их включают только во время выгрузки механический выключатель. Также может устанавливаться таймер, чтобы форсунки продолжали работать некоторое время после выгрузки для подавления образовавшейся пыли.

#### Список литературы

1. Бухарова О. Закон природы. Теперь новый. Российская газета: Экономика – Экология. №5469 (93) от 29 апреля 2011 г.
2. Беликов М. Русская Арктика получит новые экономотивы. Портал Российской газеты от 06.05.2014 г. – <http://www.rg.ru/2014/05/06/reg-szfo/normativy.html>.
3. Ежемесячный научно-технический производственно-экономический журнал «Уголь» - 2017г.
4. Журнал: «РЖД партнер» - 2017г, №17.
5. Заключение от 17.01.2013 г. «Об экспертизе постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 г. №74 «О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

#### **СЕКЦИЯ №17.**

#### **ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)**

#### **СЕКЦИЯ №18.**

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)**

#### **СЕКЦИЯ №19.**

#### **НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)**

#### **СЕКЦИЯ №20.**

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ ДАТЧИКОВ ПО ПОТОКАМ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Агроник А.Ю.<sup>1</sup>, Лисейцев А.Е.<sup>2</sup>, Шишкин О.Г.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ООО "Квадросистемс"

<sup>2</sup>Институт системного анализа ФИЦ ИУ РАН

<sup>3</sup>ИПС им. А.К. Айламазяна РАН

**Аннотация.** В работе выполнен обзор современных методов предварительной обработки, восстановления данных и прогнозирования состояний сложных технических систем по телеметрической информации. На примере данных подсистем космического аппарата рассмотрены различные подходы к восстановлению поврежденной информации, включая корреляционные алгоритмы и локальные сплайны. Приведен наглядный пример возможности применения методики построения нейросети для прогнозирования динамики технических процессов в режиме реального времени. Для мониторинга данных, прогнозирования временных рядов и классификации состояний предлагается применять нейросетевые

технологии разной архитектуры, причем особая роль отводится многослойным сетям прямого распространения и сети Кохонена.

*Ключевые слова:* космический аппарат, телеметрические данные, восстановление, интеллектуальный анализ, система, метод, контроль, прогнозирование.

### **Введение**

Задача тестирования работоспособности датчиковой аппаратуры космических систем является актуальной, поскольку связана с обеспечением ее отказоустойчивости. По мере роста масштабов и сложности систем и программ растет объем анализируемой информации. Для данной задачи создаются и повсеместно используются автоматизированные системы, которые осуществляют мониторинг и прогнозирование состояния подсистем космического аппарата (КА) для повышения срока их работоспособности [1]. Методы прогнозирования состояния бортовых систем КА оперируют телеметрической информацией, которая включает показатели датчиков температуры, ориентации, напряжения, силы тока и др. данные. Часто в работе датчиков происходят сбои, например, в виде кратковременных изменений своих показаний. Своевременное обнаружение подобных сбоев необходимо для того, чтобы постоянно владеть подлинной и точной информацией о текущем состоянии КА.

Поступающая с КА телеметрическая информация зачастую имеет множество поврежденных данных, которые необходимо восстановить перед использованием в методах прогнозирования состояния подсистем. В настоящей работе рассмотрены следующие методы восстановления информации телеметрии: ZET-алгоритм, интерполирование сплайнами, нейросетевая предобработка. После процесса восстановления исходной телеметрической информации необходимо решить задачу контроля состояния бортовых систем КА и прогнозирования возможного сбоя показаний датчиков. Для этого предлагается использовать искусственные нейронные сети и анализ корреляционных связей между группами датчиков.

### **1. Предварительная обработка и восстановление телеметрической информации**

Рассмотрим предлагаемые в современных источниках методы восстановления пропущенных данных. В работе [2] предлагается способ восстановления части поврежденных данных с помощью оригинального метода на основе модифицированного ZET-алгоритма, который содержит несколько этапов:

- на первом этапе для конкретного пробела из исходной матрицы «объект-свойство», столбцы которой нормированы по дисперсии, выбирается подмножество компетентных строк и затем для этих строк — компетентных столбцов;
- на втором этапе автоматически подбираются параметры в формуле, используемой для предсказания пропущенного элемента, при которых ожидаемая ошибка предсказания достигает минимума;
- на третьем этапе выполняется непосредственно прогнозирование элемента по этой формуле.

Под компетентностью  $i$ -й строки по отношению к  $l$ -й понимается величина

$$L_{il} = r_{il} t_{il} \quad (1)$$

Здесь  $r_{il} = 1 - \rho_{il}$ ,  $\rho_{il}$  — евклидово расстояние между  $i$ -й и  $l$ -й строками, а  $t_{il}$  — коэффициент комплектности, равный числу свойств, значения которых известны как для  $i$ -й, так и для  $l$ -й строки. Компетентная строка не должна иметь пробела в  $l$ -м столбце.

Под компетентностью  $j$ -го столбца по отношению к  $i$ -й строке понимается величина

$$L_{jk} = r_{jk} t_{jk} \quad (2)$$

где  $t_{jk}$  — модуль коэффициента корреляции между  $j$ -м и  $k$ -м столбцами, а  $r_{jk}$  — коэффициент комплектности, равный числу объектов, у которых известны как  $j$ -е, так и  $k$ -е свойства. Компетентный столбец не должен иметь пробела в  $i$ -й строке.

Возможен выбор компетентной подматрицы любого размера в пределах от  $2 \times 2$  до  $n \times m$ . Обычно используется подматрица, содержащая от 3 до 7 строк и столбцов.

В процессе предсказания значения пробела с использованием зависимостей между  $i$ -м и всеми остальными ( $k$ -ми) столбцами вырабатываются «подсказки»  $b_k$ . Для их получения используется уравнение линейной регрессии между  $i$ -м и  $k$ -м столбцами.

Если в подматрице было  $(q + 1)$  столбцов, то затем  $q$  подсказок усредняются с весом, пропорциональным компетентности соответствующего столбца. В итоге получается прогнозная величина  $b_q$ , порожденная избыточностью, содержащейся в столбцах:

$$b_j = \sum_{k=1}^q b_k L_{jk}^\alpha / \sum_{k=1}^q L_{jk}^\alpha \quad (3)$$

Здесь  $\alpha$  — коэффициент, регулирующий влияние компетентности на результат предсказания. Выбор  $\alpha$  и составляет суть этапа подбора формулы для прогнозирования: все известные элементы  $i$ -го

столбца предсказываются при разных значениях  $\alpha$  и затем выбирается такое значение  $\alpha$ , при котором ошибка прогноза  $\delta_j$  была минимальной

По формуле (3) с выбранным значением  $\alpha$  делается прогноз  $b_j$  величины пропущенного элемента, а полученная при выборе  $\alpha$  минимальная величина  $\delta_j$  в дальнейшем принимается в качестве оценки ожидаемой ошибки заполнения пробела по столбцам.

