



# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

*Сборник статей по материалам  
XXXVI международной научно-практической конференции*

№ 7 (32)  
Июль 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсұтович** — д-р техн. наук, проф., ректор  
Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем,  
действительный член (академик) Национальной инженерной академии  
Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского  
филиала НИА РК, г Уральск.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доц. Полтавского  
национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

**Барштейн Виктор Юрьевич** — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий  
лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии  
и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-  
консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии  
и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

**Копылов Алексей Филиппович** — канд. техн. наук, доц. кафедры  
Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского  
федерального университета;

**Романова Алла Александровна** — канд. техн. наук, доц. кафедры  
прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического  
университета.

**Т 38 Технические науки — от теории к практике / Сб. ст.**  
по материалам XXXVI междунар. науч.-практ. конф. № 7 (32).  
Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 152 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике»  
включен в систему Российского индекса научного цитирования  
(РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей  
обязательна.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ</b>	<b>6</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВТОРИЧНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРУ Г. ЗЕЛЕНОГРАДА КАК ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Чернявский Сергей Анатольевич Каракеян Валерий Иванович	6
<b>Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>17</b>
ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ЭТАПОВ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ Виштак Наталья Михайловна Шведченко Анастасия Дмитриевна	17
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СШИВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК Фам Конг Тханг Данг Нгок Хоанг Тхань Нгуен Ван Хьеу	23
ОБ УПРАВЛЕНИИ ЗАГРУЗКОЙ ИСХОДЯЩИХ КАНАЛОВ СЕТИ RTMCDN ВО ВРЕМЯ ПЕРЕГРУЗОК Манакова Ирина Павловна	30
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ОТПЕЧАТКАМ Силантьев Илья Олегович	43
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Силантьев Илья Олегович	48
КОСВЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДИАМЕТРА РУЛОНА НА ПРОИЗВОДСТВАХ СТАЛЕЙ Мещеряков Виктор Николаевич Усов Сергей Васильевич	54

АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫМ МАТРИЧНЫМ ФОТОПРИЕМНИКОМ В РЕЖИМЕ МИКРОСКАНИРОВАНИЯ Шакенов Адильбек Кобланович Будеев Денис Евгеньевич	61
<b>Секция 3. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>73</b>
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ МИНИМИЗАЦИИ СМАЗОЧНО- ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Мельников Павел Анатольевич Попов Андрей Николаевич Мельникова Дарья Вячеславовна	73
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН ПРИ БАЗИРОВАНИИ ИХ НА ОПОРНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ И ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОТВЕРСТИЕ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА Михайлов Михаил Иванович	79
<b>Секция 4. Транспорт и связь, кораблестроение</b>	<b>86</b>
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА Макац Виктор Геннадьевич Яковлев Сергей Сергеевич	86
АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ Никитенко Дмитрий Олегович	93
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ Халипова Наталья Владимировна	99
<b>Секция 5. Строительство и архитектура</b>	<b>116</b>
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА КУРОРТНОЙ ГОСТИНИЦЫ Крамаренко Марина Александровна	116
ТРИ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НА ПОНЯТИЕ «ИНТЕГРИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ» Новикова Анна Николаевна	121

<b>Секция 6. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология</b>	<b>127</b>
ИСТОЧНИКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД	127
Злыднев Николай Николаевич	
Еськин Антон Андреевич	
Ткач Надежда Сергеевна	
Кириллов Владислав Владимирович	
АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКТИВНОГО РИСКА ЛЮДСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЕХНОСФЕРЫ	137
Козлитин Анатолий Мефодьевич	
ВЗАИМОСВЯЗЬ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ПОЧВЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН АВТОТРАНСПОРТОМ	145
Сорокин Александр Валерьевич	
Сотникова Елена Васильевна	

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВТОРИЧНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ Г. ЗЕЛЕНОГРАДА КАК ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Чернявский Сергей Анатольевич**

*аспирант Национального Исследовательского Университета  
Московского Института Электронной Техники,  
РФ, г. Зеленоград  
E-mail: [spin204@yandex.ru](mailto:spin204@yandex.ru)*

**Каракеян Валерий Иванович**

*д-р техн. наук, профессор, Национальный Исследовательский  
Университет Московский Институт Электронной Техники,  
РФ, г. Зеленоград  
E-mail: [zelikar@mail.ru](mailto:zelikar@mail.ru)*

#### THE STUDY A GROSS EMISSIONS OF SECONDARY POLLUTANTS INTO THE ATMOSPHERE, ZELENograd AS A PRACTICAL TASK THE QUALITY CONTROL OF ATMOSPHERIC AIR

**Chernyavskiy Sergey**

*postgraduate, National Research University of Electronic Technology,  
Russia, Zelenograd*

**Valeriy Karakeyan**

*doctor of Engineering Science,  
National Research University of Electronic Technology,  
Russia, Zelenograd*

## АННОТАЦИЯ

Проводятся исследования валовых выбросов первичных и вторичных загрязнителей в атмосферу г. Зеленограда со стационарных постов контроля на основе данных, полученных ГПБУ «Мосэкомониторинг». Приводится сравнение качества воздуха г. Зеленограда и г. Москвы на основе официальных данных ГПБУ «Мосэкомониторинг».

## ABSTRACT

There are studies of gross emissions of primary and secondary pollutants into the atmosphere in Zelenograd from the stationary control posts on the basis of data from "Mosekomonitoring". There is a comparison of air quality in Zelenograd and Moscow on the basis of official data from "Mosekomonitoring".

**Ключевые слова:** первичный загрязнитель; вторичный загрязнитель; валовые выбросы; энергия Гиббса; константа химического равновесия.

**Keywords:** primary pollutant; secondary pollutant; gross emissions; Gibbs' energy; chemical equilibrium constant.

В справочной литературе, а также в центрах сборах информации о загрязнении атмосферного воздуха информацию о годовом загрязнении атмосферы от объектов тепло и электроэнергетики, автотранспорта и прочих антропогенных источников представляют валовыми выбросами (т/год). Но по этим данным практически невозможно определить суммарные выбросы конкретного загрязнителя. И тем более, очень сложно определить валовые выбросы определённого вторичного загрязнителя. Однако, если нам известны средние концентрации определённых атмосферных загрязнителей, и известно, сколько раз были замечены превышения ПДК, а также средние концентрации, то можно рассчитать валовые выбросы определённого загрязнителя в год.

В г. Зеленограде имеются три стационарных поста контроля загрязнения атмосферного воздуха. Первый пост контроля № 12 находится в 6-ом микрорайоне города, второй № 13 — в 8-ом микрорайоне, третий № 14 – в 15-ом микрорайоне. Посты № 12 и № 13 фиксировали концентрации не всех загрязнителей, а пост № 14 фиксирует больше количество вредных веществ, из чего можно сделать вывод о том, что в 15-ом микрорайоне города воздух наиболее загрязнённый. Рассчитанные средние концентрации представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**ПДК<sub>с.с.</sub> (г/м<sup>3</sup>) по г. Зеленограду за 2011—2013 года**

	<b>NO</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>O<sub>3</sub></b>
<b>2011</b>	0,081	0,029	0,006339	0,393	0,049892
<b>2012</b>	0,018	0,025	0,00236	0,347	0,032122
<b>2013</b>	0,019	0,03	0,003	0,39	0,03

По данным таблицы 1 экспериментальный расчёт валовых выбросов, каждого первичного вещества проводится по формуле:

$$m_{год}^i = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3} \cdot V \cdot 365, \quad (1)$$

где:  $C_1, C_2, C_3$  — среднесуточная концентрация загрязнителя за день на каждом из постов наблюдения;

$V$  — объём геометрической фигуры, которой наиболее соответствует территория г. Зеленограда.

Для расчёта валовых выбросов каждого загрязнителя на территории г. Зеленограда, представим его геометрической фигурой, чтобы рассчитать массу вредных веществ. Выберем такую геометрическую фигуру, которая будет представлять собой «купол». Наиболее подходящей фигурой для этой цели будет цилиндр, т.к. он имеет равное удаление от центра до стенки, на расстоянии радиуса  $R$  с высотой  $H$  от нижней точки до верхней. Цилиндр имеет верхнюю и нижнюю окружность, площадь  $S$ , которых одинакова.

Из справочных данных известны следующие параметры:

- Площадь территории г. Зеленограда  $S = 37,2 \text{ км}^2$ ;
- Высота жизненно-важного слоя атмосферы  $H = 50 \text{ м}$ ;

Рассчитаем объём купола, заданный цилиндром:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = S \cdot H = 1,86 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Далее произведём расчёты валовых выбросов каждого первичного загрязнителя за год по формуле (1).

Таблица 2.

Валовые выбросы газообразных первичных загрязнителей  
в год, т/год

Год Вещество	NO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>
2011	5499	1969	4304	26680	3387
2012	1222	1697	1602	23560	2181
2013	1290	2037	2037	26480	2037

Из-за большого количества автотранспорта в г. Зеленограде валовые выбросы угарного газа (CO) находятся на высоком уровне, и это приводит к тому, что под действием кислорода, угарный газ быстро трансформируется в углекислый газ, который в свою очередь приводит к образованию парникового эффекта. Об этом будет сказано далее.

Любая химическая реакция, которая протекает в одном направлении, представима в виде  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ . Для данной реакции справедливо следующее соотношение [1], [2]:

$$K_p = \frac{x_D^d \cdot x_E^e}{x_A^a \cdot x_B^b \cdot p_0}, \quad (2)$$

где:  $K_p$  — константа химического равновесия;

$x_D^d, x_E^e, x_A^a, x_B^b$  — мольные доли;

$p_0$  — давление, равное 1 атм.

Константа химического равновесия  $K_p$  связана с энергией Гиббса  $\Delta G$ , которая определяет возможность протекания реакции. Если  $\Delta G < 0$ , то реакция протекает самостоятельно в атмосфере, в результате чего может образоваться новое химическое вещество. В том случае, если  $\Delta G > 0$  реакция самостоятельно не протекает.  $K_p$  и  $\Delta G$  связаны соотношением:

$$K_p = e^{\frac{-\Delta G}{RT}},$$

где: T — абсолютная температура, K;

R — универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/(моль·K)

Расчёт мольных долей проводится по формуле:

$$x_j = \frac{n_j}{\sum n_i}, \quad (3)$$

где:  $n_j$  — количество вещества, содержащееся в растворе, моль;

$\sum n_i$  — количество молей воздуха в  $1 \text{ м}^3$  при стандартном атмосферном давлении ( $p_0 = 1 \text{ атм}$ ).

$$\sum n_i = \frac{1000}{22,4} \approx 44,64 \text{ моль.}$$

Количество вещества, содержащееся в растворе, рассчитывается по формуле:

$$n_j = \frac{C_j}{M_j}, \quad (4)$$

где:  $C_j$  — концентрация вещества в атмосферном воздухе,  $\text{г/м}^3$ ;

$M_j$  — количество вещества, содержащееся в растворе,  $\text{г/моль}$ .

Основные уравнения химических реакций представлены в таблице.

**Таблица 3.**

**Основные химические реакции в атмосфере  
и их термодинамические характеристики**

Химическое уравнение	T, К	K	$\Delta G$ , кДж/моль
$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$	283	11,5	-5,747
$\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$		$1,226 \cdot 10^{18}$	-97,99
$\text{SO}_2 + \text{NO}_2 = \text{SO}_3 + \text{NO}$		$4,058 \cdot 10^6$	-35,8
$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$		$2,122 \cdot 10^{10}$	-55,97
$2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$		$5,341 \cdot 10^{84}$	-459,026

Жирным шрифтом помечены те вещества в уравнениях, концентрации которых не удаётся определять на стационарных постах наблюдения. Произведём вывод формул для расчёта указанных химических соединений. Осуществив подстановку уравнения (4) в уравнение (3), а уравнение (3) в уравнение (2) для каждого химического уравнения, выведем соотношения для расчёта концентраций вторичных загрязнителей.

Концентрации вторичных загрязнителей будем рассчитывать по экспериментальным формулам:

$$C_{SO_3} \cong 0,815 \cdot \frac{C_{SO_2} \cdot C_{NO_2} \cdot K_p^1}{C_{NO}} ;$$

$$C_{H_2SO_4} \cong 1,52 \cdot 10^{-3} \cdot K_p^2 \cdot C_{SO_3} \cdot C_{H_2O} ;$$

$$C_{HNO_3} \cong 0,039 \cdot C_{NO_2} \cdot \sqrt{\frac{K_p^3 \cdot C_{NO_2} \cdot C_{H_2O}}{C_{NO}}} ;$$

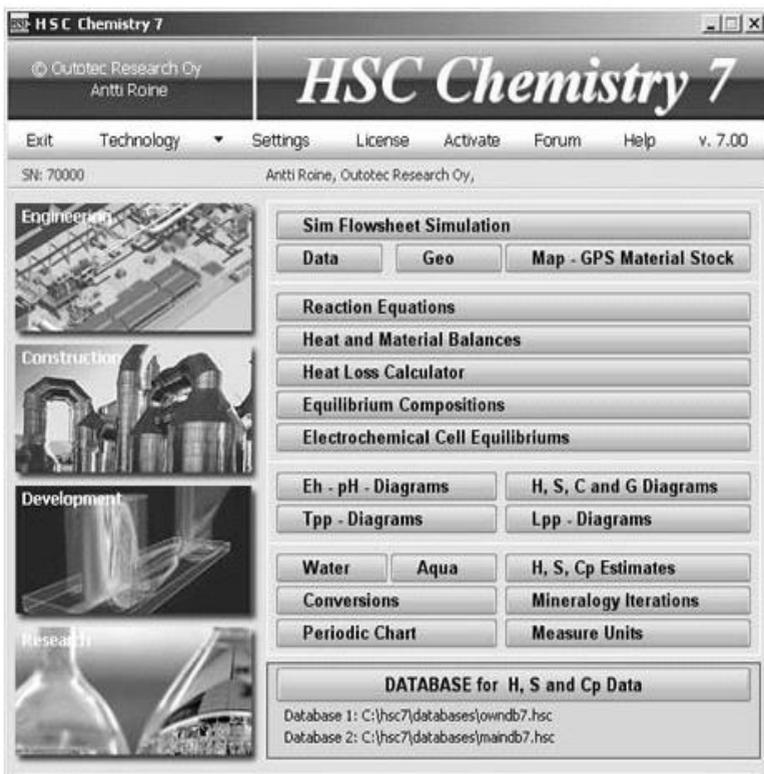
$$C_{NH_4NO_3} \cong 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot K_p^4 \cdot C_{NH_3} \cdot C_{HNO_3} ;$$

$$C_{CO_2} \cong 0,042 \cdot C_{CO} \sqrt{K_p^5 \cdot C_{O_2}} ,$$

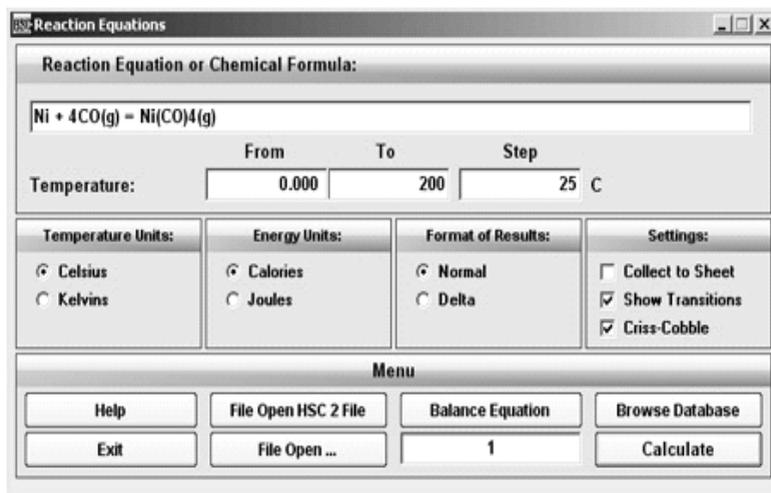
где:  $K_p^1, K_p^2, K_p^3, K_p^4, K_p^5$  — константы химических реакций соответствующих химических реакций.

Для удобства вычислений, будем считать, что среднегодовая температура за 2011—2013 годы  $10^\circ\text{C}$  (283 К).

С помощью программного продукта HSC Chemistry 7.0 произведены расчёты энергии Гиббса и констант равновесия при заданной температуре воздуха. Программа позволяет задавать шаг и делать расчёты в указанном диапазоне температур, учитывать агрегатные состояния веществ в химических реакциях и задавать температуру в Кельвинах или Цельсиях. Далее представлен интерфейс программного продукта.



*Рисунок 1. Интерфейс программного продукта HSC Chemistry 7*



**Рисунок 2. Подпрограмма расчёта термодинамических параметров химических реакций с учётом агрегатных состояний веществ**

Минимальные концентрация воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ), аммиака ( $\text{NH}_3$ ) и кислорода ( $\text{O}_2$ ), которые необходимы для протекания реакций вторичных превращений, рассчитаны по принципу химических задач на избыток и недостаток. Аммиак на территории г. Зеленограда не регистрируется последние 10 лет, но из-за присутствия в г. Зеленограде несколько химических предприятий, например ОАО «Логика» и ОАО НПО «Стеклопластик», стоит рассчитать его массу, которой будет достаточно, чтобы прошла реакция с его участием.

На основании этих расчётов, возможно провести экспериментальные расчёты концентраций вторичных загрязнителей. И далее, можно будет сделать вывод о том, имеет смысл учитывать вторичные загрязнители, или же они не заметны в атмосферных процессах и для научных исследований не представляют интереса. По аналогии расчёта концентраций первичных загрязнителей, рассчитаем концентрации вторичных загрязнителей.

**Таблица 4.**

**Среднесуточные концентрации вторичных загрязнителей  
в г. Зеленограде, г/м<sup>3</sup>**

Год Вещество	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
2011	7,51·10 <sup>3</sup>	4,094·10 <sup>13</sup>	2,445·10 <sup>-4</sup>	3,303·10 <sup>7</sup>	2,566·10 <sup>40</sup>
2012	1,085·10 <sup>4</sup>	2,077·10 <sup>14</sup>	3,854·10 <sup>-4</sup>	8,206·10 <sup>7</sup>	2,121·10 <sup>40</sup>
2013	1,567·10 <sup>4</sup>	4,333·10 <sup>14</sup>	5,402·10 <sup>-4</sup>	1,612·10 <sup>8</sup>	2,527·10 <sup>40</sup>

Большие числовые значения константы равновесия  $K_p$  увеличивают возможность протекания реакции, и как следствие, увеличивают количество образования вторичных выбросов в атмосфере.

Проведём экспериментальные вычисления валовых выбросов вторичных загрязнителей в год.

**Таблица 5.**

**Валовые выбросы вторичных загрязнителей в год, т/год**

Год Вещество	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
2011	5,099·10 <sup>12</sup>	2,779·10 <sup>22</sup>	1,66·10 <sup>5</sup>	2,242·10 <sup>16</sup>	1,742·10 <sup>49</sup>
2012	7,366·10 <sup>12</sup>	1,41·10 <sup>23</sup>	2,616·10 <sup>5</sup>	5,571·10 <sup>16</sup>	1,44·10 <sup>49</sup>
2013	1,064·10 <sup>13</sup>	2,942·10 <sup>23</sup>	3,667·10 <sup>5</sup>	1,094·10 <sup>17</sup>	1,716·10 <sup>49</sup>

После проведения экспериментальных расчётов среднесуточных концентраций вторичных загрязнителей и валовых выбросов вторичных загрязнителей (т/год) можно сделать вывод о том, что вторичные загрязнители могут присутствовать гораздо в больших концентрациях в атмосфере по сравнению с первичными. В первую очередь, это триоксид серы SO<sub>3</sub>, который приводят к образованию серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Такое количество данных веществ могло бы привести к образованию смога лос-анджелесского типа. Но за 2011—2013 годы подобный смог на территории г. Зеленограда не был зафиксирован. Поэтому можно сделать о том, что на практике такое сильное загрязнение воздуха вторичными загрязнителями не происходит вследствие различных факторов (ветер, атмосферные осадки). Огромную роль в очистке воздуха г. Зеленограда играют лесные насаждения, они успевают переработать значимую часть первичных газообразных веществ и, поэтому, вторичные загрязнители присутствуют в значительно меньших количествах, чем в таблице 4. В связи с этим г. Зеленоград

является центром современной нано- и микроэлектроники, которому необходим чистый и качественный воздух.

Огромное внимание при исследовании загрязнителей в атмосферном воздухе стоит обращать внимание на двуокись углерода (CO<sub>2</sub>). Этот газ является как вторичным продуктом в реакции угарного газа с кислородом, так и первичным загрязнителем, который выбрасывается в атмосферный воздух практически всеми предприятиями. Этот газ усиливает парниковый эффект, который приводит к увеличению среднетемпературной температуры и глобальному потеплению, которое выразилось теплыми зимами и жаркими летами 2011 и 2012 годов.

ГПБУ «Мосэкомониторинг» не смогло предоставить показатели качества атмосферного воздуха за 2011—2013 г., но поскольку постольку за эти годы концентрации первичных загрязнителей крайне редко превышали ПДК, то можно доверится этим данным и продемонстрировать показатели качества атмосферного воздуха за 2005—2010 г. Показатели, характеризующие загрязнение атмосферы в г. Зеленограде в сравнении со средними показателями по г. Москве отражены в таблице 3.1.

**Таблица 6.**

**Сравнительные данные показателей загрязнения атмосферы за 2005—2009 годы**

Показатели	2005		2006		2007		2008		2009	
	Зел АО	Ср М*	Зел АО	Ср М*	Зел АО	Ср М*	Зел АО	Ср М*	Зел АО	Ср М*
Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха (К <sub>атм</sub> )	1,2	—	1,75	5,3	1,0	4,5	1,0**	4,4**	2,50	4,22
Индекс суммарного загрязнения атмосферы	1,8	-	1,8	7,2	1,4	6,4	4,9** 1,6***	1,3** 5,1***	4,9**	4,83
Индекс загрязнения атмосферы	2,4	-	3,7	11,6	2	9,8	1,7	7,5	4,35	6,89

\*\* — показатели рассчитан для шести загрязняющих веществ: диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, формальдегид, фенол, бензол,

\*\*\* — показатель рассчитан для восьми загрязняющих веществ: диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, формальдегид, фенол, бензол, диоксид серы, суммарные углеводороды

По данным таблицы 6 видно, что уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Зеленограде — «Низкий». Это определяется показателем ИЗА. Степень среднегодового загрязнения атмосферы — «Слабое». Показатели, характеризующие загрязнение атмосферы в г. Зеленограде ниже средних показателей по г. Москве.

Данное исследование позволяет сделать вывод о том, что с ростом техногенного воздействия на окружающую среду необходимо не только собирать информацию о известных веществах (первичных загрязнителях), но и моделировать поведение вторичных веществ в атмосфере, которые стационарные посты контроля пока не могут распознавать. Для наиболее достоверной информации нужно проводить анализ образования вторичных загрязнителей в жаркое время, когда вероятность протекания реакции очень велика. И также, необходимо больше всего проводить исследования в тех местах, где концентрации первичных газообразных веществ превышают ПДК или очень близки к ним.