Процедура заполнения пробела с использованием связи между  $i$ -й строкой и всеми  $s$  другими ( $l$ -ми) строками  $(1, 2, \dots, l, \dots, s)$  аналогична вышеописанной и выполняется по формуле

$$b_i = \sum_{l=1}^s b_l L_{il}^\alpha / \sum_{l=1}^s L_{il}^\alpha \quad (4)$$

Для выбора  $\alpha$  здесь используются все известные элементы  $i$ -й строки, и выбор делается при минимальном значении ошибки  $\delta_i$  их прогнозирования. Общий прогноз  $b_i$  значения пропущенного элемента  $b_{ij}$  получается выбором либо прогноза  $b_j$ , если  $\delta_j < \delta_i$ , либо прогноза  $b_i$ , если  $\delta_i < \delta_j$ . Возможно и их усреднение с весом, обратно пропорциональным величине ожидаемой ошибки.

В работе [3] предлагается применение различных модификаций ZET алгоритма, например, алгоритма ZETM. В этом алгоритме пропуски заполняются величиной, которая является линейной комбинацией (взвешенным средним) регрессионных оценок пропущенного значения. Оценки вычисляются по предсказывающей подматрице исходной таблицы «объект-признак».

В работе [4], выполненной с участием одного из авторов настоящей статьи, проводится восстановление поврежденных данных методом линейной интерполяции. Восстановление поврежденных данных необходимо для корректного построения корреляционных функций, лежащих в основе генерации данных. Корреляционная функция позволяет решать многие задачи генерации рядов данных, такие как выявление взаимосвязи между анализируемыми параметрами и знаний о корреляционных связях; прогнозирование поведения параметров целевых объектов на основе анализа поведения другого коррелирующего параметра; проведение классификации на основе подбора независимых друг от друга признаков. Корреляционная функция рассчитывается по формуле [5]:

$$r(\tau) = \frac{n \sum_i x_i y_{i-\tau} - (\sum_i x_i)(\sum_i y_{i-\tau})}{\sqrt{[n \sum_i x_i^2 - (\sum_i x_i)^2][n \sum_i y_{i-\tau}^2 - (\sum_i y_{i-\tau})^2]}} \quad (5)$$

где  $x_i, y_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) – значения параметров,  $\tau$  – время сдвига,  $n$  – длина ряда значений. Для расчета важно, чтобы временные промежутки между полученными данными были одинаковы, например, кратны некоторой постоянной величине для всех значений  $\tau$  [6].

## 2. Интерполирование сплайнами в задачах обработки сигналов

В работе [7] рассматривается применение интерполяционных сплайнов в цифровой обработке сигналов. Основная идея состоит в управлении погрешностью приближения путем синтеза базисных сплайнов с учетом априорной информации о частотных свойствах сигнала, при этом особое внимание уделено эффективности расчетов.

При построении интерполяционного многочлена с использованием большого числа узлов интерполирования возможно получение плохого приближения и, как следствие, значительной вычислительной погрешности. Такой интерполяционный многочлен существенно проявляет свои колебательные свойства, и его значения между узлами могут значительно отличаться от значений интерполируемой функции.

Для того, чтобы избежать высокой степени интерполяционного многочлена и вычислительной погрешности интерполяции, в работе [8] предлагается применение сплайн-интерполяции. Она осуществляется путем разбиения отрезка интерполирования на частичные отрезки, где на каждом из них строится многочлен невысокой степени, так или иначе приближенный к заданной функции.

Суть сплайн-интерполяции (рис. 1) заключается в определении интерполирующей функции по формулам одного типа для различных подмножеств и в стыковке значений функции и ее производных на границах подмножеств. Наиболее изученным и широко применяемым является вариант, в котором между любыми двумя точками  $x_{i-1}, x_i$  строится многочлен  $n$ -й степени:

$$S(x) = \sum_{k=0}^n a_{ik} x^k, \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i \quad (6)$$

На рисунке 1 показан пример кусочно-кубической интерполяции. На каждом отрезке функция приближается кубическим многочленом.

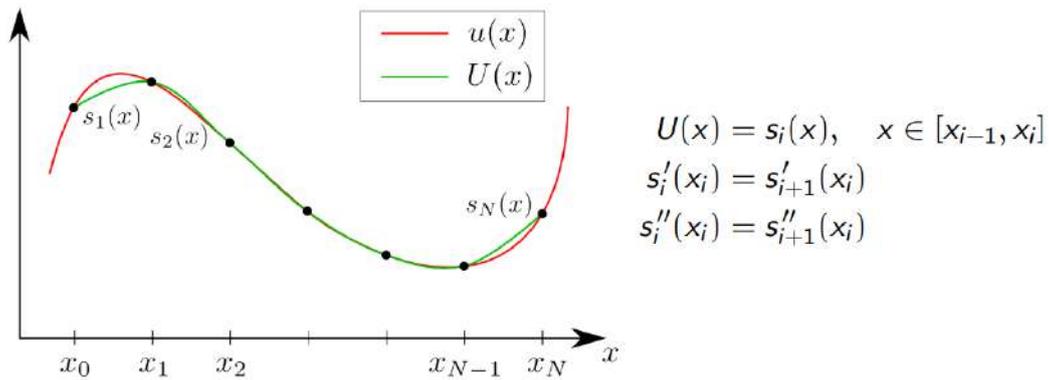


Рис. 1. Интерполирование сплайнами

Дополнительно требуется непрерывность первой и второй производных функции  $U(x)$  на всем отрезке  $[x_0; x_N]$ :

-степенью сплайна называется максимальная из степеней многочленов  $s_i(x)$ ;

-гладкостью сплайна называется количество непрерывных производных, которые  $U(x)$  имеет на всем отрезке  $[x_0; x_N]$ ;

-дефектом сплайна называется разность между степенью и гладкостью сплайна [9].

Метод интерполирования сплайнами обеспечивает хорошее приближение при условии, что пропуски являются случайными. Пропуск в данных является случайным, если вероятность  $P(X_j \text{ пропущено} / \text{остальные } X)$  не зависит от  $X_j$ , но может зависеть от остальных  $X$ . При таких пропусках механизм их возникновения несущественен, и к данным можно применить различные варианты методов восстановления [10].

Основной недостаток сплайн-интерполяции заключается в следующем. Если в исходных данных присутствует группа пропусков, следующих друг за другом, то результат интерполирования сплайнами данной группы может иметь значительную погрешность. Преимуществом ZET-алгоритма является его способность работать и с одномерными рядами данных, и с таблицами взаимосвязанных данных. Данный алгоритм восстановления превосходит простые методы в случае однократных пропусков в исходных данных, но в некоторой степени уступает интерполированию сплайнами. Однако ZET-алгоритм превосходит остальные рассматриваемые методы в случае групповых пропусков в данных. При применении алгоритма необходимо проследивать причинно-следственную связь между данными, что является некоторым ограничением данного алгоритма.

### 3. Методы нейросетевой обработки входных данных

В задаче нейросетевой обработки данных возможно использование сетей разной архитектуры, а также их комбинации. В работе [11] выполнено исследование применения искусственных нейронных сетей (ИНС) для прогнозирования временных рядов. Задача прогнозирования является частным случаем задачи регрессии, следует, что она может быть решена следующими типами нейронных сетей: многослойным персептроном, радиально-базисной сетью, обобщенно-регрессионной сетью, сетью Вольтерри, сетью Элмана и иерархической нейронной сетью [12].

В настоящей работе [13] проведен наглядный пример возможности применения методики построения иерархической нейронной сети для прогнозирования динамики процессов изменения атмосферной температуры, а также сравнение полученных результатов с ранее полученными прогностическими моделями.