### **Список литературы:**

1. Петелин А.Л., Вишнякова К.В., Михалина Е.С. Металлургия техногенного вторичного сырья. Прогноз распространения газовых выбросов: Курс лекций. М.: МИСиС, 2011. — С. 42—43.
2. Чернявский С.А. Расчёт концентраций вторичных загрязнителей в атмосфере на примере соединений азота и серы // ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — от теории к практике. Новосибирск: Сибак, 2013. — С. 195—202.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ЭТАПОВ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

***Виштак Наталья Михайловна***

*канд. пед. наук, доцент кафедры «Информационные системы  
и технологии» Балаковский институт техники, технологии  
и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ им. Гагарина Ю.А.,*

*РФ, г. Балаково*

*E-mail: [kafist2007@mail.ru](mailto:kafist2007@mail.ru)*

***Шведченко Анастасия Дмитриевна***

*инженер по специальности «Информационные системы  
и технологии» Балаковский институт техники, технологии  
и управления (филиал) ФГБОУ ВПО СГТУ им. Гагарина Ю.А.,*

*РФ, г. Балаково*

#### TESTING AS ONE OF THE MOST IMPORTANT STAGES OF CREATION OF INFORMATION SYSTEMS

***Vishtak Natalia***

*candidate of pedagogic sciences, associate professor of the department  
«Information systems and technologies» Balakovskiy Institute of technology  
and management (branch) FSEI HPE SSTU them. Y.A. Gagarin,*

*Russia, Balakovo*

***Shvedchenko Anastasia***

*engineer majoring in «Information systems and technologies»  
Balakovskiy Institute of technology and management (branch)*

*FSEI HPE SSTU them. Y.A. Gagarin,*

*Russia, Balakovo*

## АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены требования к информационным системам учета оборудования и материалов промышленного предприятия. Как один из важнейших этапов создания таких информационных систем выделен этап тестирования информационной системы

### ABSTRACT

The paper considers the requirements to the information systems of the account of equipment and materials industrial enterprises. As one of the most important stages of establishing such information systems dedicated testing phase of the information system.

**Ключевые слова:** информационная система; промышленное предприятие; учет оборудования и материалов.

**Keywords:** information system; industrial enterprise; registration of equipment and materials.

Повышение эффективности деятельности управления становится одним из направлений усовершенствования функционирования предприятия в целом. Автоматизация является основным способом увеличения эффективности в протекании его трудового процесса. В связи с развитием производственной сферы в настоящее время актуальной задачей для промышленных предприятий становится внедрения информационных систем учета оборудования и материалов. Функционирование таких систем позволяет проводить оперативный и систематический учет поступления, выдачи и наличия оборудования и материалов на складе промышленного предприятия, вести статистику по количеству и типу используемого оборудования и материалов, а также готовить отчеты за месяц, квартал, год и т. д.

Как основные требования к такой информационной системе промышленного предприятия выделяем следующие:

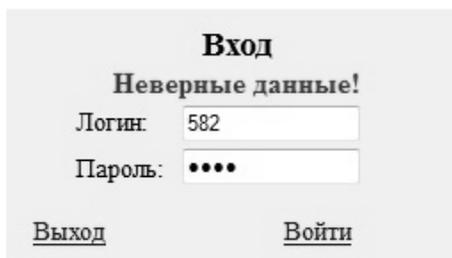
- обеспечение работы со складом предприятия и выполнение требуемых операций по учету движения оборудования и материалов;
- возможность поиска необходимого оборудования и материалов по ключевым признакам для ускорения работы;
- изменение имеющейся базы данных, создание и сохранение новых записей.

В разработанной информационной системе был предусмотрен удобный просмотр записей из базы данных, а также имеется возможность выбора одного из трех режимов выборки, которые нельзя совмещать. При этом в любом режиме выборки записей предусмотрена возможность выбора категории товара. Причем,

по умолчанию выборки идут по всем категориям, но если она установлена, то любая выборка будет работать только с записями, подходящими под выбранную категорию. Также в программе предусмотрена возможность добавления, редактирования и удаления записей.

Для защиты информации от несанкционированного редактирования, удаления и добавления информации предусмотрена система входа через логин/пароль. На первом этапе была создана база данных в Microsoft Access [1]. В таблице «Оборудование и материалы» располагаются данные об оборудовании и материалах разделенные по различным критериям. В таблице «Должности» располагается информация о должности сотрудника, что позволяет указать уровень допуска сотрудника при работе в системе. В таблице «Сотрудники склада» располагается информация о зарегистрированных в системе пользователях. В систему могут войти только зарегистрированные пользователи, но при дальнейшем развитии системы по вводимым данным логин/пароль будет предусмотрено разграничение прав доступа пользователя.

При создании информационной системы учета оборудования и материалов промышленного предприятия было проведено тестирование ее работы, так как система должна полностью удовлетворять поставленным к ней требованиям и при необходимости откорректировать ее работу. Было проведено тестирование программы на правильность авторизации. При неправильном введении данных логина и пароля должно появиться сообщение о том, что были введены неверные данные. На рисунке 1 изображено окно с сообщением об ошибке.



***Рисунок 1. Окно сообщения об ошибке***

При правильном вводе логина и пароля происходит вход в систему. На рисунке 2 изображено окно входа в систему при правильном вводе данных.

**Вход**

Логин:

Пароль:

[Выход](#)                      [Войти](#)

**Рисунок 2. Правильные данные для входа в систему**

При неправильном вводе данных пользователь не имеет доступа к системе. На изображенных рисунках показано, что система авторизации пользователя работает корректно. После авторизации в программе должна произойти выборка всей информации из базы данных. Она должна быть отображена на вкладке «Редактирование/Отчеты». На рисунке 3 изображена выборка всей информации из базы данных.

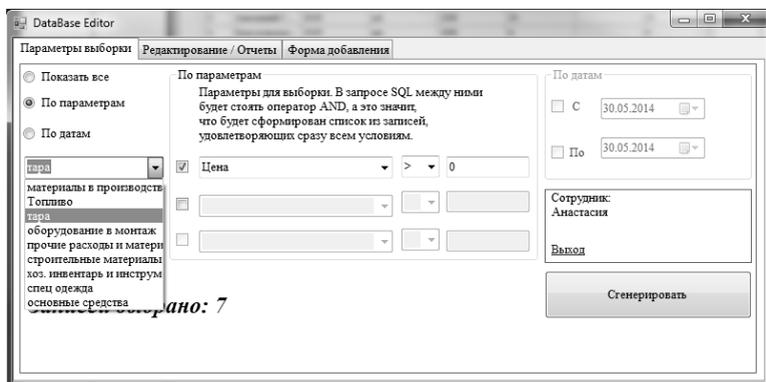
Проведем тестирование данных по одному параметру. При этом пользователь выбирает один параметр для выборки необходимых ему в этот момент данных. Пользователь может выбрать категорию материала для выборки, если это необходимо, иначе проводится выборка по всем категориям, существующим в БД.

Параметры выборки		Редактирование / Отчеты		Форма добавления			
Код	Наименование материалов	Код материалов	Единица измерения	Цена	Остаток на начало месяца кол-во	Остаток сумма	Приход кол-во
1	RCD-24-0,35 R...	10.05	шт	2350	5		4
2	Сталь 5мм	10.01	м3	1580	7		6
3	Алюминий 5 ...	10.01	м3	3200	30		25

**Рисунок 3. Выборка информации по всем данным**

Введение параметров выборки изображено на рисунке 4. Пользователь выбрал категорию «тара» и параметром для выборки является цена, которая должна быть больше нуля.

На рисунке 5 изображен результат выборки данных по одному параметру. Все они удовлетворяют указанным параметрам для выборки.



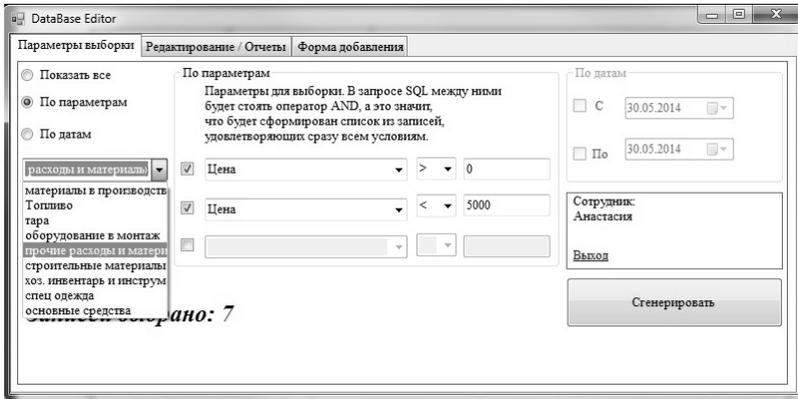
**Рисунок 4. Выборка данных по одному параметру**

	Код	Наименование материалов	Код материалов	Единица измерения	Цена	Остаток на начало месяца кол-во	Остаток сумма	Приход кол-во
▶	19	короб перфар...	10.04	м	200	78		
	22	крышка к лотк...	10.04	м	240			
	23	крышка лотка ...	10.04	м	180			
	24	крышка лотка ...	10.04	м	180			
	27	лоток прямой...	10.04	м	160			
	28	лоток перфари...	10.04	м	190			
	29	лоток перфари...	10.04	м	210			
*								

**Рисунок 5. Результат выборки данных по одному параметру**

Кроме этого проводилось тестирование для выборки по нескольким параметрам, так как и для выборки по одному параметру пользователь может указать категорию материала, если это необходимо, и указать несколько критериев для выбора данных. На рисунке 6 изображено введение условий для выборки по двум параметрам.

Результат выборки удовлетворяет установленным для выборки параметрам. Кроме этого проводилось тестирование для выборки данным по датам; на добавление материалов в базу данных; на изменение информации в базе данных. При проведении тестирования ошибок выявлено не было, то есть система удовлетворяет поставленным требованиям.



**Рисунок 6. Введение параметров на выборку данных по двум параметрам**

На рисунке 7 изображен результат выборки по двум параметрам.

Код	Наименование материалов	Код материалов	Единица измерения	Цена	Остаток на начало месяца кол-во	Остаток сумма	Приход кол-во
7	Вода 18,9л об...	10.06	штг	40	33	1320	
13	керосин КО-25	10.06	л	25	5	125	
14	Кислород	10.06	мз	450	558	251100	
15	КЛЕЙ 88-М 1 ...	10.06	л	330	89	29370	
20	краска ПФ-11...	10.06	кг	360	102	36720	
21	краска ПФ-11...	10.06	кг	360			
37	Растворитель ...	10.06	штг	60			
*							

**Рисунок 7. Результат выборки данных по двум параметрам**

Разработанная информационная система значительно оптимизирует и ускоряет работу персонала склада промышленного предприятия путём визуального представления информации и последующего контроля полученных данных.

### Список литературы:

1. Епанешников А. Практика создания приложений в ACCESS 2007 / А. Епанешников, В. Епанешников. М.: Диалог-МИФИ, 2009. — 440 с.

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СШИВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК**

**Фам Конг Тханг**

*аспирант Тульского государственного университета, РФ, г. Тула  
Email: [pacotha@gmail.com](mailto:pacotha@gmail.com)*

**Данг Нгок Хоанг Тхань**

*аспирант Тульского государственного университета,  
РФ, г. Тула  
Email: [myhoangthanh@yahoo.com](mailto:myhoangthanh@yahoo.com)*

**Нгуен Ван Хьеу**

*канд. техн. наук университета Дананга,  
университета наук и технологии,  
Вьетнам, г. Дананг  
Email: [nvhieugt@dut.udn.vn](mailto:nvhieugt@dut.udn.vn)*

## **AUTOMATIC STITCHING IMAGES BASED ON CHARACTERISTIC POINTS**

**Pham Cong Thang**

*postgraduate student of Tula State University,  
Russia, Tula*

**Dang Ngoc Hoang Thanh**

*postgraduate student of Tula State University,  
Russia, Tula*

**Nguyen Van Hieu**

*candidate of technical science, Danang University,  
University of Science and Technology,  
VietNam, Da Nang*

### **АННОТАЦИЯ**

Приведена автоматическая сшивка на основе функциональных точек двух изображений. С помощью цилиндрической проекции, определено сопоставление функциональных точек, выполнено

вычисление матрицы преобразования между соседними изображениями, определено фокусное расстояние цилиндрической проекции. Приведено полученное панорамное изображение с идеальным эффектом.

#### ABSTRACT

Provides automatic stitching based on characteristic points of two images. Using a cylindrical projection defined matching feature points, performed the computation matrix of transformation between adjacent images, defined focal length of the cylindrical projection. Panoramic image obtained with an ideal effect.

**Ключевые слова:** сопоставление функциональных точек; панорамное изображение; цилиндрическая проекция.

**Keywords:** matching characteristic points; panoramic image; and cylindrical projection.

Мозаика изображений является важной отраслью компьютерного зрения. Это связано с несколькими накладывающимися изображениями для получения плавного панорамного изображения широкой техникой углов зрения. Процесс сшивки изображений можно охарактеризовать, как сшивания изображений при различных точках зрения для получения широкоэкранный изображений.

В настоящее время существуют множество способов получения панорамы [2, 3]. Они сопоставляются непосредственно из перекрывающихся областей серого значения пикселя изображений, и может быть достигнуто мозаичное изображение. Большое количество серых пиксельных данных определяется в алгоритме, в расчете суммы общего количества серых пиксельных данных имеется недостаток, и мозаичное изображение более чувствительно к изменениям освещенности и геометрических искажений, вызванных линзами.

В данной работе представлен метод цилиндрических панорам на основе автоматического сопоставления особенностей [1]. Соответствующие функциональные точки были найдены на изображениях; чтобы найти две соответствующие позиции, упростим соответствующие стратегии, соответственно можем эффективно преодолеть изменения в освещенности и геометрических искажений в объективе.

Для захвата изображения на 360° просматриваются фотографии, сделанные под разными углами в разных плоскостях проекции, если перекрывающиеся изображения непосредственно бесшовные, то уничтожается сопоставленность фактических визуальных сцен. Сцена становится прямой строчкой для того, чтобы поддерживать связь между фактическими сценами пространственных ограничений,

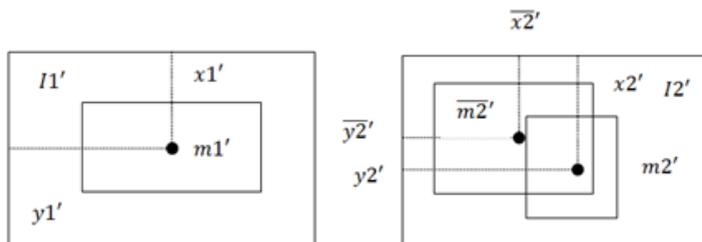
которые должны быть отражены в полученное изображение. Плоскость проекции каждого изображения сопоставляется цилиндрической проекцией на стандарт проекции, и склеивание панорамного изображения выполняется только после цилиндрической проекции, полученного в визуальный ряд.

Во-первых, используем формулы метода сопоставления функциональных точек в [6], и получим матрицу преобразования между соседними изображениями, а затем используем формулы в [4] для оценки изображения и фокусного расстояния цилиндрической проекции.

### Алгоритм шивки

После проецирования изображений на цилиндрической поверхности, два изображения с аналогичными областями перекрываются. Проведем поиск подобных районов с помощью общих алгоритмов, основанных на визуальных характеристиках человека для определения вектора шаблона; соответственно, из расчета расстояния сходства двух изображений, основанного на подобию расстояния, чтобы найти аналогичные части изображений, были сопоставлены функциональные точки, можно предложить новый более простой и быстрый метод.

Установка точек  $m_1, m_2$  для пары изображений  $I_1$  и  $I_2$ , которые являются функциональными точками. Проектор изображений преобразуется в  $I_1'$  и  $I_2'$ , и  $m_1', m_2'$  соответственно точкам  $m_1$  и  $m_2$ .



**Рисунок 1. Найти шовные точки**

На (рис. 1) представлено, что на изображения  $I_1'$  имеются точки  $m_1'$ . Задать её координаты  $(x_1', y_1')$  и в точке центра определить размер  $(2n + 1) \times (2m + 1)$  смежного окна, установить для точек  $m_2'$  координаты  $(x_2', y_2')$ , выбрать 2-й район изображения  $I_2'$  в окне поиска точек центра, и определить размер  $(2s + 1) \times (2t + 1)$  окна, с регионом из точки  $\overline{m_2'}$  и изображения  $I_1'$  в возможной точке  $m_1'$ ; с операциями в пределах данного окна, установить  $\overline{m_2'}$ , имеющей

координаты  $(\overline{x2'}, \overline{y2'})$ . С  $m1'$  и  $\overline{m2}'$ , значение корреляции определяется как

$$\gamma(m1', \overline{m2}') = \frac{C(m1', \overline{m2}')}{\sigma(m1')\sigma(\overline{m2}')} \quad (1)$$

где  $C(m1', \overline{m2}')$  представляет собой ковариацию точек  $m1'$  и  $\overline{m2}'$  в связанном окне, может быть выражено в виде:

$$\frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m [I'(x1' + i, y1' + j) - \eta(m1')][I'(\overline{x2}' + i, \overline{y2}' + j) - \eta(\overline{m2}')] }{(2n + 1)(2m + 1)} \quad (2)$$

$\sigma(m')$  указывает на изображение  $I'$  в точке  $(x', y')$  в качестве центра с размером  $(2n + 1)(2m + 1)$  окрестности стандартного отклонения, которая может быть выражено в виде:

$$\sigma(m') = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m [I'(x' + i, y' + j) - \eta(m')]^2}{(2n + 1)(2m + 1)}} \quad (3)$$

где  $\eta(m')$  в формулах (2), (3) указывает точку  $m'(x', y')$  в значении серого пикселя корреляции окна и определяется как:

$$\eta(m') = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m I'(x' + i, y' + j)}{(2n + 1)(2m + 1)} \quad (4)$$

Из (1), связанному значению  $\gamma$  принять значение в диапазоне от -1 по 1, и связанное значение  $\gamma$  больше, чем больше похожи  $m1'$  и  $\overline{m2}'$ . В фактическом процессе сопоставления, во-первых определить действительное значение корреляции порогового значения, с точки  $\overline{m2}'$ , когда значение вычисляемой корреляции  $\gamma$  превышает пороговое значение, что является функциональной точкой для  $m1'$  кандидата соответствующих точек в эксперименте, как точки сшивки, чтобы повысить точность, так что  $m = n = 10$ . Учитывая  $m1', m2'$  соответственно  $m1$  и  $m2$ , которые соответствуют преобразованным точкам окна поиска, установить  $s = t = 5$ , соответствующий порог, точки сшивки — 0.95. Найти алгоритм точки сшивки: случайно выбирается одна пара подходящих точек  $m1, m2$ , соответствующие

точки, полученные после проекционных преобразований  $m1'$  и  $m2'$ ; исполняется проецирование трансформированных изображений  $I1'$  и  $I2'$  на соответствующие сопоставления; если сопоставления в соответствии с требованиями существования, то выбрать оптимальное сопоставление, как результат конца алгоритма; в противном случае перейти к началу.

Выше представлен алгоритм точек сшивки  $\overline{m1'}$  и  $\overline{m2'}$ , пусть изображение  $I2'$  использует в качестве точек  $\overline{m2'}$ , переместить изображения  $I1'$  на  $m1'$ , то есть, это операция сшивки двух изображений.

### **Сшивка изображений**

Из-за различных условий освещения, собранные изображения имеют большую разницу в яркости так, что строчка из яркости изображения будет производить разрыв, влияющий на получение панорамного эффекта. В настоящее время существует много способов решения данной проблемы, метод, используемый в данной работе — Szeliski [5]. В этом способе два перекрывающихся участка изображения серого значения произвольной точки P:

$$I'(P) = \frac{\xi(x1')\xi(y1')I1'(x1', y1') + \xi(x2')\xi(y2')I2'(x2', y2')}{\xi(x1')\xi(y1') + \xi(x2')\xi(y2')} \quad (5)$$

Среди них,  $I1'(x1', y1')$ ,  $I2'(x2', y2')$  является соответствующими точками P на двух изображениях  $(x1', y1')$ ,  $(x2', y2')$  серого значения;  $\xi$  является линейной весовой функцией, значения в центре изображений — 1, а на границе — 0.

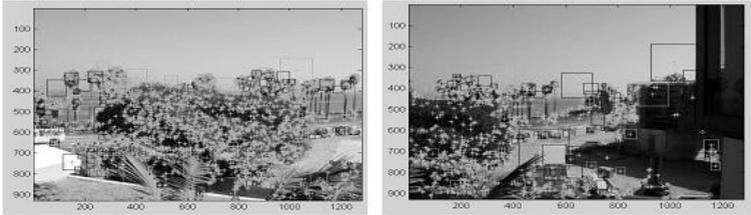
### **Экспериментальные результаты**

Используем Matlab 7.0 для выполнения выше представленного алгоритма.

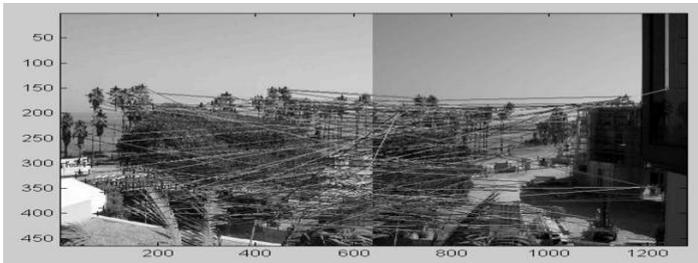
На рис. 2 представлены исходные изображения. На (рис. 3,4) представлены функциональные точки из двух изображений (рис. 1) и отображение сопоставления этих точек. И наконец, на (рис. 5) представлен результат процесса сшивки в панорамное изображение.



*Рисунок 2. Исходные изображения*



*Рисунок 3. Функциональные точки изображений*



*Рисунок 4. Отображения несколько сопоставления в виде линии между двумя изображениями*



*Рисунок 5. Полученное панорамное изображение*

Полученные результаты экспериментов показывают, что алгоритм является эффективным в связи с соответствием функциональных точек, вместо прямого использования в серой шкале информации для определения позиции двух изображений сопоставления, так и с традиционными алгоритмами поколения цилиндрической панорамы. Тем самым видным преимуществом метода является значительно повышение скорости поиска точек сшивки; и для увеличения разницы яркости двух изображений можем получить хороший результат. В целях повышения надежности алгоритма, выбрать несколько функциональных точек на двух изображениях, найденные точки сшивки будут рассматриваться в поисках пар функциональных точек, увеличиваясь до прямоугольной области.

### Список литературы:

1. Dekta K., Levoy M., Cylindrical Panoramas. 2010. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/projection.html>
2. Peleg S., Herman J. Panoramic mosaics by manifold projection. Rico P. Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Los Alamitos: IEEE CS Press, 1997. — p. 338 —343.
3. Szeliski R., “Image Alignment and Stitching”- Microsoft Research lab 2005.
4. Szeliski R., Shum H. Creating full view panoramic image mosaics and environment maps. Whitted T. Proceedings of ACM SIGGRAPH p97. Los Angeles: Addison Wesley, 1997. — p. 251 —258.
5. Szeliski R. Video mosaics for virtual environments. IEEE Computer Graphics and Applications, — 1996, — № 16 (2): — p. 22 —30.
6. Zhang AJ. 2012. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://research.microsoft.com/enus/um/people/zhang/Papers/ZhangAJ95.pdf>.