Входной сигнал в таких сетях распространяется в прямом направлении, от слоя к слою. Многослойный персептрон в общем представлении состоит из следующих элементов: множества входных узлов, которые образуют входной слой; одного или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов; одного выходного слоя нейронов. Для большинства реальных процессов, описываемых как нестационарные случайные последовательности, характерно изменение основных статистических параметров таких как, например, математическое ожидание или дисперсия, с течением времени. Изменение этих параметров происходит достаточно медленно относительно динамики изменения самого процесса. В этом случае одним из возможных подходов к задаче прогнозирования является использование иерархических нейросетевых

архитектур, что позволяет учитывать, как динамику изменения статистических параметров случайного процесса, так и динамику изменения самого процесса

В работе [14] предложен новый подход к построению и обучению нейронных сетей для классифицирования моделей. Создаются кластеры данных и последовательно обучаются на разных локальных подмножествах данных. Полученные кластеры данных затем используются для построения нейросети, которая дополнительно обучается с использованием стандартных алгоритмов, работающих на глобальном наборе обучения. Нейросеть, полученная с использованием этого подхода, наследует знания из локальной учебной процедуры. Различные эксперименты демонстрируют превосходство этого подхода над конкурирующими методами.

В работе [15] предлагаются нейронные сети Кохонена и сети векторного квантования. Алгоритм Кохонена – это метод автоматической классификации, который лежит в основе самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Maps - SOM). Каждый объект, который требуется классифицировать, представляется в виде некоторого вектора, подающегося на вход нейронной сети. Количество нейронов во входном слое определяется количеством компонентов этого входного вектора. Количество же выходов определяется количеством классов.

В работе [16] предлагается составить комплексную нейронную систему. Данная нейронная сеть состоит из двух описанных выше компонентов: сети прямого распространения и сети векторного квантования, связанных между собой таким образом, что выходы сети прямого распространения рассматриваются как входы сети векторного квантования. Комплексная ИНС обучается с учителем, как и сеть прямого распространения. Процесс обучения можно разделить на два этапа: на первом этапе происходит обучение сети прямого распространения на основе заданной экспертом обучающей выборки, на втором этапе формируется новая обучающая выборка. Обучение сети векторного квантования проводится на основе выходных сигналов обученной сети прямого распространения.

Задачу обнаружения неисправности аппаратуры датчиков можно решить с помощью ИНС Кохонена [17]. Известно, что данный тип нейронных сетей хорошо справляется с разделением входной информации на различные классы. В реализации сети предлагается использовать два класса: в первом классе будут содержаться данные, которые соответствуют штатному режиму работы подсистем, во втором классе – данные, характерные для неисправных датчиков КА. Необходимо обучить нейронную сеть Кохонена, решающую задачу кластеризации двух групп векторов, характерных для противоположных случаев: «нормальная работа группы датчиков/подсистемы КА» и «сбой в одном или сбоях в одном или более датчике подсистемы КА» соответственно.

Экспериментальные результаты показывают, что нейронная сеть Кохонена – это хороший инструмент для бинарной классификации данных телеметрии. Неоспоримыми преимуществами этой ИНС являются простота реализации и высокая скорость работы. Однако, специфика подхода, в частности, использование Евклидовой метрики и принципа «победитель забирает все», делает ИНС Кохонена очень чувствительной к входным данным.

### **Заключение**

В настоящей работе выполнен аналитический обзор методов предварительной обработки телеметрической информации космического аппарата и методов прогнозирования состояния его подсистем. Из представленных методов восстановления поврежденных данных ZET-алгоритм является наиболее эффективным в случае групповых пропусков данных, но несколько уступает интерполированию сплайнами в случае однократных пропусков. Применительно к задаче обнаружения неисправности аппаратуры рассмотрены нейронная сеть прямого распространения и сеть Кохонена, которая является хорошим инструментом для бинарной классификации данных телеметрии.

*\*Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 15-29-06945-офи\_м «Развитие моделей, методов и программных средств обработки мультиспектральных снимков, видео-потоков и данных телеметрии для задач космического мониторинга арктической зоны».*

### **Список литературы**

1. Н. С. Абрамов, А. А. Ардентов, Ю. Г. Емельянова, А. А. Талалаев, В. П. Фраленко, О. Г. Шишкин, Архитектура системы мониторинга и прогнозирования состояния космического аппарата//Программные системы: теория и приложения. - 2015. - С. 85–99.

2. Самсонов А. С. Интеллектуализация анализа распространенности и прогнозирования депрессивных расстройств на основе многоуровневого мониторинга и классификационного моделирования. – Диссертация, 2014, с.208
3. Рыженкова К.В. Методы восстановления пропуска данных при проведении статических исследований// ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – 2012, с. 127-133.
4. Амелькин С.А., Шишкин О.Г., Талалаев А.А. Генерация данных для задачи диагностирования систем космического аппарата. – Программные системы: теория и приложения, №2, 2017, с.19-31.
5. Гайдадин А. Н., Ефремова С. А., Бакумова Н. Н. Применение корреляционного анализа в технологических процессах. – ВолгГТУ, 2008, с.3-16.
6. Абрамов Н.С., Талалаев А.А., Фраленко В.П. Интеллектуальный анализ телеметрической информации для диагностики оборудования космического аппарата. – Информационные технологии и вычислительные системы, №1, 2016, с.64-75.
7. Шелевицкий И.В., «Интерполяционные сплайны в задачах цифровой обработки сигналов», URL: [http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/44/1/Interp\\_Spline\\_DSP\\_Shelev.pdf](http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/44/1/Interp_Spline_DSP_Shelev.pdf)
8. Уткин С.П. Лекции: [Электронный ресурс]// ФМТИ – Долгопрудный. - 2014. URL: [https://mipt.ru/education/chair/computational\\_mathematics/study/materials/compmath/lectures/lektcii-p-utkina-2014-2015.php](https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/study/materials/compmath/lectures/lektcii-p-utkina-2014-2015.php). (Дата обращения 20.01.18).
9. Интерполяционные сплайны. Общие понятия. Постановка задачи. Кубические сплайны. – URL: <http://xn--90abr5b.xn--p1ai/exams/%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%BC%D0%B0%D1%82/40.htm> – (Дата обращения: 24.01.2018).
10. Круглов, В.В. Методы восстановления пропусков в массивах данных // Журнал программные продукты и системы. – 2005 г.№2, с. 18-22.
11. Тимофеев А.Б., Сирота Е.А. Анализ и исследование искусственных нейронных сетей для решения задачи прогнозирования временных рядов// - Издательский дом ВГУ-2015 г, с. 259-262.
12. Mohamed Ettaouil, Essafi Abdelatifi, Fatima Belhabib, Karim El moutaouakil. Learning Algorithm of Kohonen Network With Selection Phase//WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS. – 2012. – С.387-396.
13. Сирота Е.А. Прогнозирование нестационарных временных последовательностей на основе иерархических многослойных нейронных сетей. – Информационные технологии, №1, 2014, с.67-71.
14. Xudong Jiang, Alvin Harvey Kam Siew Wah. Constructing and training feed-forward neural networks for pattern classification//The Journal Recognition Society. - 2002. – С. 853 – 867.
15. Горожанина Е.И. Нейронные сети. Учебное пособие. – Самара. ФГБОУ ВО ПГУТИ, 2017. – с. 23.
16. Абрамов Н.С., Талалаев А.А., Фраленко В.П. Интеллектуальный анализ телеметрической информации для диагностики оборудования космического аппарата. – Информационные технологии и вычислительные системы, №1, 2016, с.64-75.
17. Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition), ISBN 3-540-67921-9, New York, 2001. – 501 p.