# ОБ УПРАВЛЕНИИ ЗАГРУЗКОЙ ИСХОДЯЩИХ КАНАЛОВ СЕТИ RTMCDN ВО ВРЕМЯ ПЕРЕГРУЗОК

*Манакова Ирина Павловна*

*аспирант Уральского Федерального Университета,  
РФ, г. Екатеринбург  
E-mail: [iman@vidicor.ru](mailto:iman@vidicor.ru)*

## ABOUT OUTBOUND CHANNELS LOAD BALANCING FOR RTMCDN DURING OVERLOAD

*Irina Manakova*

*postgraduate student Ural Federal University,  
Russia, Ekaterinburg*

*Автор благодарит руководителя работы д.ф.-м.н.  
В.В. Прохорова за ценные замечания и оказанную помощь.*

### АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются задачи управления загрузкой исходящих каналов сети раздачи мультимедийных потоков реального времени (Real-Time Multimedia Content Delivery Network, RTMCDN) при возможных перегрузках на участках сети. В качестве решения задач предлагается использовать схему подключения приёмных устройств (плееров) зрителей. Приведённый в работе способ управления загрузкой заключается в переподключении плееров на менее загруженные узлы.

### ABSTRACT

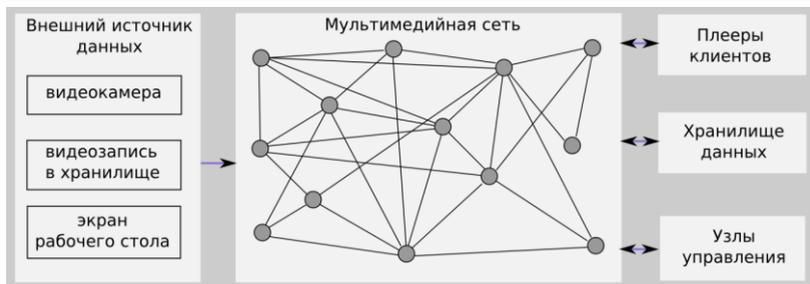
In this article we describe the problems of outbound channels load balancing of Real-Time Multimedia Content Delivery Network (RTMCDN) during overload. Circuit of connection media players and network nodes is used to address the problem. Method as mentioned in the article is that the media players switches to the less loaded nodes.

**Ключевые слова:** CDN; RTMCDN; потоковое мультимедиа; управление загрузкой каналов сети.

**Keywords:** CDN; RTMCDN; streaming media; outbound channels load balancing.

## 1. Перегрузка сети RTMCDN

Сети раздачи мультимедийного контента реального времени (*Real-Time Multimedia Content Delivery Network*, RTMCDN) используются для предоставления услуг онлайн-TV, конференцсвязи, телеприсутствия и др. Они строятся на базе глобальных IP-сетей. Пример организации раздачи контента сетью RTMCDN представлен на рис. 1:



**Рисунок 1. Пример раздачи мультимедийного контента сетью RTMCDN**

Из-за повышения спроса на мультимедийные услуги, которое наблюдается сегодня, а также из-за нестабильностей IP-сетей, RTMCDN испытывают большие нагрузки, часто находятся в состоянии перегрузки. Появляются задержки и прерывания, происходят отключения зрителей, оказывается невозможным подключить новых клиентов. Пребывание сети RTMCDN в состоянии перегрузки на протяжении длительного времени может вызвать прекращение доставки мультимедийного контента кому-то из зрителей.

Указанные выше ситуации вызывают ухудшение качества обслуживания клиентов, что снижает популярность конкретной RTMCDN, её преимущества по сравнению с конкурирующими сетями. В связи с этим, актуальным и целесообразным представляется решение задачи вывода сети RTMCDN из состояния перегрузки для сохранения высокого качества обслуживания клиентов.

Существующие алгоритмы (например, указанные в [5]) во многом не подходят для управления нагрузкой сети RTMCDN во время перегрузок. В [1—4] автором были определены особенности RTMCDN, которые можно использовать для управления сетью в случае перегрузки.

Сеть RTMCDN может оказаться в состоянии перегрузки в двух случаях. Во-первых, когда во время раздачи мультимедиа в IP-сети

повышается нагрузка и появляются узлы, сигнализирующие о том, что они перешли в состояние перегрузки. Это может быть вызвано внешними обстоятельствами, например, DDOS-атакой или возникновением неисправностей на узле (узлах). Во-вторых, когда происходит подключение к сети нового клиента, но ни один из узлов не может его обслужить, так как подключение вызвало бы перегрузку узла.

В первом случае известно, насколько нагрузка исходящего канала узла сети RTMCDN превышает отведённую норму. Во втором случае известно, какой поток запрашивает клиент (его качество, скорость передачи, разрешение видео и др.).

Указанные выше случаи порождают два типа задач по оптимизации нагрузки. Первый тип — «распределение загрузки каналов сети RTMCDN для оптимизации раздачи контента», второй тип — «перераспределение загрузки каналов сети RTMCDN для подключения нового клиента».

Задача второго типа сводится к  $N$  задачам первого типа, где  $N$  — количество узлов, к которым может быть подключен клиент. Из множества решений требуется выбрать оптимальное. Вследствие этого далее будем рассматривать задачу «распределение загрузки каналов сети RTMCDN для оптимизации раздачи контента».

Для решения задачи по распределению нагрузки будем использовать схему подключения плееров зрителей к узлам сети. В данном случае распределение нагрузки на сеть основывается на распределении загрузки исходящих каналов узлов.

Схема подключения плееров к узлам сети — это совокупность связей типа «узел-поток-плеер», которая характеризует загрузку исходящих каналов сети. Каждый клиент, подключаясь к сети с использованием мультимедийного плеера, запрашивает определенный поток. Некоторые узлы сети RTMCDN передают копии этого потока. Из общего количества узлов, передающих такой поток, выбирается наиболее подходящий, и плеер клиента подключается к нему, занимая некоторую часть пропускной способности исходящего канала узла. Набор таких связей образует схему подключения плееров. Клиент с подключённым к сети плеером становится зрителем.

Поскольку генераторами однотипных потоков являются в одно и то же время некоторые совокупности узлов сети, наименее нагруженные из них можно использовать для перераспределения нагрузки. В данном случае можно использовать способ переподключения плееров.

«Переподключение плееров» — это процесс программного отключения плеера от того потока, который он получает в данный момент, и подключение к другому. Под «отключением» понимается не столько операция физического отключения от узла и подключение

к новому, сколько запуск механизма перехода с одного потока на другой. В данной работе конкретные механизмы «отключения» и «подключения» не рассматриваются. Допускается, что переподключение всегда занимает одинаковое время.

«Переподключение плееров» направлено на освобождение требуемого объёма пропускной способности исходящего канала некоторого узла сети RTMCDN, чтобы обеспечить выход этого узла из состояния перегрузки и/или обеспечить подключение нового клиента. При изменении узла зрители должны получать тот же самый поток и того же качества, что и до момента отключения. Этим гарантируется сохранение качества обслуживания.

## 2. Переподключение плееров

Рассмотрим общую постановку задачи о переподключении плееров для распределения загрузки исходящих каналов сети RTMCDN. Предположим, что для переподключения отобрано множество узлов и множество клиентов, тогда постановку задачи можно сформулировать следующим образом:

Имеется некоторая сеть RTMCDN, состоящая из  $N$  узлов, передающих мультимедийные потоки. К узлам подключены приёмные устройства зрителей (плееры), которые получают некоторые потоки от сети.

О каждом узле  $R_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) известен набор параметров  $\{r_{i, \max}, r_i, R_{N, \text{св}}, U_{i, \max}, U_i, U_{N, \text{св}}, S_i\}$ , где:  $r_{i, \max}$  — максимально доступная пропускная способность канала  $i$ -го узла;  $r_i$  — занятая пропускная способность на  $i$ -м узле;  $R_{N, \text{св}}$  определяет количество остаточной пропускной способности узла  $N$  и выражается, как  $r_{N, \max} - r_N$ ;  $U_{i, \max}$  — максимальное количество пользователей, которое можно подключить к  $i$ -му узлу;  $U_i$  — количество пользователей, подключенных к  $i$ -му узлу;  $U_{N, \text{св}}$  определяет количество плееров, которые могут быть подключены к узлу  $N$  и выражается, как  $U_{N, \max} - U_N$ ;  $S_i$  — массив потоков, которые генерирует  $i$ -й узел; для каждого потока известна скорость передачи мультимедиа.

Каждое приёмное устройство зрителя (плеер)  $U_j$  может быть подключено только к одному узлу. О нем известен набор параметров  $\{b_{i,j}, B_{i,j}, Y_{i,j}, K_{i,j}\}$ , где:  $b_{i,j}$  — поток, который получает  $j$ -й клиент на  $i$ -м узле; поток выражается через скорость передачи мультимедиа;  $B_{i,j}$  — поток  $j$ -го пользователя «изменится»/«не изменится», если пользователя подключить к  $i$ -му узлу ( $B_{i,j} = \overline{0, 1}$ );  $Y_{i,j}$  —  $j$ -й пользователь «подключен»/«не подключен» к  $i$ -му узлу; ( $y_{i,j} = \overline{0, 1}$ );

$K_{i,j}$  —  $j$ -й пользователь «может быть подключен»/«не может быть подключен» к  $i$ -тому узлу ( $K_{i,j} = \overline{0,1}$ ).

Известно, что один из узлов находится в состоянии перегрузки. Необходимо оптимизировать схему подключения зрителей так, чтобы качество получаемых зрителями потоков не изменилось, а количество переподключений было минимальным.

Задача может быть описана в терминах линейного программирования. Для составления целевой функции и системы уравнений, представим условие задачи в виде схемы (таблица 1):

**Таблица 1.**

**Схема подключения плееров зрителей**

	$N_1$		$N_{...}$		$N_N$	
$U_1$	$Y_{1,1}$	$b_{1,1}$	$Y_{...,1}$	$b_{...,1}$	$Y_{N,1}$	$b_{N,1}$
	$B_{1,1}$	$K_{1,1}$	$B_{...,1}$	$K_{...,1}$	$B_{N,1}$	$K_{N,1}$
$U_{...}$	$Y_{1,...}$	$b_{1,...}$	$Y_{...,...}$	$b_{...,...}$	$Y_{N,...}$	$b_{N,...}$
	$B_{1,...}$	$K_{1,...}$	$B_{...,...}$	$K_{...,...}$	$B_{N,...}$	$K_{N,...}$
$U_U$	$Y_{1,U}$	$b_{1,U}$	$Y_{...,U}$	$b_{...,U}$	$Y_{N,U}$	$b_{N,U}$
	$B_{1,U}$	$K_{1,U}$	$B_{...,U}$	$K_{...,U}$	$B_{N,U}$	$K_{N,U}$
	$U_{1, \max}$	$R_{1, \text{св}}$	$U_{..., \max}$	$R_{..., \text{св}}$	$U_{N, \max}$	$R_{N, \text{св}}$

В таблице 1 множество узлов представлено, как  $\{N_1, N_2, \dots, N_N\}$ , где  $N$  — количество узлов. Множество плееров представлено, как  $\{U_1, U_2, \dots, U_U\}$ , где  $U$  — количество плееров.

Параметр  $U_{N, \max}$  определяет максимальное количество плееров, которое можно подключить к узлу  $N$ . Параметр  $R_{N, \text{св}}$  определяет количество остаточной пропускной способности узла  $N$  и определяется, как  $R_{N, \text{св}} = r_{N, \max} - r_N$ . Таким образом, для каждого узла задана нагрузка по зрителям и по объему пропускной способности канала.

Схема подключения плееров до момента анализа сети на предмет переподключения представляет собой набор значений  $Y = \{Y_{i,j} \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$ , каждое из которых либо равно 0, либо равно 1.

Параметры  $b$ ,  $B$ ,  $K$  накладывают дополнительные ограничения на схему подключения плеров.

Для поиска решения по оптимизации, необходимо составить новую схему подключения плеров  $X = \{X_{i,j} \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$  так, чтобы у каждого из узлов остаточная пропускная способность стала больше 0, при этом таблица  $X$  должна минимально (в равномерной метрике) отличаться от таблицы  $Y$ .

Математическую постановку задачи можно представить в виде системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U |x_{i,j} - y_{i,j}| \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N x_{i,j} = 1, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \leq U_{i,\max}, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \cdot b_{i,j} \cdot K_{i,j} \cdot B_{i,j} \leq R_{i,\text{св}}, \\ x_{i,j} \in \mathbb{N}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}. \end{array} \right. \quad (1)$$

Решая систему (1), мы получаем комбинаторную задачу с ограничениями, которую можно реализовать в виде программного кода на ЭВМ. Максимальное количество произведённых действий по перемещению будет равно  $N^U$  и равно полному перебору всех возможных вариантов на матрице (табл. 1). Уменьшения количества итеративных шагов можно добиться за счет оптимизации выбора узлов и плеров или за счет оптимизации алгоритма перестановок.

### 3. Переподключение плеров в случае существования потоков меньшего качества

Мультимедийные узлы могут генерировать несколько исходящих потоков из одного входящего, осуществляя репликацию мультимедиа потока. Используя разные способы кодирования и декодирования, а также разные подходы к отправке мультимедиа, можно создавать

несколько потоков разного качества (с разной скоростью передачи, размером кадра, количеством помех в кадрах и др.) для одного источника мультимедийных данных. Каждый такой поток при передаче от узла к узлу (от узла к плееру) занимает определённую часть пропускной способности канала.

Создаваемые системой потоки (как исходящие, так и входящие) можно представить в виде иерархии от потока с наилучшим качеством до потока с наихудшим. Если сеть RTMCDN или некоторые её узлы находятся в состоянии перегрузки, можно осуществить перераспределение нагрузки, используя эту иерархию. В данном случае методика управления загрузкой исходящих каналов сети заключается в переоподключении плееров на потоки меньшего качества.

Учитывая новые условия, сформулируем задачу о переоподключении плееров для распределения загрузки исходящих каналов сети RTMCDN.

Имеется некоторая сеть RTMCDN, состоящая из  $N$  узлов, передающих мультимедийные потоки. К узлам подключены зрители, которые получают некоторые потоки от сети. О каждом узле  $R_i$  известен набор параметров  $\{r_{i, \max}, r_i, R_{N, \text{св}}, U_{i, \max}, U_i, U_{N, \text{св}}, S_i\}$ . О каждом плеере зрителя известен набор параметров  $\{b_{i,j}, Y_{i,j}, K_{i,j}\}$ . Один из узлов находится в состоянии перегрузки. Необходимо оптимизировать схему подключения зрителей так, чтобы количество переоподключений и понижений качества мультимедиа у зрителей были минимальны.

Схема подключения зрителей до момента анализа сети на предмет переоподключения зрителей представляет собой набор значений  $Y = \{Y_{i,j} \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$ , каждое из которых либо равно 0, либо равно 1. Для поиска решения по оптимизации, необходимо составить новую схему подключения зрителей  $X = \{X_{i,j} \mid i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$  так, чтобы у каждого из узлов остаточная пропускная способность стала больше 0, при этом таблица  $X$  должна минимально (в равномерной метрике) отличаться от таблицы  $Y$ .

Обозначим  $q$  качество получаемого зрителем потока. Обозначим  $q_j^y$  значение качества обслуживания  $j$ -го зрителя на момент появления сигнала о том, что некоторый узел перегружен. Обозначим  $q_j^x$  значение качества обслуживания  $j$ -го зрителя после переоподключения. Тогда должно выполняться условие  $|q_j^y - q_j^x| \rightarrow \min$ .

Обозначим  $Q_Y$  суммарное качество обслуживания сети на момент сигнала о том, что некоторый узел перегружен:  $Q_Y = \sum_{j=1}^U q_j^y$ . Обозначим  $Q_X$  суммарное значение качества обслуживания сети после переключения зрителей:  $Q_X = \sum_{j=1}^U q_j^x$ . Тогда должно выполняться условие  $|Q_Y - Q_X| \rightarrow \min$ .

Постановку задачи можно представить в виде системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U |x_{i,j} - y_{i,j}| \rightarrow \min, \\ |q_j^y - q_j^x| \rightarrow \min, \\ |Q_Y - Q_X| \rightarrow \min, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \cdot b_{i,j} \cdot K_{i,j} \leq R_{i,ca}, \\ \sum_{i=1}^N x_{i,j} = 1, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \leq U_{i,max}, \\ x_{i,j} \in \mathbb{N}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Решая систему (2), мы получаем комбинаторную задачу с ограничениями, которую можно реализовать в виде программного кода на ЭВМ.

#### 4. Переключение плееров в случае ненадёжной сети

Описанные ранее содержательные постановки задач, а также их формализация, относятся к случаям, когда для сетей RTMCDN гарантируется стабильная работа на протяжении всего периода раздачи мультимедийных потоков реального времени. Такие ситуации встречаются в случае сетей с зарезервированными каналами, т. е. когда RTMCDN изолирована от других сетей. Как правило, такая сеть

гарантирует постоянную работу за счёт того, что в ней передаются только мультимедийные потоки, раздаваемые самой RTMCDN, а внешний трафик мал и не влияет на передачу потоков реального времени. В этом случае сеть может гарантировать передачу потоков с практически постоянной фиксированной скоростью. В подобной сети увеличение нагрузки на каналы происходит в основном из-за подключения новых клиентов, а в редких случаях — из-за технических неполадок. Сеть RTMCDN, которая может гарантировать постоянную фиксированную скорость передачи потоков, будем называть надёжной.

Создание изолированной сети RTMCDN требует дополнительных затрат на резервирование каналов с гарантированной пропускной способностью в рамках существующих сетей или на создание выделенных каналов. Чаще используются публичные сети с разделяемыми ресурсами с негарантированной скоростью. Такие сети не могут гарантировать стабильность работы. Нестабильность вызывается внешним трафиком от других сетей или неполадками на промежуточных узлах IP-сети, которыми сложно (как правило невозможно) управлять в рамках RTMCDN. В этом случае нельзя считать, что скорость передачи мультимедийных потоков будет постоянной. Сеть RTMCDN, которая не может гарантировать фиксированную скорость передачи потоков, будем называть ненадёжной.

Введём коэффициент надёжности раздачи мультимедийных потоков —  $RD$  (*Reliability of Distribution*). Коэффициент надёжности будет определять то, насколько скорость передачи мультимедийного потока для конкретного плеера будет отличаться от фиксированной скорости, заданной для этого потока. Для любого исходящего потока каждого узла сети RTMCDN можно определить коэффициент надёжности.

Скорость передачи потоков и, как следствие, качество конечного мультимедиа определяются некоторым законом распределения. Введём характеристику «коэффициент надёжности»  $RD$  как функцию, описывающую зависимость скорости передачи потоков от времени и загрузки каналов сети. С уменьшением скорости передачи потоков (относительно той, что зафиксирована для данного потока) ухудшается качество конечного мультимедиа.

Вместо фиксированного значения  $b_{i,j}$  (скорость потока, который получает  $j$ -й зритель на  $i$ -том узле), которое было определено в п. 2 и 3, реальная скорость передачи потоков будет равна  $RD \cdot b_{i,j}$ . Таким образом, получаем задачу, в которой качество мультимедиа определяется законом распределения скорости передачи потоков.

Приведённые ранее задачи (п. 2, 3) модифицируем вводом коэффициента надёжности. При этом в целом постановка задач останется прежней.

В случае задачи, описанной в п. 2 (где понижение качества конечного мультимедиа не разрешено), система уравнений примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U |x_{i,j} - y_{i,j}| \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N x_{i,j} = 1, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \leq U_{i,\max}, \\ \sum_{j=1}^U x_{i,j} \cdot RD \cdot b_{i,j} \cdot K_{i,j} \cdot B_{i,j} \leq R_{i,\text{св}}, \\ x_{i,j} \in \mathbb{IN}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}. \end{array} \right. \quad (3)$$

В случае задачи, описанной в п. 3 (где понижение качества конечного мультимедиа разрешено), система уравнений примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U |x_{i,j} - y_{i,j}| \rightarrow \min, \\
 |q_j^y - q_j^x| \rightarrow \min \\
 |Q_y - Q_x| \rightarrow \min \\
 \sum_{j=1}^U x_{i,j} \cdot RD \cdot b_{i,j} \cdot K_{i,j} \leq R_{i,cb} \\
 \sum_{i=1}^N x_{i,j} = 1, \\
 \sum_{j=1}^U x_{i,j} \leq U_{i,max}, \\
 x_{i,j} \in \mathbb{IN}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}.
 \end{array} \right. \quad (4)$$

Значение коэффициента  $RD$  равное 0 на всём временном интервале означает, что клиент/зритель не может получать данный поток от узла. Значение коэффициента  $RD$  равное 1 на всём временном интервале означает, что клиент/зритель может получать от узла поток с фиксированной скоростью, которая равна допустимому максимуму. Значение коэффициента  $RD$ , равное некоторому постоянному числу на всём временном интервале означает, что клиент/зритель может получать от узла поток с фиксированной скоростью.

### 5. Общая постановка задач с учётом критерия оптимальности

В п. 2—4 были сформулированы постановки задач управления загрузкой исходящих каналов сети RTMCDN с использованием схемы подключения плееров к узлам сети и метода переподключения плееров.

Приведённые примеры касались случаев, когда перегруженным по загрузке исходящего канала становится один из узлов сети. Однако в практике нередки случаи, когда за сравнительно короткие промежутки времени перегруженными становятся несколько узлов. Образуется очередь узлов, нуждающихся в разгрузке. Тогда задачу о «распределении загрузки исходящих каналов сети RTMCDN для оптимизации раздачи контента» с использованием метода

переподключения для оптимизации схемы подключения плееров можно сформировать следующим образом:

Пусть имеется некоторая сеть RTMCDN, состоящая из  $N$  узлов, передающих мультимедийные потоки. К узлам подключены зрители, которые получают из сети определённые потоки. Каждый узел можно характеризовать некоторым ограниченным набором параметров  $R\{a_1, a_2, \dots, a_x\}$ , где  $x$  — количество параметров. Мультимедийное устройство (плеер), при помощи которого зритель получает поток(и) от сети, также можно характеризовать некоторым ограниченным набором параметров  $U\{b_1, b_2, \dots, b_y\}$ , где  $y$  — количество параметров. Известно, что в сети RTMCDN существуют узлы, которые находятся в состоянии перегрузки по загрузке исходящего канала и образуют очередь. Необходимо оптимизировать схему подключения плееров зрителей таким образом, чтобы как можно большее количество узлов из очереди вышло из состояния перегрузки.

В данном случае целевая функция одна — максимальное количество узлов, выведенных из состояния перегрузки. Набор параметров, характеризующих узлы и плееры, как и уравнения, описывающие ограничения в задаче, аналогичны тем, что приведены в п. 2—4.

В общем случае можно сформулировать следующую постановку задачи о «распределении загрузки исходящих каналов сети RTMCDN для оптимизации раздачи контента»:

Пусть имеется некоторая сеть RTMCDN, состоящая из  $N$  узлов, передающих мультимедийные потоки. К узлам подключены зрители, которые получают определённые потоки от сети. Каждый узел можно характеризовать некоторым ограниченным набором параметров  $R\{a_1, a_2, \dots, a_x\}$ , где  $x$  — количество параметров. Мультимедийное устройство (плеер), при помощи которого зритель получает поток(и) от сети, также можно характеризовать некоторым ограниченным набором параметров  $U\{b_1, b_2, \dots, b_y\}$ , где  $y$  — количество параметров. Известно, что схема подключения плееров не оптимальна по некоторому критерию. Необходимо распределить нагрузку между узлами сети так, чтобы оптимизировать схему подключения плееров.