## АНАЛИЗ ДВУХЭТАПНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ

**Барашков В.М., Задорина Н.А.**

РГАТУ имени П.А. Соловьева, РФ, г. Рыбинск

Известны несколько математических моделей распространения вирусов (сетевых червей) в компьютерных сетях. Обзор таких моделей приведен в [6]. Анализ простейших моделей содержится в [4]. В

настоящей работе рассматривается модель, предложенная в [1,2]. Это двухэтапная модель, для которой принято сокращенное обозначение PSIDR. Объекты модели PSIDR будем называть компьютерами.

Обозначим:  $t$  – время. Объекты данной модели следующие:  $S(t)$  - количество работоспособных компьютеров, уязвимых для заражения данным вирусом (в дальнейшем – «уязвимые» компьютеры);  $I(t)$  – количество инфицированных (зараженных) компьютеров, относительно которых факт заражения не обнаружен (в дальнейшем – «инфицированные» компьютеры);  $D(t)$  - количество инфицированных (зараженных) компьютеров, относительно которых факт заражения обнаружен (в дальнейшем – «обнаруженные» компьютеры);  $R(t)$  – количество компьютеров, вылеченных от инфекции и ставших невосприимчивыми к заражению данным вирусом (в дальнейшем- «невосприимчивые» компьютеры).

Формально, модель PSIDR на обоих этапах распространения сетевого червя описывается системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Аналитическое решение системы дифференциальных уравнений для этапа 1 приведено в [4]. Аналитическое решение системы дифференциальных уравнений для этапа 2 в источниках, доступных авторам настоящей работы, - отсутствует. В данной работе найдено аналитическое решение системы дифференциальных уравнений для этапа 2 и приведены явные выражения для функций  $S(t)$  и  $I(t)$ . Найдено также явное выражение для оценки «урона», нанесенного вирусом.

Приведем краткое словесное описание этапов модели PSIDR.

Этап 1 (предварительный). Вирус, распространяясь от одного первоначально инфицированного компьютера, заражает уязвимые компьютеры:  $(S \xrightarrow{\beta} I)$ . Процесс заражения характеризуется некоторым параметром, для которого примем обозначение  $\beta$ . Параметр  $\beta$  считаем константой. На этом этапе распространению вируса никакого противодействия не оказывается. Этап 1 продолжается в течение времени (в интервале времени)  $t_0 \leq t < t_1$ .

Этап 2. На этом этапе продолжается заражение уязвимых компьютеров:  $(S \xrightarrow{\beta} I)$ . Но распространению вируса оказывается противодействие. Оно заключается в следующем: уязвимые (но не инфицированные) компьютеры с некоторой частотой  $\mu$  получают «прививку» от воздействия вируса и становятся невосприимчивыми  $(S \rightarrow R)$ ; инфицированные компьютеры обнаруживаются также с частотой  $\mu$  (становятся обнаруженными компьютерами) и временно изолируются от сети  $(I \rightarrow D)$ ; обнаруженные компьютеры с частотой  $\delta$  излечиваются от вируса и становятся невосприимчивыми  $(D \rightarrow R)$ . Этап 2 начинается при  $t = t_1$  и продолжается в интервале времени  $t_1 \leq t \leq T$ .

#### Формальное описание модели PSIDR

Приведенное ниже формальное описание модели PSIDR содержится в различных работах, посвященных математическим моделям распространения вирусов в компьютерных сетях. Учитывая обозначения для параметра и частот, принятые в [1,4,6] и воспроизводимые в данной работе, формальное описание имеет следующий вид.

Этап 1. Распространение вирусов описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta SI, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

с начальными условиями  $S(t_0) = S_0$  и  $I(t_0) = I_0$ . Кроме этого при любом  $t_1 \leq t \leq T$  должно выполняться равенство

$$S(t) + I(t) = N, \quad (2)$$

где  $N$  – общее количество компьютеров в сети. Для нормированной величины  $i(t) = I(t)/N$  в [4] получена явная зависимость от аргумента  $t$ . Аналогичная зависимость для системы (1) при заданных начальных условиях имеет вид

$$I(t) = \frac{N}{1 + \left(\frac{N}{I_0} - 1\right)e^{(-\beta N(t-t_0))}}. \quad (3)$$

Заметим, что в системе (1) размерность параметра  $[\beta] = \left[ \frac{1}{\kappa * \text{сек}} \right]$ , где буква « $\kappa$ » в знаменателе означает «компьютер».

Этап 2. Распространение вирусов описывается следующей системой дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \mu S, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \mu I, \\ \frac{dD}{dt} &= \mu I - \delta D, \\ \frac{dR}{dt} &= \delta D + \mu S \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

с начальными условиями  $S(t_1) = S_1 > 0$ ;  $I(t_1) = I_1 > 0$ ;  $D(t_1) = D_1 = 0$ ; и  $R(t_1) = R_1 = 0$ . Кроме того, при любом  $t_1 \leq t \leq T$  должно выполняться равенство

$$S(t) + I(t) + D(t) + R(t) = N. \quad (5)$$

Считаем также, что функции  $S(t)$  и  $I(t)$  непрерывны в точке  $t = t_1$ , то есть имеют место равенства

$$\lim_{t \rightarrow t_1 - 0} S(t) = \lim_{t \rightarrow t_1 + 0} S(t) = S_1, \quad (6)$$

$$\lim_{t \rightarrow t_1 - 0} I(t) = \lim_{t \rightarrow t_1 + 0} I(t) = I_1. \quad (7)$$

Найдем явные выражения для функций  $S(t)$  и  $I(t)$ . Сложим первое уравнение системы (4) со вторым уравнением, а третье уравнение сложим с четвертым. Получим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{d(S + I)}{dt} &= -\mu(S + I), \\ \frac{d(D + R)}{dt} &= \mu(S + I) \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Введем новые неизвестные функции:

$$\begin{aligned} u(t) &= S(t) + I(t), \\ v(t) &= D(t) + R(t). \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда систему (8) можно записать в виде

$$\left. \begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -\mu u, \\ \frac{dv}{dt} &= \mu u \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

с начальными условиями

$$\begin{aligned} u(t_1) &= S(t_1) + I(t_1) = S_1 + I_1 = N, \\ v(t_1) &= D(t_1) + R(t_1) = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Кроме этого, при любом  $t_1 \leq t \leq T$  выполняется равенство

$$u(t) + v(t) = N. \quad (12)$$

Найдем решение первого уравнения системы (10):

$$\frac{du}{dt} = -\mu dt; \quad \ln u = -\mu t + \ln C_1; \quad u(t) = C_1 \exp(-\mu t). \quad (13)$$

Из начальных условий (11) найдем произвольную постоянную  $C_1$ :

$$N = C_1 e^{-\mu t_1}; \quad C_1 = N e^{\mu t_1}.$$

Подставляя найденное значение  $C_1$  в (13), получим

$$u(t) = N e^{(-\mu(t-t_1))}. \quad (14)$$

Из условия (12) найдем

$$v(t) = N - u(t) = N(1 - e^{-\mu(t-t_1)}). \quad (15)$$

Найдем также функцию  $v(t)$ , как решение второго уравнения системы (10):

$$dv = \mu N e^{-\mu(t-t_1)} dt; \quad v(t) = \mu N \int e^{-\mu(t-t_1)} dt + C_2;$$

$$v(t) = -N e^{-\mu(t-t_1)} + C_2. \quad (16)$$

Из начальных условий (11) найдем произвольную постоянную  $C_2$ :

$$v(t_1) = -N + C_2 = 0; \quad C_2 = N.$$

Подставляя найденное значение  $C_2$  в (16), получим

$$v(t) = N(1 - e^{(-\mu(t-t_1))}),$$

что совпадает с (15).

Теперь найдем явные выражения для функций  $S(t)$  и  $I(t)$ . Заметим, что первые два уравнения системы (4) связаны с третьим и четвертым уравнениями только частотой  $\mu$ . Запишем первое и второе уравнения системы (4), как отдельную систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta SI - \mu S, \\ \frac{dI}{dt} &= \beta SI - \mu I \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

с начальными условиями  $S(t_1) = S_1; I(t_1) = I_1$ .

В справочнике [5, стр.541] под номером 9.2 приведена система уравнений

$$\left. \begin{aligned} x' &= (ay + b)x, \\ y' &= (cx + d)y \end{aligned} \right\}, \quad (18)$$

и ее решение в виде

$$y^b e^{ay} = C x^d e^{cx}. \quad (19)$$

В (18) и (19):

$$x' = \frac{dx}{dt}; \quad y' = \frac{dy}{dt}; \quad a, b, c, d - \text{ постоянные величины, } C - \text{ произвольная постоянная интегрирования.}$$

Система (17) есть частный случай системы (18). Действительно, положим в (18) и (19), что

$$x = S; \quad y = I; \quad a = -\beta; \quad c = \beta; \quad b = d = -\mu.$$

Тогда из (18) получим систему (17), а решение (19) будет иметь вид

$$I^{-\mu} e^{-\beta I} = C S^{-\mu} e^{\beta S}.$$

Или

$$S^{\mu} e^{-\beta I} = C I^{\mu} e^{\beta S}; \quad S^{\mu} e^{-\beta(I+S)} = C I^{\mu}; \quad S^{\mu} e^{-\beta u} = C I^{\mu}, \quad (20)$$

где  $u$  определяется выражением (14). Из (20) и начальных условий при  $t = t_1$  найдем произвольную постоянную интегрирования

$$C = \left( \frac{S_1}{I_1} \right)^\mu e^{-\beta N}. \quad (21)$$

Также из (20) выразим функцию  $I$ :

$$I^\mu = \frac{1}{C} S^\mu e^{-\beta u}; \quad I = \frac{1}{\sqrt[\mu]{C}} S e^{-\frac{\beta}{\mu} u}.$$

Подставляя значение  $u(t)$  из (14) и указывая аргумент  $t$  у всех функций, получим

$$I(t) = \frac{1}{C^{\frac{1}{\mu}}} S(t) e^{\frac{(-\beta N e^{-\mu(t-t_1)})}{\mu}}. \quad (22)$$

Здесь

$$C^{\frac{1}{\mu}} = \frac{S_1}{I_1} e^{-\frac{\beta}{\mu} N}. \quad (23)$$

Остановимся на размерности выражений (23) и (22). Размерность частоты  $[\mu] = [1/\text{сек}]$ . Поэтому множитель  $\frac{\beta}{\mu} N$  имеет размерность  $\left[ \frac{1}{\kappa * \text{сек}} * \text{сек} * \kappa \right]$ . То есть множитель  $\frac{\beta}{\mu} N$  - безразмерный.

Следовательно, множитель  $C^{\frac{1}{\mu}}$  - также безразмерный. Множитель  $\mu(t-t_1)$  имеет размерность  $\left[ \frac{1}{\text{сек}} * \text{сек} \right]$ . То есть этот множитель также безразмерный. Следовательно, в (22) размерности левой и правой частей совпадают. Подставим (23) в (22). Получим

$$I(t) = \frac{I_1}{S_1} e^{\frac{\beta N}{\mu}} e^{\frac{(-\beta N e^{-\mu(t-t_1)})}{\mu}} S(t).$$

Или

$$I(t) = \frac{I_1}{S_1} e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)} S(t), \quad (24)$$

где  $v(t)$  определяется (15).

Из (6) и (14) найдем явное выражение для функции  $S(t)$ :

$$u(t) = S(t) + I(t) = S(t) + \frac{I_1}{S_1} e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)} S(t).$$

Отсюда

$$S(t) = \frac{u(t)}{1 + \frac{I_1}{S_1} e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)}} \quad \text{или} \quad S(t) = \frac{S_1 u(t)}{S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)}}, \quad (25)$$

где  $u(t)$  определяется (14), а  $v(t)$  определяется (15). Подставляя (25) в (24), получим

$$I(t) = I_1 e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)} \frac{u(t)}{S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu} v(t)}}. \quad (26)$$

С учетом (26), функция  $D(t)$  может быть найдена из третьего уравнения системы (4), которое запишем в виде

$$\frac{dD}{dt} + \delta D = \mu I. \quad (27)$$

Уравнение (27) – это линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка. Метод его решения известен и приводится в учебной литературе, например в [7, стр. 27-29]. Однако выражение для функции  $D(t)$  получается громоздким. Поэтому вычисление значений  $D(t)$  целесообразней осуществлять, как приближенное численное решение уравнения (27).

#### Оценка нанесенного ущерба

В [1] предложены несколько характеристик модели PSIDR, в том числе, характеристика, названная «оценкой нанесенного ущерба». Эта характеристика определяется по формуле

$$A = \int_{t_0}^T I(t) dt. \quad (28)$$

Разобьем интеграл (28) на два интеграла, соответствующие этапу 1 и этапу 2:

$$A = A_1 + A_2 = \int_{t_0}^{t_1} I(t) dt + \int_{t_1}^T I(t) dt. \quad (29)$$

В первом интеграле функция  $I(t)$  определяется (3). Поэтому

$$A_1 = \int_{t_0}^{t_1} \frac{N}{1 + \left(\frac{N}{I_0} - 1\right) * e^{-\beta N(t-t_0)}} dt.$$

Произведем замену переменных:

$$z = -\beta N(t - t_0); \quad dt = -\frac{dz}{\beta N}; \quad t = t_0; \quad z = 0; \quad t = t_1; \quad z = -\beta N(t_1 - t_0).$$

Тогда

$$A_1 = -\frac{1}{\beta} \int_0^{-\beta N(t_1-t_0)} \frac{1}{1 + \left(\frac{N}{I_0} - 1\right) e^z} dz.$$

В справочнике [3, стр.379] приведена формула

$$\int \frac{dx}{b + c e^{ax}} = \frac{x}{b} - \frac{1}{ab} \ln(b + c e^{ax}). \quad (30)$$

Положим в (30)

$$b = 1; \quad c = \frac{N}{I_0} - 1; \quad a = 1.$$

Тогда

$$A_1 = N(t_1 - t_0) + \frac{1}{\beta} \ln \left( 1 + \left(\frac{N}{I_0} - 1\right) e^{-\beta N(t_1-t_0)} \right) - \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{N}{I_0} \right). \quad (31)$$