Под критерием оптимальности можно понимать как существование перегруженных узлов, так и низкое качество конечного мультимедиа у зрителя (зрителей). Решением задач при этом может стать как поиск решения, минимизирующего нагрузку на узлах, так и поиск решения, максимизирующего качество конечного мультимедиа.

## Список литературы:

1. Манакова И.П., Петров К.Б. К вопросу о подключении пользователей к мультимедиа-сети. «Инновации науке» // Материалы XVI международной заочной научно-практической конференции, 28 января 2013 г. Новосибирск: Изд. «СибАК», — 2013. — Ч. I. — С. 94—108.
2. Манакова И.П. Менеджер управления мультимедиа-сетью. «СПИСОК-2013» // Материалы всероссийской научной конференции по проблемам информатики, 23—26 апреля 2013 г., Санкт-Петербург. – СПб.: Издательство ВВМ, 2013. — С. 441—447.
3. Петров К.Б., Манакова И.П. Распределение пользователей по видеосерверам онлайн трансляции с условием минимального перемещения зрителей. Технические науки — от теории к практике // Материалы X международной заочной научно-практической конференции, 28 мая 2012 г. / [под ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — С. 27—35.
4. Прохоров В.В., Манакова И.П. К вопросу об оптимизации построения мультимедиа-сетей. III Информационная школа молодого учёного: сб. научных трудов / ЦНБ УрО РАН; отв. ред. П.П. Трескова; сост. О.А. Оганова. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. — С. 306—315.
5. Cisco Services Modules. Understanding CSM Load Balancing Algorithms [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://www.cisco.com/en/us/products/hw/modules/ps2706/products\\_tech\\_note09186a00801adbde.shtml](http://www.cisco.com/en/us/products/hw/modules/ps2706/products_tech_note09186a00801adbde.shtml), свободный.

# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ОТПЕЧАТКАМ

*Силантьев Илья Олегович*

*магистр Казанского Национального Исследовательского  
Технического Университета им. А.Н. Туполева (КАИ),  
РФ, г. Казань*

*E-mail: [i.silantev@icloud.com](mailto:i.silantev@icloud.com)*

## NEURAL NETWORK MODELS OF BIOMETRIC IDENTIFICATION AND USER FINGERPRINT AUTHENTICATION

*Ilya Silantsev*

*master of Kazan National Research Technical  
University named after A.N. Tupolev (KAI),  
Russia, Kazan*

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема биометрической идентификации и аутентификации пользователей по отпечаткам пальцев. Предлагаются нейросетевые модели биометрической идентификации и аутентификации пользователя, основанные на методах интеллектуального анализа данных.

### ABSTRACT

Problem of biometric identification and user fingerprint authentication is under consideration in this article. Neural network models of biometric identification and authentication of a user based on methods of database mining have been proposed.

**Ключевые слова:** нейросетевые модели; биометрия; идентификация; аутентификация.

**Keywords:** neural network models; biometry; identification; authentication.

### Введение

Идентификация личности по отпечатку пальца является самой удачной биометрической технологией благодаря простоте использования, удобству и надежности. Вероятность ошибки при идентификации пользователя по отпечаткам пальцев намного меньше в сравнении

с другими биометрическими методами. Кроме того, само устройство идентификации по отпечатку пальца малогабаритно и приемлемо по цене [2].

### **Сбор, подготовка данных и формирование обучающей выборки**

Главными проблемами при построении систем аутентификации пользователя по отпечаткам пальцев является получение изображения отпечатка пальца и нахождение оптимального алгоритма выделения признаков сравнения отпечатков.

Для получения изображения отпечатка пальцев был выбран метод сканирования, а для достижения наилучшего результата сравнения был выбран алгоритм сравнения отпечатков пальцев - сравнение по особым точкам. При реализации алгоритма сравнения отпечатков по особым точкам из отпечатка извлекаются детали, характеризующие уникальность данного отпечатка.

Координаты обнаруженных деталей и их углы ориентации записываются в вектор:  $W(p)=[(x_1, y_1, \Theta_1), (x_2, y_2, \Theta_2)...(x_r, y_r, \Theta_r)]$ , где  $r$  — число деталей. При регистрации пользователей этот вектор считается эталоном и записывается в базу данных. При распознавании вектор определяет текущий отпечаток [2].

Два отпечатка одного пальца будут отличаться друг от друга поворотом, смещением, изменением масштаба и площадью соприкосновения в зависимости от того, как пользователь прикладывает палец к сканеру. Поэтому нельзя сказать, принадлежит ли отпечаток человеку или нет на основании простого их сравнения (векторы эталона и текущего отпечатка могут отличаться по длине, содержать несоответствующие детали и т. д.). Из-за этого процесс сопоставления должен быть реализован для каждой детали отдельно.

### **Сбор данных отпечатков пальцев**

В рамках данной работы для получения изображений отпечатков пальцев было использовано программное обеспечение BioLink BSDK Explorer с оптическим сканером отпечатков пальцев BioLink U-Match.

Для проведения исследования были собраны отпечатки пальцев с 4 легальных пользователей системы для двух выборок: обучающей (по 50 отпечатков с каждого пользователя) и тестовой (по 25 отпечатков с каждого пользователя). Итого в выборке для обучения нейросетевой модели получены отпечатки в количестве 200 шт., а в тестовой выборке — 100 шт.

Для выделения из отпечатков локальных деталей применялся программный продукт VeriFinger 6.6/MegaMatcher 4.4 от компании

Neurotechnology. Это программа предназначена для демонстрации эффективности механизмов, которая использует компания разработчик.

После добавления в программу изображения отпечатка пальцев, она производит обработку, выделяет множество локальных признаков отпечатка, формирует из них вектор признаков и добавляет его в базу данных отпечатков пальцев.

Каждый локальный признак отпечатка в ПО VeriFinger 6.6/MegaMatcher описывается 3 составляющими: координата (X), координата (Y), вектор направления (Q). Эти составляющие будут являться входными параметрами для обучающей выборки.

Так как один отпечаток пальца может иметь от 30—70 локальных признаков для облегчения работы нейросетевых моделей было принято решение шаблон отпечатка пальца составлять с помощью 30 локальных признаков. Результаты исходных данных представлены в таблице 1.

*Таблица 1.*

**Фрагмент исходных данных**

№ п/п	Входные параметры							Выходные параметры			
	V1	X1	Y1	...	V30	X30	Y30	P1	P2	P3	P4
1	11	103	119	...	13	45	383	1	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	8	89	96	...	28	122	278	0	0	0	1

В данной таблице каждому вектору-строке матрицы входных данных было сопоставлено 4 выходных значения, соответствующие определенному пользователю системы. Выходные нейроны принимают значения 0 или 1: 0 — нелегальный пользователь, 1 — легальный.

Полученную выборку обработали в аналитической платформе Deductor: произвели удаление одинаковых значений, аномальных значений и другие дефекты, которые могли бы понизить работу моделей.

#### **Разработка нейросетевых моделей**

Для создания и обучения нейронной сети использовалась аналитическая платформа Deductor Studio Academic компании BaseGroup Labs, г. Рязань.

В результате проведения исследования были созданы более 30 нейросетевых моделей и скриптов тестирования ко всем построенным моделям.

После проведения тестирования нейронных сетей были выделены наиболее эффективные модели.

Главным критерием при отборе нейросетевых моделей является отсутствие ошибок второго рода, а ошибки первого рода находятся в пределах 20 %.

*Таблица 2.*

**Результат отбора эффективных моделей с алгоритмом Resilient propagation**

Архитектура нейронной сети	Алгоритм обучения	
	Resilient propagation	
	Ошибки I рода, %	Ошибки II рода, %
90x2x4	4	0
90x32x15x4	19	0
90x16x17x14x4	15	0

*Таблица 3.*

**Результат отбора эффективных моделей с алгоритмом Back propagation**

Архитектура нейронной сети	Алгоритм обучения	
	Back-Propagation	
	Ошибки I рода, %	Ошибки II рода, %
90x10x4	1	0
90x25x4	18	0
90x30x4	18	0

По результатам проведенных экспериментов, представленных в приведенных выше таблицах, можно сделать вывод, что наиболее подходящая модель биометрической идентификации и аутентификации является нейронная сеть со следующими параметрами:

- Алгоритм обучения — Back-Propagation;
- число нейронов входного слоя = 90;
- число нейронов выходного слоя = 4;
- число скрытых слоев = 1;
- число нейронов скрытого слоя = 10.

Из результатов тестирования данной нейросетевой можно сделать вывод, что результаты работы нейронной сети являются отличными, а построенная модель биометрической идентификации и аутентификации пользователей по отпечаткам пальцев является — эффективной.

### **Заключение**

Основываясь на результаты исследования можно сделать вывод, что построенная нейросетевая модель биометрической идентификации и аутентификации пользователей по отпечаткам пальцев является эффективной по отношению к другим биометрическим технологиям (классификатор отклонения выбора имеет уровень ошибок первого рода 5,2 %, второго рода — 0 %). Таким образом, цель повышения эффективности работы систем биометрической идентификации и аутентификации по отпечаткам пальцев достигнута.

### **Список литературы:**

1. Методы и алгоритмы распознавания изображений отпечатков пальцев в биометрических системах контроля доступа — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/kita/petrova/diss/index.htm> (дата обращения 01.05.2013).
2. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons. 1997. — 305 с.

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Силантьев Илья Олегович*

*магистр Казанского Национального Исследовательского  
Технического Университета им. А.Н. Туполева (КАИ),*

*РФ, г. Казань*

*E-mail: [i.silantev@icloud.com](mailto:i.silantev@icloud.com)*

## DEVELOPMENT PROSPECTS OF SYSTEMS FOR REVEALING ABNORMAL BEHAVIOR OF USERS IN CORPORATE NETWORKS WHEN PROVIDING INFORMATION SECURITY

*Ilya Silantsev*

*master of Kazan National Research Technical  
University named after A.N. Tupolev (KAI),*

*Russia, Kazan*

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема утечки конфиденциальной информации в корпоративных сетях. Предлагаются концепция построения системы защиты от утечки информации и перспективы развития систем выявления аномального поведения пользователей в организации.

### ABSTRACT

Problem of security leakage in corporate networks is under consideration in this article. Concept of protection system construction against information leakage and development prospects of systems for revealing abnormal behavior of users in an organization have been proposed.

**Ключевые слова:** нейросетевые модели; биометрия; идентификация; аутентификация.

**Keywords:** neural network models; biometry; identification; authentication.

## Введение

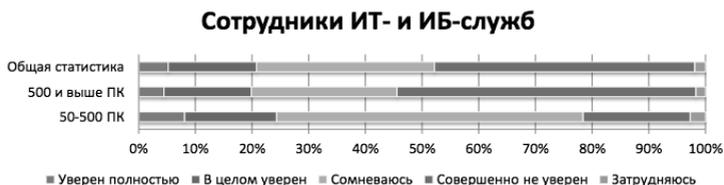
В современном мире информационные технологии проникли почти во все сферы деятельности человека. Бурная экспансия современных технологий обусловлена постоянным стремлением человечества повысить эффективности работы. В результате такого стремления повысилось значение и ценность информации, что в свою очередь ставит вызов перед специалистами информационной безопасности.

Одна из основных задач информационной безопасности является защита информации от несанкционированного доступа к ней. В ситуации с персональной информацией, когда только владелец сам является полноправным хозяином, можно обойтись простыми средствами защиты, но когда ставится задача предоставления разграниченного доступа сотрудникам организации к информации конфиденциального характера, обойтись простыми средствами защиты информации не всегда получается эффективно с точки зрения безопасности.

## Аналитика

Согласно исследованиям компании ЗАО «InfoWatch» опубликованным в 2013 году, в ходе которого руководителям и сотрудникам подразделений Информационных Технологий (далее — ИТ) и Информационной Безопасности (далее — ИБ) было предложено ответить на вопрос: «Какие угрозы (внутренние или внешние) представляют наибольшую угрозу для их организации», — предпочтение респонденты отдали внутренним угрозам.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты исследования, которые показывают уровень уверенности респондентов в Средствах Обеспечения Информационной Безопасности (далее — СОИБ) перед внутренними угрозами организации.



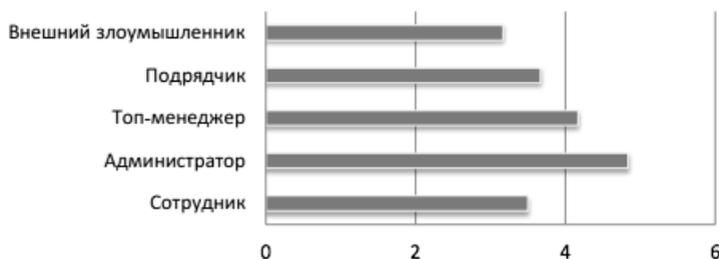
**Рисунок 1. Уровень в надежности СОИБ собственной компании сотрудников ИТ и ИБ**



**Рисунок 2. Уровень в надежности СОИБ собственной компании руководителей ИТ и ИБ**

Данные результаты исследования наглядно показывают заинтересованность сотрудников и руководителей ИТ и ИБ в защите информации от утечек не только в больших компаниях, но и в малых.

Так же респондентам было предложено проранжировать источники внутренних угроз в организации.



**Рисунок 3. Карта нарушителей. Типы нарушителей по тяжести предполагаемых потерь для бизнеса. Средние баллы**

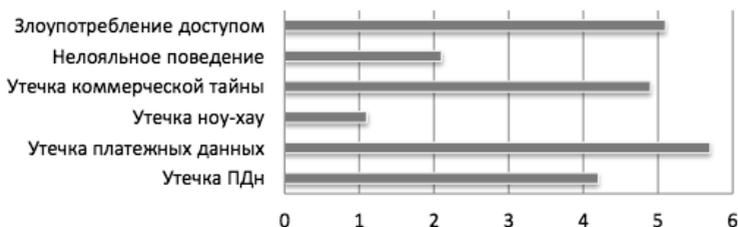
На рисунке 3 представлены результаты опросов респондентов, из которого видно, что наибольшее недоверие они испытывают к пользователям расширенных уровней доступа, в том числе и администраторов систем и баз данных [1].

Однако сводная карта инцидентов полученная программными продуктами ЗАО «InfoWatch» дает иную картину. Наибольшее число инцидентов было связано с Топ-менеджерами или подрядчиками организации.



**Рисунок 4. Общеотраслевая карта инцидентов**

Так же сотрудниками Аналитического Центра ЗАО «InfoWatch» было предложено участникам исследования, принадлежащих Банковскому сектору, проранжировать (в баллах от 1 до 6) шесть типов внутренних угроз по тяжести возможного ущерба для бизнеса их компаний. В своих ответах представители финансового сектора наивысшую опасность связывают с утечкой платежных данных 22—5,723 балла. Далее по тяжести возможных последствий располагаются злоупотребление доступом — 5,1 и утечка коммерческой тайны — 4,9. (см. рисунок 5) [1].



**Рисунок 5. Карта угроз банковского сектора по тяжести предполагаемых материальных потерь для бизнеса**

Карта инцидентов, зафиксированных программными продуктами InfoWatch в финансовых организациях, представлена ниже (см. рисунок 6) [1].



**Рисунок 6. Отраслевая карта инцидентов**

Значительная часть случаев нарушения ИБ в финансовой сфере связана с утечкой платежных и персональных данных (более 85 %). Интересно, что потерю персональных данных менеджеры ИТ и ИБ воспринимают как меньшую угрозу, нежели утечка платежных данных, поскольку ущерб от утечки платежных данных более очевиден. Это уже не просто возможность злоупотреблений, как в случае с персональными данными, но инструмент для мошенников. Как следствие — прямой ущерб для клиентов банка, финансовые потери и репутационные издержки для банка. Однако и утечка персональных данных грозит серьезными потерями, например, если база данных клиентов оказывается в руках конкурирующего банка.

Помимо платежных и персональных данных, в финансовом секторе «уходит» коммерческая тайна (данные о межбанковских операциях, маршруты инкассаторских автомобилей, маркетинговые планы, расчеты себестоимости банковских продуктов, стратегии развития), зарегистрированы случаи нелояльного поведения сотрудников и злоупотребления доступом к информации.

Таким образом можно сделать выводы, что вопрос обеспечения от внутренних угроз является актуальным как для малых организаций, так и для больших. Среди потенциальных источников утечки информации большее внимание стоит уделять не только топ-менеджерам и сотрудникам обладающих расширенным уровнем доступа к конфиденциальной информации, но и к пользователям обладающих доступом к персональным и платежным данным клиентов.

#### **Системы защиты от утечек информации**

Эффективность работы по защите от утечек конфиденциальной информации определяется количеством своевременно выявленных утечек информации. Работа в данном направлении во многом автоматизирована с помощью современных систем защиты

информации таких, как DLP системы, SIEM, tipwire, системы обнаружения аномалий. К сожалению все эти системы нельзя считать панацеей от утечек.

Рассмотрим несколько случаев из практики:

1. В организации имеется рабочий ноутбук Топ-менеджера, на котором хранятся стратегические инициативы развития и который случайным образом был утерян в командировке. Такое событие можно рассматривать как утечку информации, потому что имеется большой риск, что конфиденциальные сведения могут попасть в руки прямых конкурентов. В такой ситуации может спасти лишь шифрование диска, обычные системы защиты от утечки информации тут бессильны [2].

2. Сотрудник обслуживающий VIP клиента, отправляет клиенту свой e-mail адрес с просьбой обращаться к нему по любым вопросам и в любое время суток, а сам через пару недель увольняется, уводя вслед за собой VIP клиента в новую организацию. Никакой утечки информации нет, а ущерб организации причинен.

В такой ситуации DLP перехватит сообщение переданное сотрудником клиенту, благодаря современным технологиям отнесет сообщение к определенной категории, но фактически никакого инцидента ни система, ни офицер безопасности в этом вряд ли не увидит.

Для решения подобных задач DLP система должна применяться в комплексе с SIEM системами, которые способны проводить анализ событий и группировать их в один инцидент, как в нашем случае: передача сообщения и заявление на увольнение через пару недель.

Не малую проблему в защите от утечек информации в организациях создают мобильные устройства сотрудников, принесенные на рабочие места. В таком случае совместно с DLP система должна использоваться MDM система (Mobile Device Management), которая осуществляет контроль мобильных устройств (смартфоны, ноутбуки, планшеты).

Таким образом, DLP система не является панацеей от утечек информации в организации, но построение эффективной системы защиты от утечек без DLP вряд ли возможен. Наибольшая эффективность процесса обеспечения защиты от утечки информации достигается при:

1. применение DLP совместно с другими техническими решениями;

2. создания полноценного процесса управления рисками потери конфиденциальной информации и построение сопутствующих организационных процессов [2].

Так как рассмотренные выше системы не решают полностью задачу перспективным направлением для развития систем защиты информации от утечек предлагается создание систем, прогнозирующих возможность утечки конфиденциальной информации.

Системы прогнозирования утечки информации сводятся к построению профиля пользователя, выявлению аномального поведения (отклонения от профиля) пользователя в корпоративной среде и прогнозированию на основе полученной информации возможности возникновения утечки информации.

### **Список литературы:**

1. Глобальное исследование утечек конфиденциальной информации в 2013 году — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.infowatch.ru/report2013>.
2. Существует ли панацея от утечек — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://futurebanking.ru/post/2535>.

## **КОСВЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДИАМЕТРА РУЛОНА НА ПРОИЗВОДСТВАХ СТАЛЕЙ**

***Мещеряков Виктор Николаевич***

*д-р техн. наук,  
зав. кафедрой электропривода, профессор  
Липецкого государственного технического университета,  
РФ, г. Липецк*

***Усов Сергей Васильевич***

*аспирант кафедры электропривода  
Липецкого государственного технического университета,  
РФ, г. Липецк  
E-mail: [lip\\_usov\\_sv@mail.ru](mailto:lip_usov_sv@mail.ru)*

# INDIRECT METHOD OF CALCULATION OF DIAMETER OF THE ROLL ON MANUFACTURES OF STEELS

*Mesherekov Viktor*

*doctor of Science, Head of Electrical Drive department,  
professor of Lipetsk State Technical University,  
Russia, Lipetsk*

*Usov Sergej*

*post-graduate student of Electrical Drive department  
of Lipetsk State Technical University,  
Russia, Lipetsk*

## АННОТАЦИЯ

Рассматривается косвенный метод расчета диаметра по угловой скорости барабана моталки и линейной скорости полосы, проводится анализ методами теории автоматического управления и предлагается автоматическая система, позволяющая уточнить значение расчетного диаметра.

## ABSTRACT

In article the indirect method of calculation of diameter on angular speed of cylinder tension reel is considered and linear speed of a strip, the analysis is carried out by methods of the theory of automatic control and is offered the automatic system, allowing to specify value of calculation of diameter.

**Ключевые слова:** наматывающее устройство (моталка); диаметр; косвенные методы; автоматическая система.

**Keywords:** tension reel; diameter; indirect measurements; automatic system.

Для производства холоднокатаных полос сталей различных марок широкое применение нашел рулонный метод обработки с применением средств, для создания натяжения полосы. Рулонный метод производства имеет большие преимущества, по сравнению с другими методами из-за повышенной производительности, повышения качества обрабатываемого металла, а также повышение механизации и автоматизации технологического процесса.

На любой технологической линии устойчивая работа и высокое качество продукции надежно обеспечиваются, если технологическая зона работает с постоянной скоростью и при стабильных условиях.

Напряженное состояние полосы в рулоне по мере намотки необходимо изменять по различным закономерностям для формирования внутренних витков рулона, плотной смотки и исключения образования дефектов при смятии рулона.

Основной особенностью электропривода намоточных механизмов является непрерывное изменение параметров из-за изменения диаметра рулона. При работе моталок постоянно изменяются: скорость вращения, вес рулона, момент инерции и потери в приводе. Установившихся режимов нет даже при движении полосы с постоянной скоростью.

Для регулирования натяжения используют два способа: по регулируемому параметру, когда натяжение измеряется с помощью измерителя натяжения; по косвенному определению значения натяжения, согласно формуле (1) [1, с. 348—349].

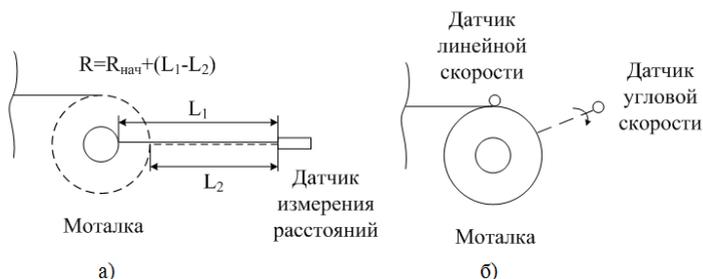
$$F = \frac{M}{r}, \quad (1)$$

где:  $M$  — момент на валу барабана наматывающего устройства, Н·м;  
 $r$  — радиус рулона, м.

Системы с косвенным измерением натяжения широко распространены при обработке стальных полос, вследствие надежности и простоты реализации.