Во втором интеграле функция  $I(t)$  определяется (26). Поэтому

$$A_2 = I_1 \int_{t_1}^T \frac{u(t) e^{\frac{\beta}{\mu}(N-u(t))}}{S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu}(N-u(t))}} dt . \quad (32)$$

Последовательно производя замены переменных и упрощая (32), вычислим интеграл  $A_2$ . Первая замена переменной:

$$z = u(t) = Ne^{-\mu(t-t_1)}; \quad dt = -\frac{1}{\mu} \frac{dz}{z}; \quad t = t_1; \quad z_1 = N; \quad t = T; \quad z_2 = Ne^{-\mu(T-t_1)}.$$

Тогда интеграл

$$A_2 = -\frac{I_1}{\mu} \int_{z_1}^{z_2} \frac{e^{\frac{\beta}{\mu}(N-z)}}{S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu}(N-z)}} dz . \quad (33)$$

Произведем вторую замену переменной:

$$\omega = e^{\frac{\beta}{\mu}(N-z)}; \quad dz = -\frac{\mu}{\beta} \frac{d\omega}{\omega}; \quad z = N; \quad \omega = 1; \quad z = Ne^{-\mu(T-t_1)} = u(t); \quad \omega = e^{\frac{\beta}{\mu}v(t)}.$$

Тогда интеграл

$$A_2 = \frac{I_1}{\beta} \int_1^{\exp(\frac{\beta}{\mu}v(T))} \frac{d\omega}{S_1 + I_1 \omega} . \quad (34)$$

Произведем еще одну замену переменной:

$$q = S_1 + I_1 \omega; \quad d\omega = \frac{dq}{I_1}; \quad \omega = 1; \quad q_1 = S_1 + I_1 = N; \quad \omega = e^{\frac{\beta}{\mu}v(T)}; \quad q_2 = S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu}v(T)}.$$

Тогда интеграл

$$A_2 = \frac{1}{\beta} \int_N^{q_2} \frac{dq}{q} = \frac{1}{\beta} \ln \left( \frac{S_1 + I_1 e^{\frac{\beta}{\mu}v(T)}}{N} \right) \quad (35)$$

При  $T = t_1$  интеграл  $A_2 = 0$ . Размерности интегралов  $A_1$  и  $A_2$  равны  $[k * \text{cek}]$ . Используя значения  $A_1$  и  $A_2$ , нанесенный ущерб можно характеризовать следующими величинами.

1. Среднее число инфицированных компьютеров в течение этапа 1:

$$K_{cp}^{(1)} = \frac{A_1}{t_1 - t_0}.$$

2. Среднее число инфицированных компьютеров в течение этапа 2:

$$K_{cp}^{(2)} = \frac{A_2}{T - t_1}.$$

3. Среднее число инфицированных компьютеров в течение распространения вируса:

$$K_{cp} = \frac{A_1 + A_2}{T - t_0}.$$

В заключение отметим следующее.

1. Полученные зависимости для функций  $S(t)$  и  $I(t)$  позволяют уменьшить вычислительные затраты при проведении расчетов, по распространению вирусов, в рамках модели PSIDR.

2. Пределы

$$\lim_{t \rightarrow \infty} u(t) = 0; \quad \lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = N. \quad (36)$$

Из (36) следует формальный вывод, что при достаточно большом интервале времени  $T - t_1$  функции  $u(t) \approx 0$  и  $v(t) \approx N$ . Формально, из (36) следует, что при любых практически реализуемых  $N, \beta, \mu, \delta$  никакой вирус (единичный вирус) не в состоянии полностью «подавить» компьютерную сеть, если только  $S(t_1) > 0$ . Так как функции  $u(t)$  и  $v(t)$  не зависят от  $\beta$  и  $\mu$ , то этот формальный вывод остается и при переменных  $\beta(t)$  и  $\delta(t)$ .

#### Список литературы

1. Leveille J. Epidemic spreading in technological networks. Technical report HPL – 2002 – 287, HP Laboratories Bristol, October 2002.
2. Williamson M.M., Leveille J. An epidemiological model of virus spread and cleanup. Technical report HPL – 2003 – 39, HP Laboratories Bristol, February, 2003.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике.- М.:Наука, 1967.
4. Захарченко А.А. Черводинамика: причины и следствия. Защита информации. - Конфидент, 2004, №2, с. 50-55.
5. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Наука, 1976.
6. Котенко И.В., Воронцов В.В. Аналитические модели распространения сетевых червей. Труды СПИИРАН. Вып. 4. – СПб: Наука, 2007.
7. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ MIMO

**Будник В.В., Кощев А.В., Шевелёв К.С.**

Сфу, РФ, г. Красноярск

Первые идеи в области технологии MIMO были продемонстрированы в работах A.R. Kaye и D.A. George (1970), W. Van Etten (1975, 1976). В 1984 и 1986, Jack Winters и Jack Salz из Bell Laboratories опубликовали несколько статей о формировании диаграммы направленности и получили первый патент на использование MIMO-принципа в радиосвязи. A. Paulraj и T. Kailath предложили в 1993 году концепцию пространственного мультиплексирования (Spatial Multiplexing SM), используя технологию MIMO. В 1996 году Greg Raleigh и Gerard J. Foschini предложили новый подход к технологии MIMO, когда множество передающих антенн расположены вместе в одном передатчике, это качественно улучшает пропускную способность системы. В Bell Labs в 1998 году впервые был продемонстрирован лабораторный макет пространственного мультиплексирования, которое является основной предполагаемой технологией для повышения производительности и увеличения потенциала системы связи MIMO.

Широкое распространение получил стандарт WiFi 802.11n, использующий технологию MIMO. По этому стандарту удастся получить скорость передачи данных до 300 Мбит/сек. Стоит отметить, что прежний стандарт 802.11g обеспечивал скорость до 50 Мбит/сек. Также использование MIMO технологии в стандарте 802.11n, не только увеличило скорость передачи, но и позволило улучшить качество обслуживания на местности, где уровень сигнала не достаточно высок. Самое распространенное использование 802.11n – это системы типа точка/многоточка (Point/Multipoint) WiFi при создании локальной вычислительной сети LAN (Local Area Network). Однако подобные решения используются и для создания соединения типа точка/точка, которое может быть задействовано для организации высокоскоростных магистральных каналов связи (скорость несколько сотен Мбит/сек) и позволяющее передавать данные на десятки километров (до 50 км).

MIMO технология также используется в стандарте WiMAX, который также имеет несколько версий. Один из релизов это 802.16e. В нем описывается способ обеспечения услугами мобильного

широкополосного доступа, позволяющий передавать данные со скоростью до 40 Мбит/сек в направлении от базовой станции к абонентскому оборудованию. При этом в 802.16e технология MIMO не является основополагающей, а существует лишь как дополнение с конфигурацией 2x2. Технология MIMO становится неотъемлемой частью следующей версии стандарта 802.16m, в которой конфигурация может быть и 4x4. При этом WiMAX выступает в качестве разновидности сотовой системы связи четвертого поколения, поскольку имеет список характерных свойств: хэндовер, роуминг, голосовые соединения. 38 Если использовать WiMAX устройства в качестве мобильного, скорость передачи данных возможна до 100 Мбит/сек, а при стационарном состоянии скорость возможна порядка 1 Гбит/сек.

Однако самое интересное применение технология MIMO нашла в системе сотовой связи начиная с третьего поколения. Например, в стандарте UMTS, в Rel. 6 она используется совместно с технологией HSPA (технология беспроводной широкополосной радиосвязи, использующая пакетную передачу данных и являющаяся надстройкой к мобильным сетям WCDMA/UMTS) с поддержкой скоростей до 20 Мбит/сек, а в Rel. 7 – с HSPA+, где скорости передачи данных достигают 40 Мбит/сек. При этом в системах 3G MIMO так и не нашла широкого применения.

В стандарте беспроводной высокоскоростной передачи данных четвертого поколения 4G LTE предусмотрено использование систем MIMO в конфигурации до 8x8, что теоретически позволяет передать информацию от базовой станции к абоненту со скоростью свыше 300 Мбит/с. Стоит отметить, что при этом устойчивость соединения повышается в независимости от положения абонента внутри соты. Уменьшение скорости передачи информации возможно лишь при экстремальных условиях, например, при значительном удалении от базовой станции абонента, или при нахождении в глухом экранируемом помещении.

Применение технологий MIMO решает две задачи:

- увеличение качества связи за счет пространственного временного частотного кодирования и (или) формирования лучей,
- повышение скорости передачи при применении пространственного мультиплексирования.

В различных реализациях MIMO имеется ввиду одновременная передача в одном физическом канале нескольких независимых сообщений. С целью реализации действия MIMO применяют многоантенные системы: на передающей стороне имеется  $N_t$  передающих антенн, а на приемной стороне  $N_r$  приемных. Данная структура приведена на рис. 1.

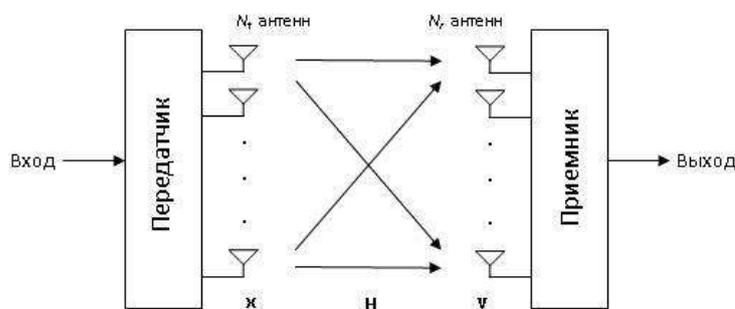


Рис. 1. MIMO структура

В MIMO-системах используются как уже вошедшие в практику подходы к разделению сигналов, так и новые. К ним относятся, например, пространственно-временное, пространственно-частотное, пространственно-поляризационное кодирование, а также сверхразрешение по направлению прихода сигнала в приемник. Благодаря обилию подходов к разделению сигналов удалось обеспечить столь долгую разработку стандартов на использование систем MIMO в средствах связи. Однако все разновидности MIMO направлены на достижение одной цели – увеличение пиковой скорости передачи данных в сетях связи за счет улучшения помехоустойчивости.

Простейшая антенна MIMO – это система из двух несимметричных вибраторов (монополей), ориентированных под углом  $\pm 45^\circ$  относительно вертикальной оси (рис.2).



Рис. 2 Простейшая антенна ММО

Такой угол поляризации позволяет каналам находиться в равных условиях, поскольку при горизонтально-вертикальной ориентации излучателей одна из поляризационных составляющих неизбежно получила бы большее затухание при распространении вдоль земной поверхности. Сигналы, излучаемые независимо каждым монополем, поляризованы взаимно ортогонально с достаточно высокой взаимной развязкой по кросс-поляризационной составляющей (не менее 20 дБ). Аналогичная антенна используется и на приемной стороне. Такой подход позволяет одновременно передавать сигналы с одинаковыми несущими, модулированными различным образом. Принцип поляризационного разделения обеспечивает удвоение пропускной способности линии радиосвязи по сравнению со случаем одиночного монополя. Таким образом, по сути, любую систему с двойной поляризацией можно считать системой ММО.

К тому моменту, когда технология ММО была специфицирована в релизе 7, шло активное распространение по миру стандарта 3G. Были попытки совместить сети третьего поколения с технологией ММО, но широкого распространения не получили. По данным Глобальной Ассоциации Поставщиков Мобильного Оборудования (GSA) от 04.11.2010 на тот момент из 2776 типов устройств с поддержкой HSPA, представленных на рынке, только 28 моделей поддерживают ММО. К тому же внедрение ММО сети с низким проникновением ММО-терминалов приводит к снижению пропускной способности сети. Компания Nokia Siemens Networks разработала технологию для минимизации потерь пропускной способности, но она показала бы свою эффективность только в том случае, когда проникновение ММО-терминалов составило бы не менее 40% абонентских устройств. Добавляя к выше сказанному, стоит напомнить, что 14 декабря 2009 года состоялся запуск первой в мире мобильной сети на базе технологии LTE, которая позволяла достичь гораздо более высоких скоростей. Исходя из этого видно, что операторы были нацелены на скорейшее развертывание сетей LTE, нежели на модернизацию сетей третьего поколения.

На сегодняшний день можно отметить бурный рост объема трафика в сетях подвижной связи 4 поколения, и чтобы обеспечить необходимую скорость всем своим абонентам, операторам приходится искать различные методы по повышению скорости передачи данных или по повышению эффективности использования частотного ресурса. ММО же позволяет в имеющейся полосе частот передавать в 2 раза больше данных за тот же временной промежуток при варианте 2x2.

Несмотря на то, что данная технология появилась сравнительно недавно, многие операторы предпочитают использовать антенны с технологией ММО для предоставления доступа абонентам. ММО совместно с технологией OFDM позволяет обслуживать большее количество абонентов, а также внедрять наиболее прогрессивные поколения технологий мобильной связи (LTE, LTE-A, 5G и т.п.).

#### Список литературы

1. Прокис, Д. Цифровая связь. / Дж. Прокис; пер. с англ. под ред. Д.Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 2000. — 800с.
2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. / Бернанд Скляр пер. с англ. — М: Вильямс, 2003. — 1104с.
3. Голдсмит, А. Беспроводные коммуникации. Основы теории и технологии беспроводной связи / А. Голдсмит — М.: Техносфера, 2011. 904 с.

# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Омаров Р.Г.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Информационная безопасность определяется как всесторонняя защищенность информации и инфраструктуры, ее поддерживающей, от любых злонамеренных или случайных воздействий, следствием которых является нанесение ущерба не только самой информации, но и ее владельцу или поддерживающей инфраструктуре. Задачами информационной безопасности становятся сведение к минимуму наносимого ущерба, а также прогнозирование и предотвращение таких воздействий.

Угрозы для информационных систем представляют следующие действия:

- действия, которые осуществляют авторизованные пользователи. К ним относятся: повреждение информационных данных пользователем в результате непрофессиональных или халатных действий, целенаправленная кража, уничтожение данных, замена информационных данных на заведомо ложные на сервере или рабочей станции;

- действия, осуществляемые хакерами – программистами, которые намеренно обходят системы компьютерной безопасности. К ним относятся: несанкционированные проникновения в компьютерные сети, DoS- и DDos-атаки, компьютерные вирусы, спам, естественные угрозы.

Рассмотрим более подробно компьютерные вирусы.