Одной из главных составляющих для косвенного регулирования натяжения намотки рулона является точное определение значение диаметра (радиуса) наматываемого рулона. Определение значение диаметра также производится двумя способами: прямым измерением с помощью бесконтактных датчиков (рис. 1а); косвенным измерением по измеренным значениям линейной и угловой скорости по формуле (2) (рис. 1б).

$$r = \frac{V}{\omega}, \quad (2)$$

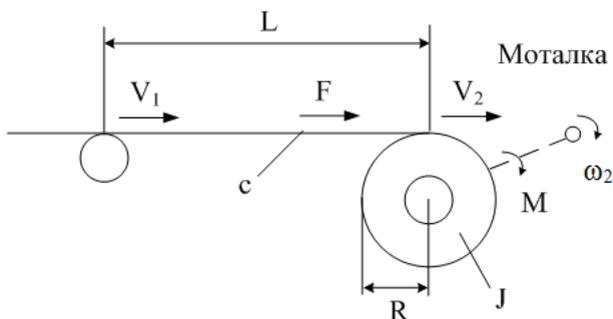


**Рисунок 1. Способы измерения диаметра рулона на моталке:**  
**а) прямой способ, измерением расстояний; б) косвенный способ, по линейной и угловой скоростям**

Системы с прямым измерением диаметра являются более точными, чем системы с косвенным измерением, но менее надежными. Не всегда представляется возможным поместить бесконтактный датчик в зоне механизма моталок.

Косвенный расчет диаметра также дает точные результаты, но связан с усложнением конструкций моталки для измерения линейной скорости рулона. Поэтому для косвенного расчета диаметра принято использовать измерение линейной скорости полосы за пределами зоны наматываемого рулона, механическая схема для данного метода измерения приведена на рис. 2.

На рис. 2. под действием момента ( $M$ ) на валу барабана моталки наматывается полоса со скоростью ( $V_2$ ). Полоса с жесткостью ( $c$ ) на участке длины ( $L$ ), подвергается растяжению и создает натяжение ( $F$ ). Полоса наматывается в рулон радиусом ( $R$ ) и моментом инерции ( $J$ ), угловая скорость вращения барабана моталки ( $\omega_2$ ).



**Рисунок 2. Структурная схема механической части моталки при намотке рулона**

По измеренным значениям линейной скорости полосы ( $V_1$ ) и угловой скорости ( $\omega_2$ ) вычисляют текущий радиус (диаметр) рулона.

Данный способ наиболее предпочтителен, так как не требует установки датчиков в зоне намотки рулона. Угловую скорость барабана моталки ( $\omega_2$ ) определяют по скорости двигателя моталки, линейную скорость полосы ( $V_1$ ) определяют по угловой скорости двигателя приводного ролика (прокатной клетки, натяжной станции).

Математическое описание механических процессов при намотке рулона на моталку согласно [3, с. 162—164], [1, с. 344—346] сводится к системе дифференциальных уравнений, представленных в операторной форме (3) [2, с. 44].

$$\left. \begin{aligned} M - F \cdot R &= J \cdot p \cdot \omega_2; \\ F &= \frac{c}{p} \cdot (V_2 - V_1 \cdot [1 + \varepsilon]); \\ V_2 &= \omega_2 \cdot R; \quad F = c \cdot L \cdot \varepsilon; \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где:  $p$  — оператор дифференцирования по времени  $d/dt$ ,

$\varepsilon$  — относительное удлинение полосы. В связи с тем, что полоса обладает конечной жесткостью, мгновенные значения скоростей  $V_1$  и  $V_2$  — не будут равны, следовательно, расчет радиуса рулона по формуле (2) требует уточнений.

Для этого второе уравнение системы выразим через линейную скорость ( $V_1$ ), угловую скорость ( $\omega_2$ ) и радиус рулона ( $R$ ) (4).

$$V_1 \cdot [1 + \varepsilon] = \omega_2 \cdot R - \frac{p \cdot M}{R \cdot c} + \frac{J \cdot p^2 \cdot \omega_2}{R \cdot c}, \quad (4)$$

так как входными переменными для измерения радиуса приняты мгновенные значения  $V_1$ ,  $\omega_2$ , то остальные переменные принимаем за неизменные величины. При этом вторая составляющая правой части уравнения  $\frac{p \cdot M}{R \cdot c}$  равна нулю. На основании этих допущений получим систему уравнений (5) по которым можно рассчитать значение радиуса по мгновенным значениям  $V_1$ ,  $\omega_2$ .

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{V_1 \cdot [1 + \varepsilon]}{\omega_2} \cdot \frac{1}{1 + Tp^2}; \\ T &= \frac{J}{c \cdot R^2}; \\ \varepsilon &= \frac{M - J \cdot p \cdot \omega_2}{c \cdot L}; \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где  $T$  — постоянная времени консервативного звена, характеризующая частоту незатухающих колебаний значений радиуса из-за колебаний натяжения при движении полосы. Так как при расчете значений  $T$  и  $\varepsilon$  необходимы значения радиуса рулона и момента инерции, который зависит от радиуса рулона [1, с. 351], то для их расчета принимаем значения радиуса, полученные при предыдущем расчете.

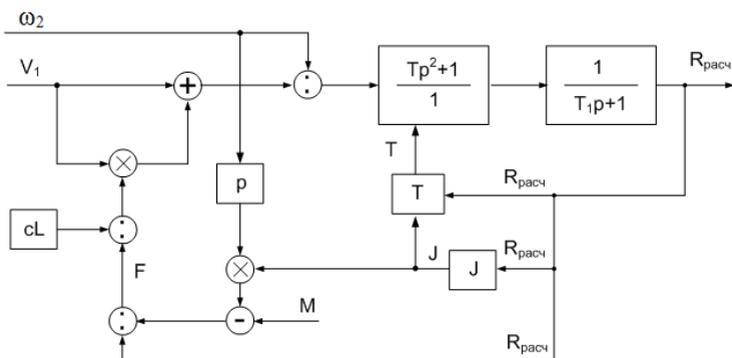
Для получения значений радиуса приемлемых для управления натяжением необходимо сгладить колебания. Для этого значения радиуса необходимо умножить на передаточную функцию (6) обратную к консервативному звену.

$$\frac{T \cdot p^2 + 1}{T_1 \cdot p + 1}, \quad (6)$$

где:  $T$  — постоянная времени консервативного звена,

$T_1$  — постоянная времени фильтра. Время  $T$  — необходимо подбирать при наладке системы управления, что бы не было колебаний, для стальных полос приблизительно в пределах 0,01 с,  $T_1$  — выбирают приблизительно на два порядка больше, по сравнению с  $T$ , для исключений колебаний связанных с несовпадением  $T$  расчетного и реального.

Структурная схема автоматической системы, которая реализует расчет радиуса наматываемого рулона косвенным методом на основе мгновенным измеренных значений линейной скорости полосы  $V_1$ , и угловой скорости барабана моталки  $\omega_2$ , приведена на рис. 3.



**Рисунок 3. Структурная схема автоматической системы расчета диаметра рулона по измеренным значениям  $V_1$ ,  $\omega_2$**

При современном уровне развития средств промышленной автоматизации, используя математические модели технологических процессов, возможно с высокой точностью определять значения параметров косвенными методами для управления натяжением при обработке полосовой стали.

### Список литературы:

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебное пособие. М.: Изд. центр «Академия», 2007. — 576 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2004. — 400 с.
3. Филатов А.С. Электропривод и автоматизация реверсивных станов холодной прокатки. М.: Металлургия, 1973. — 376 с.

**АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ  
ОБЪЕКТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ,  
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫМ МАТРИЧНЫМ  
ФОТОПРИЕМНИКОМ В РЕЖИМЕ  
МИКРОСКАНИРОВАНИЯ**

***Шакенов Адильбек Кобланович***

*канд. техн. наук, младший научный сотрудник  
Института автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
РФ, г. Новосибирск  
E-mail: [adil.shakenov@ngs.ru](mailto:adil.shakenov@ngs.ru)*

***Будеев Денис Евгеньевич***

*инженер-программист Института автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения Российской академии наук,  
РФ, г. Новосибирск  
E-mail: [d.e.budeev@gmail.com](mailto:d.e.budeev@gmail.com)*

**ALGORITHM OF FILTERING FOR DETECTION  
OF OBJECTS IN THE IMAGES REGISTERED BY MATRIX  
PHOTODETECTOR IN THE MICROSCANNING MODE**

***Shakenov Adilbek***

*candidate of Science, junior researcher  
of Institute of Automation and Electrometry SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

***Budeev Denis***

*engineer of Institute of Automation and Electrometry SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

**АННОТАЦИЯ**

Предложен алгоритм обнаружения объектов на изображениях, полученных в режиме микросканирования. Приведено описание алгоритма в предположении о постоянности формы объекта. Так же проведено исследование влияния на результат фильтрации изменения формы объекта, вызванного субпиксельным смещением объекта относительно центра фоточувствительного элемента. Опробован

подход к выбору формы фильтра с учетом изменения формы объекта. Приведены результаты численного моделирования.

#### ABSTRACT

The algorithm for detecting objects in images taken in mode microscanning is proposed. The description of the filtering algorithm for constant object's shape is presented. Influence of changes in the shape of the object caused by sub-pixel displacement of the object relative to the center of the photosensitive element on the filtering quality is studied. The approach to the choice of the form of the filter taking into account the changes in the shape of the object is probed. The results of numerical modeling are presented.

**Ключевые слова:** малоразмерный объект; алгоритм обнаружения; микросканирование; алгоритм фильтрации изображений.

**Keywords:** small objects; detection algorithm; microscanning; image filtering.

#### Введение

Для решения задачи детектирования малоразмерных объектов используются камеры, регистрация данных в которых происходит при помощи матричного фотоприемника. Фотоприемная матрица состоит из периодически расположенных фоточувствительных элементов, между которыми есть межэлементные промежутки размером 10—50 % от линейного размера элемента.

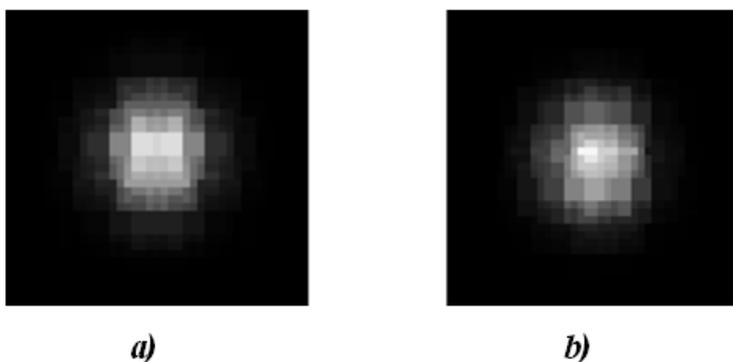
При попадании проекции малоразмерного объекта в межэлементный промежуток матрицы фотоприемника происходит уменьшение регистрируемой интенсивности объекта. Один из подходов к решению этой проблемы заключается в использовании систем наблюдения, которые регистрируют данные при помощи микросканирования [6, 10]. При микросканировании происходит поочередное смещение матрицы фотоприемника относительно исходного положения, и регистрация изображений проводится в нескольких позициях. Затем полученные кадры объединяются в одно изображение более высокого разрешения. Существуют различные алгоритмы получения изображения высокого разрешения по последовательности кадров, полученных при микросканировании. В работах [13, 14] развит подход к решению этой задачи на основе Винеровской фильтрации. В работах [3, 4] рассмотрены алгоритмы на основе оптимального линейного прогноза. Ряд быстрых итеративных и рекуррентных алгоритмов изложен в статьях [2, 12].

Малоразмерные объекты, представлявшие на исходных кадрах несколько пикселей, на изображении высокого разрешения имеют выраженную форму, которая зависит от параметров системы наблюдения — функции рассеяния точки, размера фоточувствительного элемента, а так же от траектории смещения матрицы в процессе микросканирования. На рисунке 1 приведены изображения объектов до микросканирования в зависимости от их начального положения относительно элементов матрицы.



*Рисунок 1. Объекты до микросканирования: а) Объект № 1 попал в промежутки; б) Объект № 2 попал на элемент ФПУ*

На рисунке 2 изображены объекты после объединения кадров, полученных в режиме кругового микросканирования.



*Рисунок 2. Объекты после микросканирования: а) Объект № 1; б) Объект № 2*

Как правило, исходное изображение, на котором необходимо обнаружить объект, состоит из коррелированной фоновой текстуры с дисперсией, сопоставимой с амплитудой объекта и случайного некоррелированного шума. На рисунке 3 приведен пример входного изображения содержащего 9 объектов. Изображение получено путем численного моделирования.



*Рисунок 3. Фрагмент исходного изображения с объектами*

Форму объекта можно считать известной, поскольку известны параметры регистрирующей системы и траектория сканирования матрицы. Возникает задача обнаружения объекта известной формы на фоне коррелированного шума. Известен метод линейной фильтрации [5], позволяющий получить оптимальное на множестве линейных фильтров решение данной задачи. Однако практическое применение этого алгоритма затруднено из-за высокой вычислительной сложности, возникающей при оценке ковариационной матрицы фона. По этой причине активно исследуются более быстрые алгоритмы оценки и подавления фоновой составляющей. В работе [1] представлен линейный фильтр, построенный в предположении о локальной линейности фона. В работах [7, 8] представлены различные подходы к задаче подавления фона на основе билатеральной фильтрации. Подавление фона на основе медианной

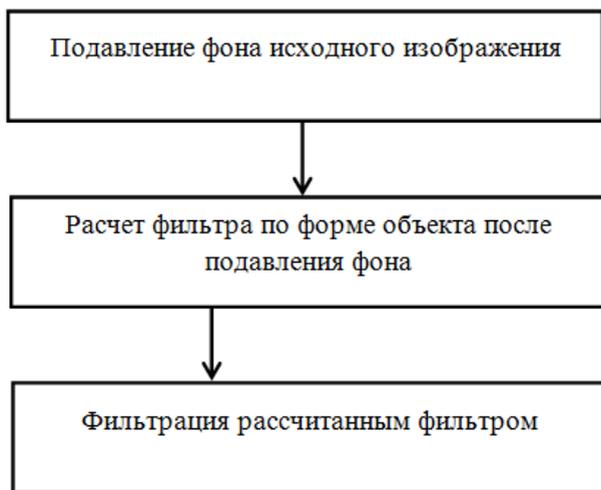
фильтрации предложено в работе [9]. В работе [11] содержится ряд модификаций этого подхода. При выборе подхода к разработке алгоритма подавления фона нужно учитывать характеристики текстуры и объекта.

#### **Постановка задачи**

Необходимо увеличить отношение полезного сигнала к величине среднеквадратичного отклонения шумов после обработки за счет построения фильтра, учитывающего форму объекта при наличии коррелированной фоновой текстуры и некоррелированного шума. При этом в силу вычислительных ограничений, сложность алгоритма не должна превышать нескольких операций на пиксел изображения.

#### **Алгоритм фильтрации**

В предположении, что форма объекта постоянна и не зависит от расположения относительно элементов матрицы, был предложен алгоритм обработки, представленный на рисунке 4.



**Рисунок 4. Схема алгоритма обработки для постоянной формы объекта**

#### **1. Подавление фона исходного изображения**

В данной работе был использован описанный в [1] алгоритм подавления фоновой текстуры, основанный на предположении, что фон в пределах апертуры фильтра можно считать плоским.

Процесс фильтрации представляет собой свертку исходного изображения с импульсной характеристикой фильтра:

$$Y_{i,j} = \sum_{r=-m}^m \sum_{l=-n}^n h_{l,r} X_{i+l,j+r} ,$$

где:  $X_{i,j}$  — входное изображение,

$Y_{i,j}$  — выходное изображение,

$h_{l,r}$  — весовые коэффициенты. Коэффициенты импульсной характеристики фильтра задаются следующим образом:

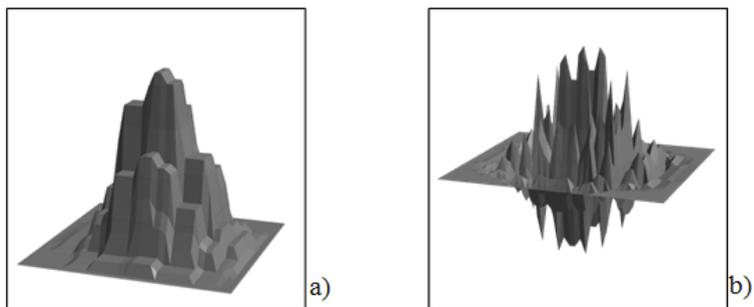
$$h_{l,r} = \begin{cases} h_{0,0} = 1 \\ h_{0,r} = -\frac{1}{2(m+n)}; r = -m, \dots, -1, 1, \dots, m \\ h_{l,0} = -\frac{1}{2(m+n)}; l = -n, \dots, -1, 1, \dots, n \\ h_{l,r} = 0; l \neq 0, r \neq 0 \end{cases} ,$$

где  $(2m + 1) \times (2n + 1)$  — размер окна фильтрации.

В работе был использован фильтр с окном размера  $5 \times 5$ , поскольку в результате численных экспериментов было установлено, что дальнейшее увеличение размера, практически не улучшает качество фильтрации.

## 2. Расчет фильтра с учетом подавления фона

Если с достаточной точностью выполняется предположение о линейности фона в границах апертуры фильтра, то после этапа подавления фоновой составляющей шум на выходе фильтра в значительной степени близок к белому, поэтому для задачи выделения полезного сигнала на фоне шумов используется фильтр, имеющий форму объекта. При этом объект предварительно проходит обработку фильтром, который подавляет фоновую текстуру. На рисунке 5 показан объект до и после обработки фильтром, подавляющим текстуру фона.

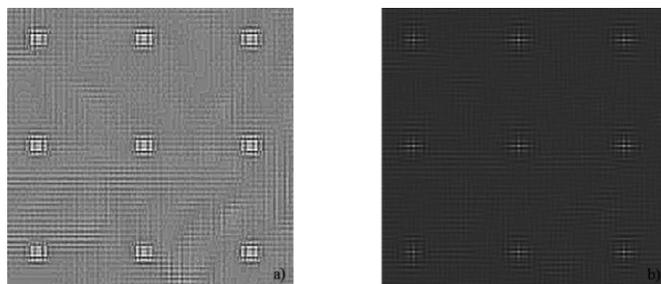


**Рисунок 5. Объект: a) до обработки, b) после обработки**

Обработанный объект выступает в роли фильтра для третьего заключительного шага предлагаемого алгоритма.

### 3. Фильтрация синтезированным фильтром

Заключительным этапом фильтрации является обработка синтезированным фильтром, полученным на предыдущем этапе. Процесс обработки представляет собой свертку исходного изображения, профильтрованного подавляющим фильтром, с фильтром, полученным на втором этапе. В качестве нормировочного множителя был использован квадратный корень из суммы квадратов элементов импульсной характеристики фильтра. На рисунке 6 представлено исходное изображение с подавленным фоном и изображение после фильтрации синтезированным фильтром.



**Рисунок 6. Фрагмент исходного изображения: a) до фильтрации, b) после фильтрации**

### Алгоритм выбора фильтра с учетом изменения формы объекта

Форма изображения объекта зарегистрированного камерой, а также его зарегистрированная амплитуда зависит от положения проекции центра объекта в плоскости фотоприемной матрицы относительно ячеек фотоприемника. Поэтому нужно найти фильтр, который в среднем дает лучшие результаты для всех форм объекта. Для решения этой задачи был опробован следующий подход. На изображение были нанесены 100 объектов, таким образом, чтобы покрыть все возможные (с точностью до 0,1 пиксела) положения объекта, относительно центра фотоприемного элемента. Объекты были разнесены по полю кадра с шагом, значительно превышающим размер изображения объекта. Затем это изображение описанным выше способом было профильтровано каждым фильтром из набора возможных форм объекта. Величина отклика  $A_j^i$  при фильтрации объекта с номером  $j$  фильтром с номером  $i$  записывалась в массив. Затем рассчитывалось среднее значение отклика для фильтра под номером  $i$ :

$$\bar{A}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_j^i$$

где:  $\bar{A}_i$  — среднее значение при фильтрации фильтром под номером  $i$ ;  
 $A_j^i$  — отклик  $j$ -го объекта на  $i$ -ый фильтр, ( $i = 1, 2, \dots, N$ );  
 $N$  — число фильтров.

В данной работе  $N = 100$ . Затем по полученному массиву определяется номер фильтра, который дал максимальный отклик:

$$k = \arg \max_i (\bar{A}_i),$$

где:  $k$  — номер фильтра;  
 $\bar{A}_i$  — среднее значение при фильтрации фильтром под номером  $i$ .

### Экспериментальные результаты

Исходные изображения, использованные в экспериментах, были получены при помощи численного моделирования. Они содержали объекты, коррелированную фоновую составляющую, имитирующую облачный покров, а также случайное шумовое поле.

Для исследования эффективности предложенного алгоритма был проведен следующий эксперимент. На исходное изображение, содержащее объекты и фоновую текстуру, аддитивно добавлялся случайный шум со среднеквадратичным отклонением в диапазоне от 0,5 до 2,0. Затем проводилась обработка предложенным алгоритмом.

Результаты приведены в таблице 1. В таблице использованы следующие обозначения:  $A_s$ — исходная амплитуда объектов;  $CKO_s$ — оцененное среднеквадратичное отклонение шумов до обработки (оценка получена по фрагменту изображения не содержащему объектов);  $A_r$ — среднее значение амплитуды объектов после обработки;  $CKO_r$ — оцененное среднеквадратичное отклонение шумов после обработки (оценка получена по фрагменту изображения не содержащему объектов).

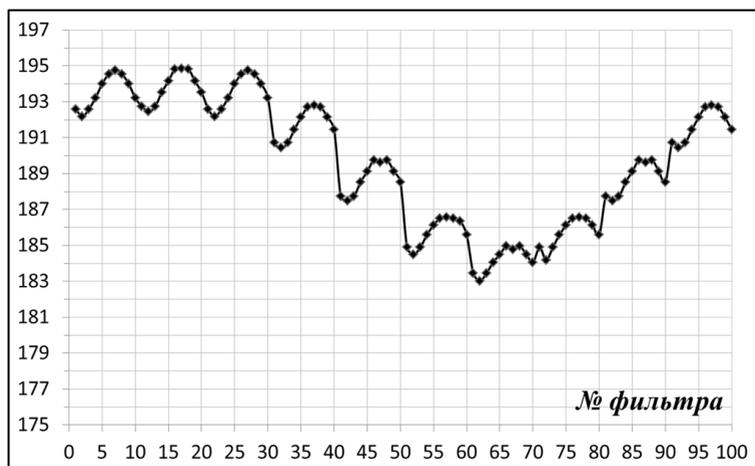
*Таблица 1.*

**Результаты фильтрации (СКО фона = 24,1)**

СКО (шума)	$A_s / CKO_s$ ( до обработки)	$A_r / CKO_r$ ( после обработки)
0,5	1.393	9.33
1,0	1.392	9.28
1,5	1.391	9.19
2,0	1.388	9.08

Как видно из таблицы, фильтрация с подавлением фона дает выигрыш относительно исходного отношения сигнал / шум до 7 раз.

Для иллюстрации выбора формы фильтра на рисунке 7 приведен график зависимости среднего значения отклика на объекты при фильтрации различными фильтрами. Обработка проводилась в отсутствии фона и случайного шума.



*Рисунок 7. Средний отклик для различных фильтров*

Из графика видно, что в зависимости от формы фильтра средняя величина отклика значительно меняется. Для получения наилучшего результата фильтрации целесообразно использовать фильтр, который дал в среднем максимальный отклик. В приведенном эксперименте это фильтр под номером 17.

В таблице 2 представлено отношение сигнал / шум для фильтрации с подавлением фона с учетом изменения формы объекта. Выбор наилучшего и наихудшего фильтра был осуществлен с помощью описанной выше процедуры по изображениям, содержащим объекты без фоновой составляющей и случайного шума. Затем проводилась фильтрация выбранными фильтрами изображений, содержащих объекты, фоновую составляющую и шум. В таблице использованы следующие обозначения:  $A_{max}$ — среднее значение амплитуды объектов после фильтрации наилучшим фильтром;  $CKO_{max}$ — оцененное среднеквадратичное отклонение шумов после фильтрации наилучшим фильтром;  $A_{min}$ — среднее значение амплитуды объектов после фильтрации наихудшим фильтром;  $CKO_{min}$ — оцененное среднеквадратичное отклонение шумов после фильтрации наихудшим фильтром. Оценка среднеквадратичного отклонения шумов проводилась по фрагменту изображения не содержащему объектов.

**Таблица 2.**

**Результаты фильтрации с учетом формы  
фильтра (СКО фона = 24,1)**

<b>СКО (шума)</b>	<b><math>A_{max}</math> / <math>CKO_{max}</math> ( max )</b>	<b><math>A_{min}</math> / <math>CKO_{min}</math> ( min )</b>
0,5	9,69	8,82
1,0	9,63	8,78
1,5	9,54	8,73
2,0	9,42	8,65

По результатам видно, что выигрыш при выборе формы фильтра составляет до 10 %.

**Заключение**

Полученные результаты показывают, что предложенный алгоритм, основанный на последовательном применении подавления локально плоского фона и фильтрации согласованной с формой объекта, позволяет значительно увеличить отношение полезного сигнала к уровню шума. В проведенных численных экспериментах

было достигнуто увеличение этой величины до 7 раз. Известная топология сканирующего устройства, позволяет провести предварительный расчет различных форм объекта с учетом его субпиксельного положения относительно элементов фотоприемной матрицы. Результаты моделирования показали необходимость учитывать субпиксельные изменения формы объекта. Для рассмотренных модельных данных улучшение за счет выбора наилучшей формы фильтра составило 10 процентов. Развитие работы может быть направленно на исследование применения методов нелинейной фильтрации к данной задаче, а так же синтезу оптимального фильтра по набору его возможных форм.

### Список литературы:

1. Артемьев В.М., Наумов А.О., Кохан Л.Л. Обнаружение точечных объектов на изображениях в условиях неопределенности // Информатика апрель-июль 2010 № 2.
2. Иванов В.А., Киричук В.С., Косых В.П., Куликов В.А., Черенкова К.Ю. Быстродействующие алгоритмы построения изображений с повышенной частотой дискретизации // Автометрия — 2009, — Т. 45, — № 5 — с. 9—13.
3. Иванов В.А., Киричук В.С., Косых В.П. Формирование изображения повышенного разрешения по серии взаимно смещенных изображений посредством оптимального линейного прогноза // Автометрия — 2009, — Т. 45, — № 2 — с. 3—13.
4. Косых В.П. Коррекция импульсного отклика системы видеорегистрации при накоплении серии взаимно смещенных изображений // Автометрия — 2009, — Т. 45, — № 5 — с. 3—8.
5. Прэйт У. Цифровая обработка изображения // М.: Мир, 1982 Кн. 2 — 480 с., с. 582—584.
6. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Некоторые пути совершенствования тепловизионных систем // Специальная техника — 2004 — № 2 — с. 11—19.
7. Bae T.-W., Lee S.-H., Sohng K.-I. “Small target detection using the Bilateral Filter based on Target Similarity Index” // IEICE Electronics Express 2010, — Vol. 7, — № 9, — p. 589—595.
8. Bae T.-W., Sohng K.-I. “Small Target Detection Using Bilateral Filter Based on Edge Component” // Infrared Milli Terahz Waves — 2010, — Vol. 31 — p. 735—743.
9. Barnett J. “Statistical Analysis of Median Subtraction Filtering with Application to Point Target Detection in Infrared Backgrounds” // Proc. SPIE, 1989, Vol. 1050 Infrared Systems and Components III — p. 10—18.
10. Cabanski W., Breiter R., Mauk K.-H. Miniaturized high performance starring thermal imaging system // SPIE Proc. — 2000, — Vol. 4028 — p. 208—219.

11. Deshpande S.D., Er M.H., Ronda V., Chan P. “Max-Mean and Max-Median filters for detection of small-targets” // Proc. SPIE, — 1999, — Vol. 3809, — p. 74—83.
12. Lopez-Martinez J.L., Kober V. “Fast image restoration algorithm based on camera microscanning” // Proc. of SPIE, 2009, Vol. 7443.
13. Yousef A., Li J., Karim M.A. “Mathematical model development of super-resolution image Wiener restoration” // SPIE Optical Engineering, 2012, Vol. 51(3).
14. Yousef A.M., Rahman Z., Karim M. “On the restoration of the microscanned images captured from unmanned airborne vehicles” // Proc. of SPIE, 2011, Vol. 8056.

### СЕКЦИЯ 3.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ МИНИМИЗАЦИИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

***Мельников Павел Анатольевич***

*канд. техн. наук, доцент,  
Тольяттинский государственный университет,  
РФ, г. Тольятти  
E-mail: [topavel@mail.ru](mailto:topavel@mail.ru)*

***Попов Андрей Николаевич***

*магистрант, Тольяттинский государственный университет,  
РФ, г. Тольятти  
E-mail: [pan-19111982@ya.ru](mailto:pan-19111982@ya.ru)*

***Мельникова Дарья Вячеславовна***

*аспирант Тольяттинского государственного университета,  
РФ, г. Тольятти  
E-mail: [dariagus@mail.ru](mailto:dariagus@mail.ru)*

### ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES TO MINIMIZE CUTTING FLUIDS DURING MACHINING

***Pavel Melnikov***

*candidate of the technical science, assistant professor of the chair  
“Environmental Engineering” of Togliatti State University,  
Russia, Togliatti*

***Andrey Popov***

*undergraduate of Togliatti State University, Russia, Togliatti*

***Daria Melnikova***

*post-graduate student of Togliatti State University, Russia, Togliatti*

*Проведение научно-исследовательской работы осуществляется при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6076.2013.8.*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены проблемы, возникающие от использования смазочно-охлаждающих жидкостей на машиностроительных предприятиях. Рассмотрены пути миграции СОЖ и ее воздействие на человека. Приведен анализ применения основных технических решений, направленных на снижение использования СОЖ.

## ABSTRACT

The problems arising from the use of cutting fluids building enterprises. The ways coolant migration and its impact on human rights. An analysis of the application of basic technical solutions aimed at reducing the use of coolant.

**Ключевые слова:** смазочно-охлаждающая жидкость; экология; воздействие на человека; безсожевая обработка.

**Keywords:** coolant; ecology; human exposure; treatment without coolant.

В условиях машиностроительного производства на человека и окружающую среду воздействует ряд негативных факторов. Среди них смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), обладающие высокой степенью токсичности и представляющие опасность, как для здоровья человека, так и для окружающей среды в целом [2, 4, 5, 6, 7]. Отработанные смазочно-охлаждающие жидкости являются опасными загрязнителями практически всех компонентов природной среды — поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова, атмосферного воздуха. Опасным свойством масел является их токсичность — свойство вещества при попадании в определённых количествах в организм человека, животного или растения вызывать их отравление или гибель [5].

Опасными компонентами маслосодержащих отходов являются углеводороды. Доказано, что все углеводороды обладают выраженным действием на сердечнососудистую систему и на показатели крови (снижение содержания гемоглобина и эритроцитов), возможно поражение печени, нарушение деятельности эндокринных желез, поражают центральную нервную систему, вызывают острые и хронические отравления, иногда со смертельным исходом.

Требование полного отсутствия вредных веществ в зоне дыхания работающих часто невыполнимо, поэтому особую важность приобретает гигиеническое нормирование, т. е. ограничение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до предельно допустимых концентраций — ПДК рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.686-98). Человек начинает чувствовать запах углеводородов, когда их концентрация в воздухе составляет  $0,3 \text{ мг/м}^3$ . Если концентрация углеводородов в воздухе достигает  $30000 \text{ мг/м}^3$  и более, может произойти взрыв от любого источника огня (окурки, короткое замыкание, искра и т. д.) [5]. На рисунке 1 обозначены основные пути поступления СОЖ и их компонентов в организм человека [5].



**Рисунок 1. Основные пути поступления вредных веществ СОЖ в организм рабочих и вызываемые профессиональные заболевания**

Для обеспечения снижения негативного воздействия воздействия СОЖ на человека и окружающую среду необходимо комплексно подойти к данной проблеме [2]. Ранее был проведен опыт внедрения технологии, исключающей применение СОЖ в процессе обработки. В работе [2] представлены альтернативные экологически безвредные СОЖ, однако в силу особенностей технологических процессов машиностроительных предприятий не всегда является возможным

полностью перейти на данные виды смазочно-охлаждающих жидкостей. Как правило, этому препятствуют две основные проблемы:

- применение предложенных альтернативные экологически безвредные СОЖ не всегда способны сохранить прежние условия протекания процесса механической обработки в отличии от синтетических;
- применение предложенных альтернативные экологически безвредные СОЖ в некоторых случаях ведет к увеличению себестоимость производства, на что производители не всегда готовы пойти.

Таким образом, необходимо комплексно рассматривать вопрос снижения негативного воздействия СОЖ на человека и окружающую среду, и схематично методологию решения данного вопроса можно выразить схематично (см. рисунок 2).

В целом, минимизировать применение СОЖ в процессе обработки можно добиться следующими решениями:

- полностью отказаться от использования СОЖ на технологических операциях машиностроительных предприятиях путем использования новых инструментальных материалов, применение высокоскоростного оборудования повышенной жесткости. В работах [1, 2, 3] представлены технические решения, способствующие обеспечить протекания технологических операций без применения СОЖ;
- если отказаться от СОЖ невозможно, необходимо рассмотреть вариант замены применяемых синтетических СОЖ на экологические чистые и безвредные [2];
- если предыдущие подходы невозможно реализовать, следует рассмотреть вариант снижения объемов использования СОЖ. Так, известны технические решения, позволяющие подавать СОЖ в зону обработку в виде дисперсной аэрозоли или на ряде операциях использовать остатки СОЖ на поверхности обрабатываемой детали от предыдущих операциях [8];
- немало важно для достижения поставленной цели обеспечить эффективность очистки сточных вод предприятий, используемых СОЖ на технологических операциях.



**Рисунок 2. Методологические основы снижения токсического воздействия СОЖ на человека и окружающую среду**

Представленные в методологии подходы (см. рисунок 2) расположены в иерархической последовательности, которую целесообразнее соблюдать при проектировании технологических процессов машиностроительных предприятий с целью снижения токсического воздействия СОЖ на человека и окружающую среду.

### Список литературы:

1. Бобровский Н.М., Барabanов С.И., Максименко Н.Н., Бобровский И.Н. Оценка качества методов обработки ППД без применения смазочно-охлаждающих жидкостей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2008. — № 6. — С. 37.
2. Бобровский Н.М., Бобровский И.Н., Ежелев А.В., Мельников П.А. Технология обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазывающе-охлаждающих технологических средств // Монография, ISBN 987-5-93424-598-7. Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. — 142 с.

3. Бобровский Н.М., Мельников П.А. Стойкость твердосплавного выглаживающего инструмента при работе без СОЖ//Автомобильная промышленность. — 2004. — № 8. — С. 33—35.
4. Васильев А.В., Хамидуллова Л.Р. Анализ негативного воздействия смазочно-охлаждающих жидкостей на человека и биосферу и методов его снижения // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 4. — С. 45—49.
5. Васильев А.В., Хамидуллова Л.Р. Воздействие смазывающих охлаждающих жидкостей в условиях предприятий машиностроения и методы его снижения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2006. — Т. 8. — № 4. — С. 1171—1176.
6. Мельников П.А., Бобровский Н.М., Попов А.Н., Гусарова Д.В. Особенности образования аэродисперсных систем при использовании СОТС на машиностроительных предприятиях // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 3. — С. 87—91.
7. Соболев А.А., Попов А.Н., Хайрулин Т.В., Тютюнник А.О. Особенности образования аэродисперсных систем в процессе формирования и обработки поверхностей деталей машин // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 3. — С. 75—81.
8. Способ обработки поверхностным пластическим деформированием поверхностей деталей машин: пат. 2348501 Рос. Федерация. № 2008102217/02; заявл. 21.01.08 ; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7. — 3 с.

**АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН  
ПРИ БАЗИРОВАНИИ ИХ НА ОПОРНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ  
И ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОТВЕРСТИЕ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО  
ИНСТРУМЕНТА**

*Михайлов Михаил Иванович*

*доцент, канд. техн. наук,  
зав. кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»,  
Гомельского государственного технического  
университета им. П.О. Сухого,  
Республика Беларусь, г. Гомель  
E-mail: [mihailov@gstu.by](mailto:mihailov@gstu.by)*

**THE ANALYSIS OF THE POSITIONING ACCURACY  
REPLACEABLE POLYHEDRAL PLATES BASED ON THEIR  
SUPPORT SURFACE AND THE CENTER HOLE PRECAST  
CUTTING TOOLS**

*Mikhailav Mikhail*

*Master of science, Candidate of science, Head of the chair  
metallcutting tools and instruments, assistant professor  
the P.O. Sukhoi Gomel State Technical University,  
Republic of Belarus, Gomel*

**АННОТАЦИЯ**

Приведена методика анализа точности позиционирования сменных многогранных пластин при базировании их на опорную поверхность и центральное отверстие сборного режущего инструмента.

**ABSTRACT**

The technique of the analysis of the positioning accuracy replaceable polyhedral plates at the basing them on the support surface and the central hole precast cutting tools

**Ключевые слова:** металлорежущий инструмент; сборный; позиционирование пластин; точность.

**Keywords:** metal-cutting tools; collecting; positioning plates; precision.

По характеру относительного расположения сменных многогранных пластин (СМП) в поле зазора можно выделить следующие основные случаи [2]: зазоры полностью выбираются в одном направлении, зазоры полностью выбираются так, что пластина соприкасается равновероятно в любой точке отверстия, зазоры, в пределах которых державка и СМП могут занимать любое относительное положение.

Принимаем, что положение СМП 1 и корпуса 2 (рисунок 1) определяется плоскостью, по которой они соприкасаются, и штифтом 3, входящим в отверстие. Оси отверстия и штифта не перпендикулярны плоскости соприкосновения СМП.

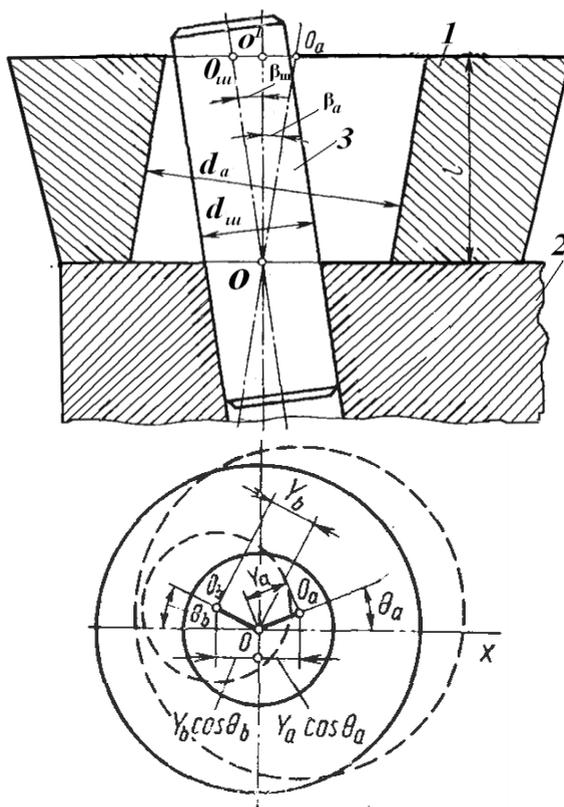


Рисунок 1. Схема к расчету погрешности позиционирования СМП

На рисунке  $OO_a$  — ось отверстия в СМП I;  $OO_{ш}$  — ось штифта;  $OO'$  — ось, перпендикулярная опорной поверхности;  $\beta_a$  — угол между осью  $OO'$  и осью отверстия;  $\beta_{ш}$  — угол между осью  $OO'$  и осью штифта

При выводе расчетных формул принимали, что все оси пересекаются в точке O.

Относительное смещение СМП и державки определяется наименьшими зазорами в сопряжении штифта с отверстием в верхней и нижней плоскостях СМП. В верхней плоскости зазор уменьшается за счет отклонения от перпендикулярности осей  $OO_a$  и  $OO_{ш}$  к базовой поверхности. Сечения штифта и отверстия в верхней плоскости представляют собой эллипсы. Отклонения осей отверстия и штифта в верхнем сечении обозначили через  $Y_a$  и  $Y_{ш}$ , направление перекосов осей в плане относительно заданного направления по оси  $x$  — через  $\theta_a$  и  $\theta_{ш}$ .

Тогда, используя методику расчета размерных цепей [1], получили:

$$M_z = \Delta N_{a,ш} + \Delta em_{a,ш} + \frac{1}{2}(\alpha_a T_a - \alpha_{ш} T_{ш}) - \\ - M(\cos\theta_a) \frac{l}{r_a} \left( em_{sa} + \alpha_{sa} \frac{T_{sa}}{2} \right) \left( em_{\phi a} + \alpha_{\phi a} \frac{T_{\phi a}}{2} \right) \\ - M(\cos\theta_{ш}) \frac{l}{r_{ш}} \left( em_{sш} + \alpha_{sш} \frac{T_{sш}}{2} \right) \left( em_{\phi ш} + \alpha_{\phi ш} \frac{T_{\phi ш}}{2} \right). \quad (1)$$

$$D_z = \frac{1}{4} \left[ D(X_a) + D(Y_{\phi a} \cos\theta_a) + D(X_{ш}) + D(Y_{\phi ш} \cos\theta_{ш}) + \right. \\ \left. + 2r_a \sigma_a \sigma_{\phi a} + 2r_{ш} \sigma_{ш} \sigma_{\phi ш} \right], \quad (2)$$

где:  $M_z$  — математическое ожидание величины зазора;

$\Delta N_{a,ш}, \Delta em_{a,ш}$  — разность номинальных значений и середин полей допусков диаметров отверстия в СМП и штифта;

$S_a$  и  $S_{ш}$  — задаваемые на чертежах отклонения от перпендикулярности осей в виде отношения  $S/l$ ;

$l$  — длина отверстия;

$\alpha$ ,  $T$  — коэффициенты относительной асимметрии и допуски соответствующих параметров;

$em_{\phi a}$ ,  $em_{sa}$  — соответственно средние значения отклонений от формы и перпендикулярности отверстия в СМП.

Тогда статистические параметры точности примут вид:

$$K_z^2 T_z^2 = K_{xa}^2 T_a^2 + K_{xш}^2 T_{ш}^2, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} K_{xa}^2 = & K_a^2 + \left(\frac{l}{r_a}\right)^2 \left(\frac{T_{sa}}{T_a}\right)^2 [0,5K_{sa}^2 + 3,6\left(\frac{em_{sa}}{T_{sa}} + \frac{\alpha_{sa}}{2}\right)^2] + \left(\frac{T_{\phi a}}{T_a}\right)^2 [0,5K_{\phi a}^2 + \\ & + 3,6\left(\frac{em_{\phi a}}{T_{\phi a}} + \frac{\alpha_{\phi a}}{2}\right)^2]; \\ K_{xш}^2 = & K_{ш}^2 + \left(\frac{l}{r_{ш}}\right)^2 \left(\frac{T_{sш}}{T_{ш}}\right)^2 [0,5K_{sш}^2 + 3,6\left(\frac{em_{sш}}{T_{sш}} + \frac{\alpha_{sш}}{2}\right)^2] + \\ & + \left(\frac{T_{\phi ш}}{T_{ш}}\right)^2 [0,5K_{\phi ш}^2 + 3,6\left(\frac{em_{\phi ш}}{T_{\phi ш}} + \frac{\alpha_{\phi ш}}{2}\right)^2], \quad (4) \end{aligned}$$

$K_{xa}$  и  $K_{xш}$  — приведенные коэффициенты относительного рассеивания случайной величины  $X$  соответственно для отверстия СМП и штифта;

$em_a$ ,  $T_a$ ,  $\alpha_a$ ,  $K_a$  — характеристики рассеивания случайной величины  $X_a$ ;

$Y_{\phi a}$  — случайная величина погрешностей формы отверстия СМП;

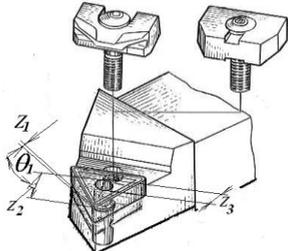
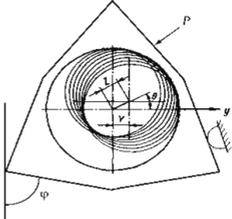
$X_{\phi a}$ ,  $em_{\phi a}$ ,  $T_{\phi a}$ ,  $\alpha_{\phi a}$ ,  $K_{\phi a}$  — характеристики рассеивания этой случайной величины.

Для штифта принимали такие же обозначения, но с индексом «ш».