Компьютерный вирус является разновидностью компьютерной программы, которая способна создавать свои копии (часто отличающиеся от оригинала) и внедрять их в файлы, системные области компьютера, компьютерные сети, а также осуществлять другие действия деструктивного характера. Отличительная особенность вируса - его копии сохраняют способность к дальнейшему распространению. Компьютерные вирусы относятся к вредоносным программам.

В настоящее время достаточно сложно дать четкое определение вируса, описав при этом свойства, которые присущи только вирусам и не касаются других программных систем. Даже, если мы даем строгое определение вируса как программы, имеющей определенные свойства, то практически сразу же можно привести пример вируса, не обладающего данными свойствами. Сегодня под вирусом чаще всего понимают не «традиционный» вирус, а практически любую вредоносную программу, что приводит к путанице в терминологии. Сложность заключается и в том, что практически все современные антивирусные средства способны обнаруживать указанные типы вредоносных программ, следовательно, ассоциация «вредоносная программа - вирус» становится все более устойчивой.

На сегодняшний момент не существует единой системы именования и классификации вирусов, тем не менее, в различных источниках можно встретить разные классификации, некоторые из них мы рассмотрим:

По способу заражения: резидентные и нерезидентные вирусы.

Резидентные вирусы, получив управление, так или иначе, остаются в памяти и непрерывно производят поиск жертв, до завершения работы среды, в которой он выполняется. Практически все вирусы, исполняемые в среде Windows и в среде приложений MicrosoftOffice, являются резидентными вирусами. Нерезидентные вирусы, получив управление, производят разовый поиск жертв, после чего передают управление ассоциированному с ним объекту (зараженному объекту). К такому типу вирусов можно отнести скрипт-вирусы.

По степени воздействия: безвредные (уменьшают свободную память на диске), неопасные (действия таких вирусов проявляются в каких-либо графических или звуковых эффектах), опасные (приводят к различным нарушениям в работе компьютера), очень опасные (приводят к потере программ, стиранию информации в системных областях диска, полному уничтожению данных).

По среде обитания, т.е. по тем системным областям компьютера, операционным системам или приложениям, в компоненты которых внедряется код такого вируса. По среде обитания вирусы делятся на загрузочные, файловые, макровирусы, скрипт-вирусы.

В эпоху вирусов для DOS часто встречались гибридные файлово-загрузочные вирусы, но после массового перехода пользователей на операционные системы семейства Windows они практически полностью исчезли. В качестве отдельного атрибута данного вируса следует выделить среду, в которой он

способен выполняться, поскольку в среде других ОС он оказывается неработоспособным. Для файловых вирусов это DOS, Windows, MacOS, Linux, Os/2. Для макровирусов - Word, PowerPoint, Excel, Office.

Многие графические и табличные редакторы, текстовые процессоры, системы проектирования имеют свои макроязыки для автоматизации выполнения повторяющихся действий. Макровирусы являются программами на макроязыках, которые встроены в системы обработки данных. Для своего распространения вирусы данного класса используют возможности макроязыков и с их помощью переносят себя из одного зараженного файла в другие.

Скрипт-вирусы, также, как и макровирусы, входят в подгруппу файловых вирусов. Данные вирусы, пишутся на различных скрипт-языках (VBS, BAT, JS, PHP и т.д.). Они либо предназначены для заражения других скрипт-программ (командных и служебных файлов MSWindows или Linux), либо являются частями многокомпонентных вирусов. Также, данные вирусы могут заражать файлы других форматов (например, HTML), если в них предусмотрено выполнение скриптов.

Все, что имеет подключение к Интернету – нуждается в антивирусной защите: 82% обнаруженных вирусов были «спрятаны» именно в файлах с расширением HTML, PHP и EXE.

Число вредоносных программ с каждым годом неуклонно растет и может в скором будущем достичь масштабов эпидемии. Распространение вирусов в цифровом мире практически не имеет границ, и даже при всех существующих возможностях полностью нейтрализовать деятельность преступного киберсообщества сегодня уже практически не представляется возможным. Бороться с авторами вирусов и хакерами, неустанно совершенствующими свое мастерство, становится все труднее. Они научились успешно скрывать свои цифровые каналы для распространения угроз, что значительно затрудняет отслеживание и анализ их онлайн-движения. Поменялись и пути распространения, если раньше киберпреступники для распространения вирусов использовали предпочтительно электронную почту, то сегодня лидером стали атаки в режиме реального времени. Судя по образцам, исследованным в eScan, веб-угрозы преобладают в среде вредоносных программ. 82% выявленных вредоносных программ – это файлы с расширением PHP, HTML и EXE, а менее 1% - приходится на файлы с расширением MP3, PNG и CSS.

Очевидно, что выбор хакеров сегодня – это Интернет, а не атаки с использованием уязвимостей программного обеспечения. В период с 2000 по 2015 год плотность пользователей интернета увеличилась почти в семь раз – с 6,5 до 43 % мирового населения. Высокая вероятность заражения связана с посещениями популярных сайтов. Согласно данным eScanMicroWorld, количество перенаправляющих ссылок и скрытых загрузок (drive-by-download) на взломанных ресурсах постоянно увеличивается. Социальные сети также способствуют существенному расширению возможностей доставки угроз.

Распространение вирусов на удалённые компьютеры происходит, если зараженный объект по каким-либо не зависящим от него причинам оказывается активизированным на другом компьютере, например:

- вирус скопировался и заразил файлы на съёмном носителе;
- вирус проник в файлы, расположенные на сетевом ресурсе;
- пользователь отослал электронное письмо с зараженным вложением.

Таким образом, антивирусы, которые основаны на традиционных сигнатурах, сегодня являются малоэффективными, поскольку они не могут надежно защитить от веб-угроз в режиме реального времени. Антивирусу, основанному на облачных технологиях и получающему информацию об угрозах из «облака», эти задачи уже под силу.

### Список литературы

1. Денисенко И.В., Пилипенко А.В., Толстова Н.А. Международные стандарты информационной безопасности в интернете. Студенческая наука для развития информационного общества. Сборник материалов III Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 170-172.
2. Домашенко А.А., Беспутнев В.В., Толстова Н.А. Информационная безопасность объектов информации. Студенческая наука для развития информационного общества. Материалы II Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 16-17.

**СЕКЦИЯ №21.  
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)**

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

### Январь 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018г.

### Февраль 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018г.

### Март 2018г.

V Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018г.

### Апрель 2018г.

V Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018г.

### Май 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018г.

### Июнь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018г.

### **Июль 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция «**Перспективы развития технических наук**», г. **Челябинск**

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018г.

### **Август 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. **Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018г.

### **Сентябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г. **Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

### **Октябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г. **Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

### **Ноябрь 2018г.**

V Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**», г. **Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018г.

### **Декабрь 2018г.**

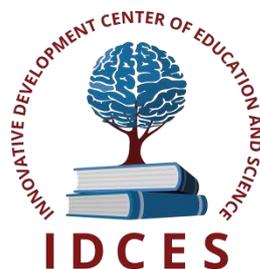
V Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**», г. **Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Актуальные проблемы технических наук  
в России и за рубежом**

**Выпуск V**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 февраля 2018 г.)**

**г. Новосибирск**

**2018 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки (ИЦРОН),  
603086, г. Нижний Новгород, ул. Мурашкинская, д. 7.

Подписано в печать 10.02.2018.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,9.  
Тираж 250 экз. Заказ № 023.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.