Частные случаи приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Расчетные зависимости точности позиционирования СМП  
при базировании на штифт и опорную грань

Признаки схемы	Расчетные зависимости
1	2
<p>1. Зазоры полностью выбираются в одном направлении</p>	<p>Расчетная схема</p> 
<p>1.1 <math>\alpha_n \neq 0</math>, <math>\gamma_n \neq 0</math>, <math>\psi = 0</math></p>	$M_{\Sigma z} = \frac{1}{2} \sum_z  \xi_z  \cos \theta_z \left[ (em_a - em_{\text{ш}}) + \left( \alpha_a \frac{T_a}{2} - \alpha_{\text{ш}} \frac{T_{\text{ш}}}{2} \right) \right]$ $K_{\Sigma z}^2 T_{\Sigma z}^2 = \frac{1}{4} \sum_z \xi_z^2 \cos^2 \theta_z (K_a^2 T_a^2 + K_{\text{ш}}^2 T_{\text{ш}}^2)$
<p>1.2 Точки штифта соприкасаются равномерно с точками отверстия СМП.</p> <p><math>\alpha_n \neq 0</math>, <math>\gamma_n \neq 0</math>, <math>\psi = 0</math></p>	<p>Расчетная схема</p>  $em_z = \frac{1}{2} \left[ (d_a - d_{\text{ш}}) + (em_a - em_{\text{ш}}) + \frac{1}{2} (\alpha_a T_a + \alpha_{\text{ш}} T_{\text{ш}}) \right] - \frac{\alpha_z T_z}{2}$ $T_z = \frac{1}{2K_z} \sqrt{K_a^2 T_a^2 + K_{\text{ш}}^2 T_{\text{ш}}^2};$ $K_{xz}^2 = 0,5 \left[ K_z^2 + 36 \left( \frac{em_z}{T_z} + \frac{\alpha_z}{2} \right)^2 \right]$

<p>1.3 <math>\alpha_n \neq 0</math>,  <math>\gamma_n \neq 0</math>,  <math>\psi = 0</math></p>	<p>Зазор выбирается по направлению оси <math>x</math>, которая относительно исполнительного размера может занимать равновероятное положение по углу <math>\theta</math> от 0 до <math>2\pi</math>.</p> $D_u = D_x D(\cos\theta) + D_x [M(\cos\theta)]^2 + D(\cos\theta) \cdot M_x^2;$ $K_{\Sigma z}^2 T_{\Sigma z}^2 = \sum_z \xi_z^2 K_{xz}^2 T_{xz}^2, \quad M_{\Sigma z} = 0;$ $K_{xz}^2 = 0,5 \left[ K_z^2 + 36 \left( \frac{em_z}{T_z} + \frac{\alpha_z}{2} \right)^2 \right]$
<p>1.4 <math>\alpha_n \neq 0</math>,  <math>\gamma_n \neq 0</math>,  <math>\psi = 0</math></p>	$M_z = \frac{1}{2} \left\{ (em_{0a} - em_{0ш}) + \left[ \alpha_a \frac{T_a}{2} + M(\cos\theta) \left( em_{\phi a} + \alpha_{\phi a} \frac{T_{\phi a}}{2} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[ \alpha_{ш} \frac{T_{ш}}{2} + M(\cos\theta) \left( em_{\phi ш} + \alpha_{\phi ш} \frac{T_{\phi ш}}{2} \right) \right] \right\}$ $D_z = \frac{1}{4} [D(X_a) + D(Y_{\phi a} \cos\theta_a) + D(X_{ш}) + D(Y_{\phi ш} \cos\theta_{ш}) + \\ + 2r_a \sigma_a \sigma_{\phi a} + 2r_{ш} \sigma_{ш} \sigma_{\phi ш}];$ $K_z^2 T_z^2 = \frac{1}{4} [(K'_a)^2 T_a^2 + (K'_{ш})^2 T_{ш}^2];$ $(K'_a)^2 = K_a^2 + \left( \frac{T_{\phi a}}{T_a} \right)^2 \left[ 0,5 K_{\phi a}^2 + 3,6 \left( \frac{em_{\phi a}}{T_{\phi a}} + \frac{\alpha_{\phi a}}{2} \right)^2 \right] + 2r_a K_a K_{\phi a} \left( \frac{T_{\phi a}}{T_a} \right);$ $(K'_{ш})^2 = K_{ш}^2 + \left( \frac{T_{\phi ш}}{T_{ш}} \right)^2 \left[ 0,5 K_{\phi ш}^2 + 3,6 \left( \frac{em_{\phi ш}}{T_{\phi ш}} + \frac{\alpha_{\phi ш}}{2} \right)^2 \right] + \\ + 2r_{ш} K_{ш} K_{\phi ш} \left( \frac{T_{\phi ш}}{T_{ш}} \right)$

<p>1.5 <math>\gamma_n \neq 0</math>,  <math>\alpha_n \neq 0</math>,  <math>\psi = 0</math></p>	<p>СМП могут занимать любое относительное положение в пределах зазора между штифтом и отверстием.</p> $D_x = 2 \int_0^a x^2 \varphi_3(x) dx + M_x^2 + 2 \int_a^b x^2 \varphi_4(x) dx + M_x^2$ <p>при <math display="block">\varphi_1(z) = \frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(z - M_z)^2}{2\sigma_z^2} \right],</math> а <math>\varphi_2(y) = 1/b</math>.</p> $K_{xz} = 3 \frac{1}{b} \sqrt{\frac{a^3}{3} + \frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} \int_a^b x^2 \left( \int_a^b e^{-\frac{(z-M_z)^2}{2\sigma_z^2}} dz \right) dx}$
--	---

*Примечание:*  $M_z$  — математическое ожидание смещения осей элементов;  
 $\theta$  — угол между направлениями перемещения пластины и исполнительного технологического размера;  $\varphi_3(x)$  и  $\varphi_4(x)$  плотности условных вероятностей положения СМП в отверстии по оси  $x$ ;  
 $\xi_z$  — передаточный коэффициент размерной цепи;  
 $K_{\Sigma z}, T_{\Sigma z}$  — соответственно коэффициент относительного рассеивания и допуск замыкающего звена.

Приведенная методика позволяет автоматизировать расчеты точности позиционирования сменных многогранных пластин в корпусе сборного инструмента при различных системах их крепления.

### Список литературы:

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. СПб.: Питер, 2007. — 207 с.
2. Сборный твердосплавный инструмент/ Г.Л. Хаета [и др.]; под общ. ред. Г.Л. Хаета. М.: Машиностроение, 1989. — 256 с.

## СЕКЦИЯ 4.

### ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

#### НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТА

**Макац Виктор Геннадьевич**

*канд. техн. наук, начальник отдела неразрушающего контроля  
дорожного экспертно-технического центра  
Южной железной дороги,  
Украина, г. Харьков  
E-mail: [shtab177@inbox.ru](mailto:shtab177@inbox.ru)*

**Яковлев Сергей Сергеевич**

*помощник машиниста электровоза депо Харьков — «Октябрь»,  
Украина, г. Харьков  
E-mail: [yakovlev\\_ss84@mail.ru](mailto:yakovlev_ss84@mail.ru)*

#### SCIENTIFIC APPROACH TO THE PREDICTION OF DURABILITY OF TRANSPORT COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS

**Viktor Makats**

*PhD in Technical Sciences, Head of NDT Department of Road Expert  
Technical Centre of the Southern Railway,  
Ukraine, Kharkov*

**Sergey Yakovlev**

*locomotive Driver Assistant of “Oktjabr” Kharkov Depot,  
Ukraine, Kharkov*

#### АННОТАЦИЯ

Поднят вопрос объективной оценки технического состояния и прогнозирования периода эксплуатации сложных технических систем. Обоснована необходимость применения в существующих

алгоритмах определения технического состояния основного подхода — стохастического. Поставлена задача создать реально реализуемый алгоритм наилучшей оценки периода эксплуатации сложных технических систем транспорта.

#### **ABSTRACT**

The issue of an objective estimation of technical condition and predicting period of operation of complex technical systems has been raised. The necessity to apply in the existing algorithms of the technical condition determination of the main approach — stochastic has been justified. The task to create a feasible implementable algorithm for the best estimation of the period of operation of complex technical systems of transport has been set.

**Ключевые слова:** оценка технического состояния; прогнозирование; теория надёжности; логико-вероятностный метод; детерминистический подход; стохастический подход.

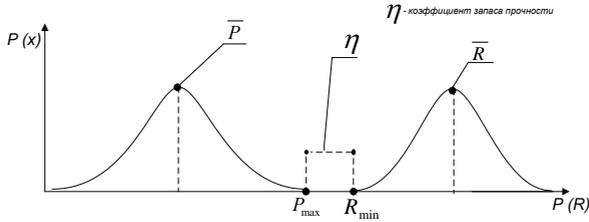
**Keywords:** estimation of technical condition; prediction; reliability theory; logical-probabilistic method; deterministic approach; stochastic approach.

Проблема объективной оценки технического состояния и на основе этого наилучшего прогнозирования периода дальнейшей эксплуатации сложных технических систем транспорта (далее СТСТ) проистекает из:

- Многочисленности данных систем — в парке РАО «РЖД» и отдельных собственников 20619 единиц локомотивов и до 500 тыс. единиц вагонов, аналогичное положение на дорогах остальных стран СНГ, при этом в силу экономических причин замена подвижного состава производится крайне медленно;

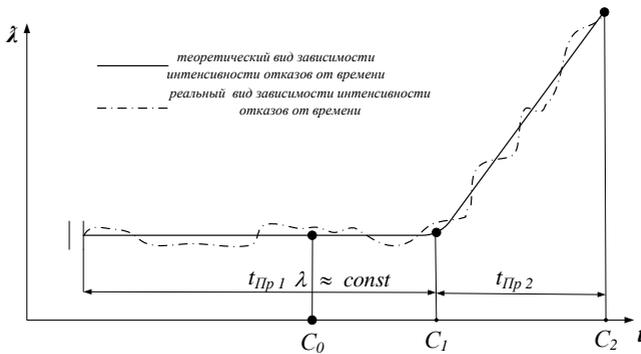
- До 80 % из них отслужили все предусмотренные нормативным документом [8] сроки; по современному стандарту ОАО РЖД [10] срок службы локомотивов (с учетом дополнительного) не должен превышать 45 лет, т. е. теоретически срок службы увеличивается в 1,5—3 раза, фактически же он достигает 50—55 лет

Достижимость значительного превышения фактических сроков эксплуатации над расчетными (проектными) проистекает из выполнения основного принципа проектного расчёта: максимальная нагрузка — минимальная прочность [7], что представлено в наглядном виде на рис. 1.



**Рисунок 1. Проектное изображение диаграммы «нагрузка-прочность»:  $P$  — нагрузка,  $R$  — прочность**

Основным недостатком существующих алгоритмов определения технического состояния, нормативно оформленного [10], [9] является его базирование только на одном из подходов теории надежности — детерминистическом, при этом второй основной подход — стохастический практически не реализуется, что приводит к практическому отсутствию прогнозной компоненты, хотя вопрос о том, насколько возможно продление срока эксплуатации носит не только технический, но и плано-экономический характер по оценке необходимости замены подвижного состава в некоторый период, который графически представлен на рис. 2 достижением точки  $C_2$  по достижению которой, через период  $t_{Пп2}$  в силу  $\lambda \rightarrow \lambda_{\max}$  где  $\lambda$  — интенсивность отказов экономическая целесообразность эксплуатации падает ниже некоторого приемлемого уровня, т. е. до наступления предела экономически целесообразного применения по критерию оптимальной долговечности.

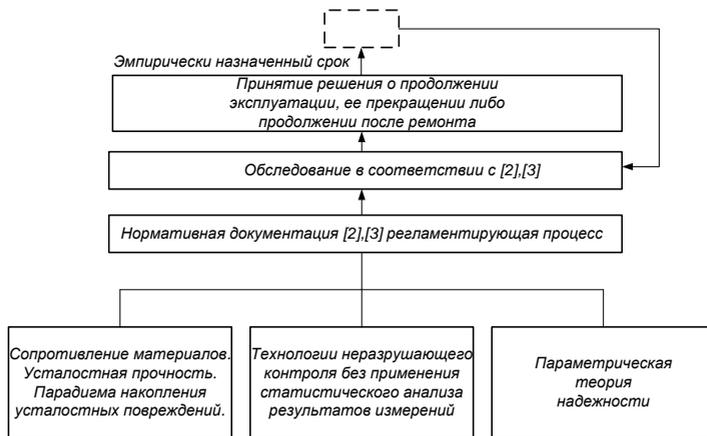


**Рисунок 2. Вид  $U$  — образной кривой на стадии длительной эксплуатации**

Практически реализуемая программа определения технического состояния имеет определенные практические недостатки при ее реализации:

- Она базируется на расчете напряженно-деформированного состояния (НДС) базовых частей локомотива и механических испытаниях металла, которые в многоцикловой области ( $5 \cdot 10^6$  циклов и более ) носят вероятностный характер ввиду технической сложности их проведения;
- Использование таких методов НК как ультразвуковой, капиллярный, магнитный достаточно осложнено в связи с необходимостью тщательной подготовки поверхности контроля;
- Оценка результатов контроля производится без применения методов математической статистики, и не опирается на основополагающий метод неопределенности результатов измерений [2], [1] то есть достижения теории измерений в полной мере не применяются [11].

Схематически это представлено на рисунке 3.



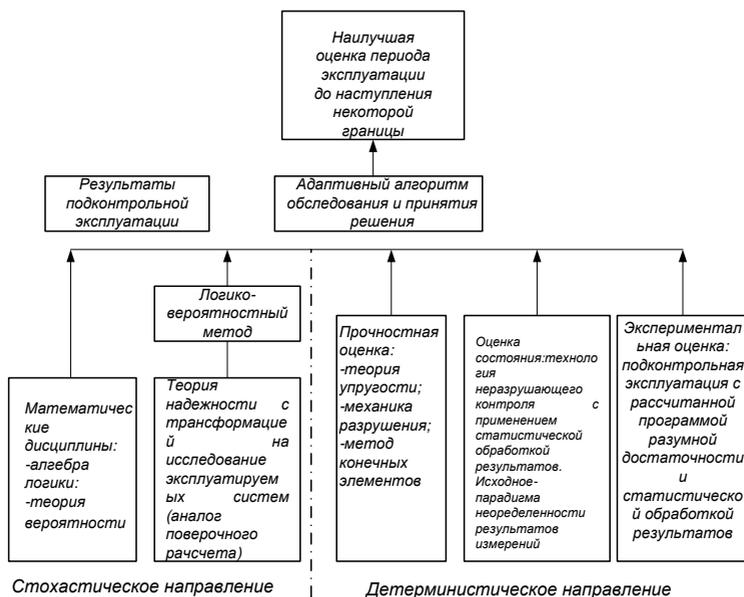
**Рисунок 3. Схема реализуемого алгоритма**

Сейчас нами разрабатывается в пределах прикладных исследований / applied research / основанный на междисциплинарном подходе современных научных достижений адаптивный алгоритм прогнозирования развития СТСТ, который основывается на:

- Классической теории надежности [6] [13] [14];
- Использовании логико-вероятностных методов [12], [5];

- Использовании в качестве экспериментальной основы подконтрольной эксплуатации [3] , проводимой по специально разработанной методике, исходя из плана  $[N, M, (r, T_{\Sigma})]$ , т. е. такого, когда производится анализ за некоторый период по  $n$  объектам в режиме нормальной эксплуатации с учетом рекомендаций [4].

Результатом этих исследований должна стать реальная методика определения наилучшего значения периода дальнейшей эксплуатации СТСТ, пригодная (при ее доработке) служить исходной для принятия плано-экономических решений. Схематически она представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4. Схема разрабатываемого алгоритма**

Рассматриваемая проблема многогранна и имеет не только инженерное, но и психологическое значение в силу традиционализма работников транспортной сферы, так называемого «здорового консерватизма», который в некоторых случаях является сдерживающим фактором для внедрения инновационных технологий и преодоления которого у лиц, принимающих решение (далее — ЛПР) осложнено и определенного недоверия к статистическим методам исследования в практических областях;

Ввиду актуальности проблемы считаем целесообразным рассматривать и развивать как актуальное направление науки о надёжности /в широком смысле оценки технического состояния по признаку «работоспособное-неработоспособное», понимая под ним не параметрический, а функциональный отказ/ и наилучшую вероятностную оценку периода дальнейшей эксплуатации на участке  $C_0$ - $C_2$  U-образной кривой.

Нами учитывается необходимость одновременного развития двух подходов к оценке и прогнозирования развития технического состояния СТСТ: как детерминистического, так и стохастического.

Новация детерминистического подхода видится во внедрении в практику научных выводов механики разрушения, предполагающего оценку скорости развития трещин в основном металле и сварных соединениях несущих металлоконструкций СТСТ в зависимости от свойств металла, формализуемых коэффициентом  $K_{1C}$  и параметров нагружения в многоцикловой области, а также достоверной оценки результатов неразрушающего контроля, исходя из парадигмы неопределённости результатов измерений. имеет целью определение возможность эксплуатации отдельных элементов.

Новация применения стохастического подхода заключается в наилучшей (наиболее достоверной) оценке периода эксплуатации до достижения экономически обоснованного предела.

Задачей исследования поставлена, исходя из имеющейся научно-экспериментальной и нормативной базы, создать реально реализуемый алгоритм достоверной наилучшей оценки периода эксплуатации СТСТ, длительный период находившихся в эксплуатации.

**Вывод:** разрабатываемый алгоритм определения технического состояния СТСТ и прогнозирования его развития основан на современных научных достижениях и может служить основой для перспективного планирования в системе железнодорожного транспорта. Вторым его преимуществом является возможность его распространения на другие транспортные системы длительного периода эксплуатации: грузоподъемные, конвейерные и иные.

### **Список литературы:**

1. Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений/ Пер. с англ. под науч.
2. ГОСТ 50.1.060-2006 — Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений.

3. ГОСТ 27.410 Методы контроля показателей и планы контрольных испытаний на надежность.
4. ГОСТ Р 51901.16-2005 (МЭК 61164:1995) Менеджмент риска. Повышение надежности. Статистические критерии и методы оценки.
5. Можаяев А.С. Теоретические основы, опыт применения и направления развития общего логико-вероятностного метода и программного комплекса «арбитр» моделирования надежности, живучести, безопасности и риска систем Труды ОАО «СПИК СЗМА», СПб., 2010 год
6. Надёжность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986.
7. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 1. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977. — 623 стр. с ил.
8. Приказ МПС СССР от 24 января 1991 г. № ЦТЛ-32.
9. Распоряжение ОАО "РЖД" от 22.01.2008 № 103р «Об утверждении стандарта ОАО "РЖД" "Вагоны грузовые и рефрижераторные магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Порядок продления назначенного срока службы».
10. РЖД СТО РЖД 1.09.003-2007 с дополнениями и изменениями, объявленными распоряжением от 26 июля 2012 г. № 1474 р.
11. Романов В.Н. Теория измерений. Основы теории точности средств измерений. СПб СЗТУ 2006 г. — 154 с.
12. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007 г., — 278 с.
13. Труханов В.М. Надёжность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытаний, опытных образцов. М Машиностроение, 2003. — 320 с., ил.
14. Черкесов Г.Н. Ч-48 Оценка надежности систем с учетом ЗИП: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 480 с.: ил.

# АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Никитенко Дмитрий Олегович*

*соискатель кафедры «Авиационная техника», Санкт-Петербургский  
государственный университет гражданской авиации,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [dimonpilot@mail.ru](mailto:dimonpilot@mail.ru)*

## APPROBATION OF GENERAL AVIATION DEVELOPMENT PREDICTION METHOD

*Nikitenko Dmitry*

*competitor of Department "Aeronautical Technique",  
Saint-Petersburg State University of Civil Aviation,  
Russia, Saint-Petersburg*

### АННОТАЦИЯ

Авиация общего назначения в России непрерывно набирает популярность. Планирование развития авиации общего назначения России требует наличие прогноза ее развития, построение которого без соответствующей методики затруднительно. Рассматриваются основные особенности и результаты применения разработанной методики для прогнозирования развития численного состава парка воздушных судов авиации общего назначения Бразилии.

### ABSTRACT

General aviation in Russia gains popularity continuously. Development planning of Russian general aviation requires a forecast of its development. The creation of this forecast is difficult without the proper methods. The main details and results of the developed technique concerning its application to brazilian general aviation aircraft fleet development are considered.

**Ключевые слова:** планирование; прогноз; предиктор; экономико-географический показатель; экспертные оценки; корреляционный анализ; искусственная нейронная сеть.

**Keywords:** planning; forecasting; predictor; economic and geographical indicator; expert estimates; correlation analysis; artificial neural network.

Авиация общего назначения (АОН) в современной России активно развивается. Ее значение для страны огромно. При планировании развития АОН России важное значение играет прогноз ее развития, т. к. планирование затруднительно без наличия прогноза. В первом приближении индикаторов развития АОН является развитие численного состава ее парка воздушных судов (ВС). Для прогнозирования необходима специализированная методика. Идеи по воплощению такой методики приведены в [1, с. 4—18; 2, с. 6—11]. Их смысл заключается в использовании предикторов (прогностических параметров), выбранных из числа экономико-географических показателей России, для прогнозирования развития численного состава ее парка ВС.

Решению задачи разработки методики прогнозирования развития численного состава парка ВС АОН России посвящена диссертация «Прогнозирование развития авиации общего назначения в Российской Федерации». Для прогнозирования предлагается использовать комбинацию из трех различных методов: экспертных оценок [9; 6, с. 95—101], корреляционного анализа [7; 4, с. 9—12] и искусственных нейронных сетей [5, с. 88—94; 3, с. 44—48].

Потенциально судить о правильности выбора методов можно по результатам их применения для прогнозирования развития численного состава ВС АОН других стран. По совокупности признаков, наиболее близкой к России является Бразилия [1, с. 4—18].

Из групп ЭГП Бразилии, приведенных в [10], посредством корреляционного анализа выбрано два предиктора, оказывающие решающее воздействие на развитие парка ВС АОН Бразилии. К ним относятся: количество зарегистрированных домашних компаний, скорректированный чистый национальный доход. В качестве зависимой переменной выступает количество зарегистрированных ВС АОН Бразилии, статистические данные о его изменении приведены в [11].

Объем статистических данных для построения прогноза развития численного состава парка ВС АОН Бразилии составил 18 измерений, с 1996-го по 2013 год. При этом, чтобы оценить точность прогнозирования, прогноз строился на уже прошедший период, с 2009-го по 2013 год, т. к. значения численного состава парка ВС АОН Бразилии за данный период известны.

Значения средних и относительных ошибок аппроксимации обученной нейронной сети приведены в табл. 1:

**Таблица 1.****Ошибки аппроксимации обученной нейронной сети**

<b>Ошибки аппроксимации обученной нейронной сети</b>			
<b>Год</b>	<b>Численный состав парка ВС АОН Бразилии, штук (фактическое значение)</b>	<b>Численный состав парка ВС АОН Бразилии, штук (расчетное значение)</b>	<b>Относительная ошибка аппроксимации, %</b>
1996	10315,00	9206,00	10,75 %
1997	10611,00	10251,00	3,39 %
1998	10927,00	10932,00	0,05 %
1999	14217,00	13422,00	5,59 %
2000	14553,00	14345,00	1,43 %
2001	14937,00	15247,00	2,08 %
2002	15265,00	15450,00	1,21 %
2003	15536,00	15878,00	2,20 %
2004	15881,00	16076,00	1,23 %
2005	16270,00	15798,00	2,90 %
2006	15125,00	16323,00	7,92 %
2007	15673,00	15580,00	0,59 %
2008	16576,00	17147,00	3,44 %
Средняя ошибка аппроксимации	—	—	3,29 %

Величина средней ошибки аппроксимации обученной сети, равная 3,29 %, попадает как в допуск 5—8 %, приведенный в [7], так и в допуск 10—12 %, приведенный в [8], что свидетельствует о достаточно высокой точности аппроксимации выбранной нейронной сети.

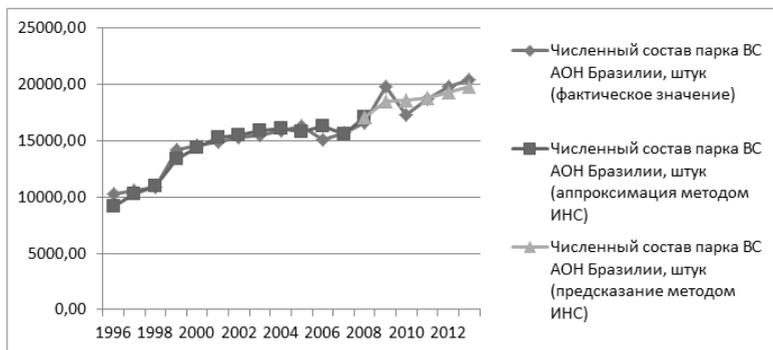
Значения средних и относительных ошибок аппроксимации прогнозных данных, полученных при тестировании сети приведены в табл. 2:

**Таблица 2.****Значения ошибок аппроксимации прогнозных данных нейронной сети при ее тестировании**

<b>Ошибки аппроксимации прогнозных данных при тестировании нейронной сети</b>			
<b>Год</b>	<b>Численный состав парка ВС АОН Бразилии, штук (фактическое значение)</b>	<b>Численный состав парка ВС АОН Бразилии, штук (прогнозное значение)</b>	<b>Относительная ошибка аппроксимации, %</b>
2009	19765,00	18479,00	6,51 %
2010	17335,00	18593,00	7,26 %
2011	18710,00	18838,00	0,68 %
2012	19769,00	19322,00	2,26 %
2013	20429,00	19803,00	3,06 %
Средняя ошибка аппроксимации	—	—	3,95 %

Величина средней ошибки аппроксимации прогнозных данных при тестировании сети, равная 3,95 %, попадает как в допуск 5—8 %, приведенный в [7], так и в допуск 10—12 %, приведенный в [8], что свидетельствует о достаточно высокой точности предсказания обученной нейронной сети. Шаг прогноза составляет 1 год, значение на конец года.

Для удобства анализа фактические (табл. 1, 2), аппроксимированные (табл. 1) и предсказанные (табл. 2) нейронной сетью значения численного состава парка ВС АОН Бразилии нанесены на график, представленный на рис. 1:



**Рисунок 1. график фактических, аппроксимированных и предсказанных нейронной сетью значений численного состава парка ВС АОН Бразилии**

Как видно из рис. 1, профили кривых фактических и расчетных значений в общем совпадают, однако в некоторых точках пиковых значений фактической кривой изгиб расчетной кривой недостаточно велик. Тем не менее, все тенденции фактической кривой отражены расчетной кривой правильно.

Результаты прогнозирования развития численного состава парка ВС АОН Бразилии с использованием предложенной комбинации методов показали высокую эффективность данной методики прогнозирования, об этом можно судить по приемлемым величинам ошибок построенного прогноза (табл. 1, 2). Поэтому методика может быть использована для среднесрочного прогнозирования развития численного состава парка ВС АОН России.

### Список литературы:

1. Арасланов С.А. Нетуманные перспективы // *Авиация общего назначения*. — 2010. — № 7. — С. 4—18.
2. Арасланов С.А., Щербак Ю. Перспективы и реальность // *Авиация общего назначения*. — 2012. — № 8. — С. 6—11.
3. Никитенко Д.О. АОН в нейронных сетях // *Авиация общего назначения*. — 2012. — № 5. — С. 44—48.
4. Никитенко Д.О. Методика краткосрочного прогнозирования изменения парков различных видов воздушных судов авиации общего назначения России // *Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока*. — 2013. — № 2. — С. 9—12.

5. Никитенко Д.О. Методика построения прогноза развития авиации общего назначения в Российской Федерации с использованием искусственных нейронных сетей // Системы. Методы. Технологии. — 2013. — № 4 (20). — С. 88—94.
6. Никитенко Д.О. Методика прогнозирования изменения состава парка воздушных судов авиации общего назначения России // Современные наукоемкие технологии. — 2014. — № 1. — С. 95—101.
7. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / ООО «Новое знание». Минск, 2000. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.bibliotekar.ru/deyatelnost-predpriyatiya-2/index.htm> (дата обращения: 29.06.2014).
8. Средняя ошибка аппроксимации [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ekonometred.ru/bilety-k-ekzamenu-ekonometrika/56-srednyaya-oshibka-approksimacii.html> (дата обращения: 29.06.2014).
9. Экономико-математические методы // Кафедра “Информационные системы”. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://emm.ostu.ru/lect/lect7.html> (дата обращения: 29.06.2014).
10. The World Bank [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://data.worldbank.org/indicator> (дата обращения: 29.06.2014).
11. 2013 Statistical Databook & 2014 Industry Outlook [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gama.aero/files/GAMA%202013%20Databook-Updated-LowRes.pdf> (дата обращения: 29.06.2014).

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Халипова Наталья Владимировна*

*канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедры транспортных систем и технологий  
Академия таможенной службы Украины,  
Украина, г. Днепропетровск  
E-mail: [khalipov@rambler.ru](mailto:khalipov@rambler.ru)*

## EVALUATION OF THE INTERNATIONAL LOGISTICS SYSTEMS' EFFECTIVENESS

*Khalipova Natalia*

*associate Professor, PhD. tehn. Sciences, Associate Professor of Transport  
Systems and Technologies Ukrainian Academy of Customs,  
Ukraine, Dnepropetrovsk*

### АННОТАЦИЯ

Целью статьи является формирование методологического подхода к определению показателей эффективности логистических систем на основе теории функций множеств и множественных объектов, подходов векторной оптимизации и дискретного принципа максимума для многоэтапных процессов (в методе фаз).

Модель логистической системы представлена множественным объектом, который характеризуется гибридной суперпозицией. Для определения эффективной схемы доставки грузов применен дискретный принцип максимума с использованием векторного критерия оптимизации.

### ABSTRACT

The purpose of this paper is the formation of a methodological approach to the definition of logistics systems' performance indicators, based on the theory of functions and sets of multiple objects, vector optimization approaches and discrete maximum principle for multistage processes (phase method).

A logistic system is shown as multiple object. which is characterized by a hybrid superposition. To determine the effective delivery of goods scheme applied discrete maximum principle using vector optimization criterion.

**Ключевые слова:** эффективность логистических систем; множественные объекты; векторная оптимизация; дискретный принцип максимума.

**Keywords:** efficiency of logistics systems; multiple objects; vector optimization; discrete maximum principle.

На протяжении последнего десятилетия к цепи поставок приковано постоянно возрастающее внимание специалистов в связи с осознанием ценности, которая может быть получена при интегрированном и стратегическом подходе к ее формированию. Отсюда — стремление к улучшению работы всей цепи поставок, а не усовершенствованию отдельно выполняемых ею логистических функций [3], необходимость формирования интегрированной системы показателей функционирования, которая теоретически позволяет направить усилия для достижения всех целей цепи поставок. В работе [3] проанализированы основные причины внедрения измерителей функционирования в организации, предложены методологические подходы для выявления подходящих систем измерения и их реализации для организационных структур.

Работа [4] посвящена проблеме выбора лучших альтернатив в процессе проектирования транспортно-технологической схемы доставки грузов на основе формирования множества альтернативных систем их доставки. Для проектирования оптимальной транспортно-технологической системы доставки грузов авторами предложена методика формирования альтернативных комбинаций разных видов транспорта для каждого заказа.

В работе [6] предложена модель макрологистической системы, представленная на множестве задач и сформулированная как задача векторной оптимизации. Выбор оптимального варианта осуществляется на основе минимизации времени реализации логистического процесса на всей цепи поставки, минимизации общих затрат и в максимальном удлинении жизненного цикла логистических услуг.

Каждая из практически решаемых задач требует использования различных методов оптимизации. Идея оптимизации заключается в получении наилучших результатов при условии существования определенных ограничений в системе и связана со стремлением к усовершенствованию деятельности людей в технической, технологической или же экономической сферах. Важной и сложной проблемой является выбор наиболее подходящего метода для решения конкретной задачи среди множества существующих методов оптимизации. Учитывая сложность систем, которые подлежат исследованию и анализу, часто

возникает необходимость использования нескольких методов одновременно [8].

Методы оптимизации могут быть применены в разных областях человеческой деятельности, которая может иметь как дискретную структуру, так и непрерывную. Многоэтапный, или фазовый, процесс в общем случае может быть описан разностными уравнениями. Во многих случаях непрерывный процесс может рассматриваться как такой, что осуществляется поэтапно. И тогда задача оптимизации сводится к определению значений управляющих переменных на каждом этапе, которые бы максимизировали функцию цели для многоэтапного процесса. В работе [5] предложено рассмотрение детерминированных процессов. Многоэтапный процесс рассматривается как совокупность определенного количества этапов, тип которых и способы соединения полностью определяют его природу. Каждый этап может представлять собой реальный или же абстрактный объект, в котором происходят определенные изменения. Переменные, которые трансформируются на каждом этапе называют переменными состояния. Желаемые изменения переменных состояния достигают с помощью управляющих переменных, которые принимают постоянными на каждом этапе процесса. Изменения же на каждом из этапов полностью определяются системой уравнений преобразований.

Этапы, которые образуют процесс, можно разделить на: соединительные (с одним входом и одним выходом); разделительные (с одним входом и несколькими выходами); смесительные (с несколькими входами и одним выходом) и сложные (с несколькими входами и выходами). Простой многоэтапный процесс состоит только из соединительных этапов. Сложный процесс предусматривает наличие других видов этапов в процессе. При этом процесс может содержать более чем один начальный и конечный этап.

В задачах оптимизации многоэтапных управляемых процессов функция цели, которая подлежит максимизации или минимизации, может быть представлена как функция переменных состояния на выходе последнего этапа. Задача может быть сформулирована следующим образом: для процесса с известными уравнениями преобразования и заданными начальными и (или) конечными значениями некоторых переменных состояния найти на каждом этапе такие значения управляющих переменных, которые удовлетворяют заданным ограничениям, при которых функция цели достигает максимума (минимума).

Задачи продвижения материальных потоков в логистике можно рассматривать как многоэтапный (фазовый) процесс. Вместе с этим,

они относятся к разным функциональным областям и требуют комплексного рассмотрения на основе многих критериев для рационального и (или) оптимального использования ресурсов во всей логистической системе. Это обуславливает необходимость использования векторного критерия при оптимизации.

Целью исследования является формирование теоретических подходов к определению показателей эффективности логистических систем на основе теории функций множеств и множественных объектов, подходов векторной оптимизации и применения дискретного принципа максимума для многоэтапных процессов (в методе фаз) [1, 2, 7] и обоснования наиболее эффективных схем доставки грузов (товаров).

Представим логистическую систему доставки грузов в виде нескольких последовательных этапов (фаз). На каждом этапе рассматривается множество дискретных наборов мероприятий, которое включает возможные технологические циклы операций при обработке груза. На каждом из этапов многофазного процесса доставки груза от поставщика к потребителю эти множества разные и образуют множество наборов (списков) технологических операций  $W = [W_1, W_2, \dots, W_N]$ , доступных к альтернативному или совместному выбору на каждом из  $N$  этапов. Каждый из этапов содержит набор технологических операций  $W_i = \{\omega_{j(i)}^{k(j)}\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , где  $N$  — количество этапов, которые определяются индексом  $i$ . Индексом  $j(i)$  обозначены возможные наборы операций на этапе  $i$ . Каждая из операций выбранного технологического цикла обозначается индексом  $k(j)$ . Технологические операции подлежат выбору на основе алгоритмов  $\Xi_i = \{\theta_i\}$ ,  $i = \overline{1, N}$  на каждом из этапов  $i$ . Логистическая система  $\Gamma$  состоит из множества цепей поставок, которые формируются на основе списков  $\gamma_{ijk} = [[W_1, \Xi_1], [W_2, \Xi_2], \dots, [W_N, \Xi_N]]$  и представляют собой возможные варианты доставки грузов. Чтобы избрать наиболее эффективный вариант сформулируем векторный критерий, где каждой из цепей  $\gamma$  из  $\Gamma$  соответствует время доставки  $T(x_1^N)$ , стоимость доставки  $C(x_2^N)$ , которые должны быть по возможности меньшими, и продолжительность жизненного цикла логистической

услуги  $t_{жц} (x_3^N)$ , которую нужно максимально продлить. Запишем критерий в виде

$$\begin{pmatrix} x_1^N(\gamma) \\ x_2^N(\gamma) \\ -x_3^N(\gamma) \end{pmatrix} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\gamma \in \Gamma$ .

Особенностью задачи в данной постановке есть то, что показатели являются функциями множественных объектов, представленных списками, множествами, мультимножествами, кортежами. На каждом из этапов продвижения материальных потоков состав множественных объектов может варьироваться и зависит от выбранного комплекса операций в процессе складирования, транспортировки, таможенного оформления и др. Набор технологических операций на каждом из этапов может зависеть от принятого на предыдущем шаге решения и приводить к изменениям логистической цепи на дальнейших этапах, что влияет на оценку эффективности доставки в целом.

Для обеспечения требований (1) модель логистической системы представим как множественный объект  $\Gamma$ , который характеризуется гибридной суперпозицией (структурой), включающей множества, мультимножества, упорядоченные множества (списки) и неоднородные множества (последовательности, кортежи) [1].

Под множеством понимают свободный набор разных однотипных элементов, которые входят в множество в произвольном порядке. Изменяя свойства набора и элементов множественной структуры, получим другие объекты. Если в множестве снять ограничения по разным элементам, то получим мультимножество. Несвободный однотипный набор разных элементов по некоторым отношениям образует упорядоченное множество (список), в случае повторяемости элементов в наборе имеем мультисписок. Если набор разнотипный, то, соответственно, он образует неоднородную упорядоченную или неупорядоченную последовательность, кортеж или мультикортеж. Рассмотренные объекты задаются на единой множественной структуре  $\Gamma$  с помощью отношений: тождественности, порядка, неоднородности и др. Формально эта структура может быть представлена

$$\Gamma = \{N, \Sigma, \Lambda\}, \quad (2)$$

где:  $N = \Omega \cup F$  — носитель структуры, на компоненте  $\Omega$  которого строятся множественные объекты и  $F = (\{\}, [\ ], \langle \rangle, ( ), [[ ]]$  — алфавит специальных символов;

$\Sigma$  — сигнатура отношений  $\varphi_i, i = \overline{1, 4}$  и операции суперпозиции  $\Psi$ ;

$\Lambda$  — конструктивная аксиоматика, которая задает определение, свойства, правила конструирования объектов и др. [1, 7].

Для распознавания объектов и отражения отношений на них используем обозначение:  $\{ \}$  — множество,  $[ \ ]$  — упорядоченное множество,  $[[ \ ]]$  — неоднородное множество,  $\langle \rangle$  — мультимножество.

Подробное описание систем с помощью конечных множеств и отношений выполнены в работе [2], а структур — в статье [1].

В силу дискретности множества этапов  $\Gamma$  задача векторной оптимизации (1) имеет решение.

Введем топологическое пространство  $\langle \Gamma, \mathfrak{R}(\Gamma), \mu(\cdot) \rangle$ . На  $\mathfrak{R}(\Gamma)$  введем функцию множества. В случае, когда эти множества содержат одну точку, они будут представлять собой функции  $x_1^N(\gamma)$ ,  $x_2^N(\gamma)$  и  $x_3^N(\gamma)$ .

Математически вариацию технологических операций при формировании логистической цепи на каждом из этапов движения выражаем операцией симметричной разности двух множеств, которая включает в себя «игольчатую вариацию» по Макшейну [9]. Тогда для определения оптимального значения показателей логистической системы рассматривается задача оптимизации функции множеств [2].

Для введенного топологического пространства с мерой используем производную от функции множеств по мере

$$\left. \frac{dF(A)}{d\mu} \right|_{\{B_n\} \rightarrow B \neq} = \frac{F(A \Delta B) - F(A)}{\mu(A \Delta B) - \mu(A)}$$

Задачу векторной оптимизации можно сформулировать таким образом. Считаем, что цепь « $\gamma_1$  лучше за  $\gamma_2$ » по показателям, представленным векторным критерием (1), под которым понимаем отношение Парето, если

$$\left. \begin{aligned} T(\gamma_1) &\leq T(\gamma_2) \\ B(\gamma_1) &\leq B(\gamma_2) \\ (-T_{жц}(\gamma_1)) &\leq (-T_{жц}(\gamma_2)) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решением задачи (1) есть некоторое множество несравнимых между собой по Парето цепей  $\Gamma_* \subseteq \Gamma$ .

Два множества  $\gamma_1$  и  $\gamma_2 \in \mathfrak{R}(\Omega_{ЛС})$  являются несравнимыми, если среди неравенств (3) имеет место хотя бы одно строгое противоположное неравенство.

Согласно (1) определяют правило отбора (критерий) «лучших» множеств. Это правило известно как отношение Парето [2].

Для множеств технологических операций  $W_I$  обозначим большим индексом  $I$  (римскими цифрами) номер соответствующего технологического этапа. Выбор элементов логистической системы  $W_i$  при ее формировании обозначаем строчным индексом  $i$  (арабскими цифрами).

При формировании цепи поставок возможны следующие вариации множества:

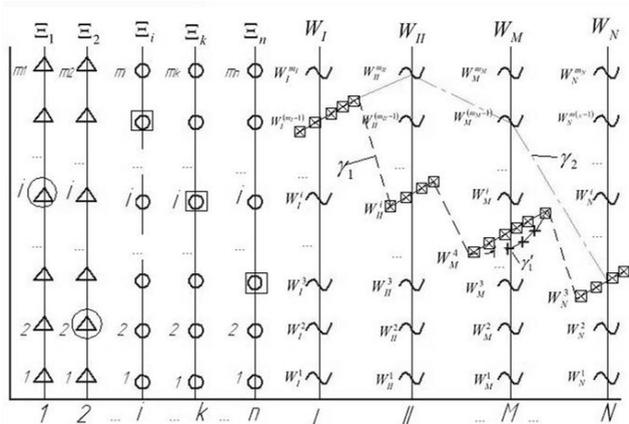
1. вариации на определенных этапах в наборах технологических операций. Целью такой модификации в системе является повышение эффективности или же оптимизация технологического цикла. Такие изменения не оказывают влияния на эффективность осуществления следующих этапов в выбранной цепи доставки товаров и грузов.

2. вариации, которые происходят при принятии того или иного решения на определенном этапе, которые влияют на все дальнейшие этапы и должны учитываться для оценки эффективности как каждого из последующих этапов, так и всей цепи в целом. Примером такой вариации есть, например, выбор вида транспорта для доставки или логистического посредника и др.

Многоэтапный процесс может формироваться как на основе соединительных этапов в виде простой цепи, так и с использованием этапов другого типа, образуя сложную систему. Возможно также рассмотрение обратной связи (например, для учета потоков товаров, которые возвращаются производителю).

Формирование цепей поставок показано на рис. 1, где сопоставление каждому  $\omega \in \Omega$  множества  $W_{nj}$  представляет собой многозначное отображение. Сначала показано формирование всех элементов данной системы на основе принятия решений  $\Xi_i$ : выбор вида груза для перевозки, тары, выбор маршрута перевозки, потребителей, поставщиков и посредников, определение пунктов пропуска пересечения границы между государствами и пр. Далее изображены этапы (фазы)  $W_I$ , которые проходит груз, перемещаясь от поставщика до потребителя, с отображением циклов технологических операций на каждом из этапов, избранных на основе принятия решения  $\Xi_I$ .

Кругами обведены выбранные в соответствии с алгоритмом  $\Xi_i$  элементы многоэтапной системы доставки грузов (товаров) без дополнительного выбора технологических операций. Квадратами обведены элементы системы, выбор которых по алгоритму  $\Xi_i$  влечет выполнение соответствующих технологических операций на выбранных объектах, представленных списками  $W_i = \{\omega_{j(i)}^{k(j)}\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ .



**Рисунок 1. Геометрическое представление многозначного отображения  $\omega \rightarrow W(\omega)$**

На рис. 1 линия  $\gamma_1$ , которая соединяет объекты, показывает один из вариантов формирования цепи поставок в логистической системе  $\Gamma$  в результате принятия решений  $\Xi'_i$ . Возможная вариация множества при выполнении определенного технологического цикла обозначена линией  $\gamma'_1$ . Линия  $\gamma_2$  показывает другой вариант цепи доставки, которая формируется в результате принятия решений  $\Xi''_i$ .

Уравнение преобразования при перемещении грузов по фазам [5]

$$x^n = T^n(x^{n-1}, \theta^n), \quad n = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где  $x^n = (x_1^n, \dots, x_s^n)$  характеризует состояние на каждом из этапов, а  $\theta^n = (\theta_1^n, \dots, \theta_t^n)$  — соответственно, допустимые управления.

Допустимые управления

$$\theta^n \in \Xi, \quad n = \overline{1, N} \quad (5)$$

Начальное состояние  $x^0 = x^t$ .

Необходимо найти такие  $\theta^n$ ,  $n = \overline{1, N}$ , которые удовлетворяют (5), чтобы

$$J = \Phi(x^N) \rightarrow \max \quad (6)$$

Введем функцию Гамильтона

$$H^n = \sum_{i=1}^s z_i^n T_i^n(x^{n-1}, \theta^n), \quad n = \overline{1, N} \quad (7)$$

и сопряженную систему

$$z_i^{n-1} = \frac{\partial H^n}{\partial x_i^{n-1}}, \quad i = \overline{1, s}; \quad n = \overline{1, N} \quad (8)-(9)$$

с граничными условиями

$$z_i^N = \frac{\partial \Phi(x^N)}{\partial x_i^N}, \quad i = \overline{1, s} \quad (10)$$

Возможная вариация функции Гамильтона

$$\delta H(\bar{\theta}) = \sum_{i=1}^t \frac{\partial H(\bar{\theta})}{\partial \theta_i} \delta \theta_i, \quad (11)$$

где  $\bar{\theta}$  и  $\bar{\theta} + \delta \theta$  принадлежит к области допустимых управлений.

Теорема 1. Оптимальное управление  $\{\bar{\theta}^m\}$  существует для любого начального состояния  $x^0$  и удовлетворяет условию

$$\delta H^n(\bar{z}^n, \bar{x}^{n-1}, \bar{\theta}^n) \leq 0, \quad n = \overline{1, N}, \quad (12)$$

где  $\bar{z}^n$  решение (8)-(9) с граничными условиями (10).

При этом если  $\bar{\theta}^n$  внутренняя точка  $\Xi$ , то  $\delta H^n = 0$ , если граничная точка, то  $\delta H^n < 0$ .

Введем множество

$$R_1(x) = \{x' : x' = T(x, \theta); \theta \in \Xi\},$$

Т. е.  $R_1(x)$  — множество состояний, в которые можно перевести точку  $x$  допустимыми управлениями.

Теорема 2. (принцип максимума для дискретных процессов).

Если множество  $R_1(x)$  выпуклое при любых  $x$ , тогда с необходимостью оптимальное управление придает функции Гамильтона максимальное значение по  $\theta^m \in \Xi$ .

Если функция цели имеет вид

$$J = \sum_{n=1}^N G(x^{n-1}, \theta^n),$$

то выпуклость множества

$$\tilde{R}_1(x) = \left\{ \begin{array}{l} x' = T(x, \theta); \\ x'_0 \leq G(x, \theta); \end{array} \theta \in \Xi \right\}$$

обеспечивает справедливость принципа максимума и для таких задач.

Если  $x^n = A^{n-1}x^{n-1} + B^n\theta^n$ ,  $n = \overline{1, N}$ , а функция цели

$$J = \Phi(x^n) + \sum_{n=1}^N G(x^{n-1}, \theta^n),$$

где  $\Phi(x)$  и  $G(x, \theta)$  выпуклые вверх по своим переменным и  $\Xi$  — выпуклое, то имеет место теорема 3.

Теорема 3. Для того, чтобы управление  $\theta^n$ ,  $n = \overline{1, N}$  было оптимальным, необходимо и достаточно, чтобы функция Гамильтона принимала максимальное значение на этом управлении.

Пример применения метода фаз.

Пусть доставка грузов осуществляется его прохождением через  $N$  фаз. В каждой фазе имеем набор  $W^n$  мероприятий  $\omega_i^n$ . Множество  $W^n$  дискретное и конечное. Каждое мероприятие  $\omega_i^n$  характеризуется затратами времени  $t(\omega_i^n)$  и средств  $c(\omega_i^n)$ . Положим  $x_1^n$  — затраты времени на  $n$  первых фазах, а  $x_2^n$  — затраты средств, тогда уравнения преобразования будут следующими

$$\begin{aligned} x_1^n &= x_1^{n-1} + t(\omega_i^n); \\ x_2^n &= x_2^{n-1} + c(\omega_i^n) \end{aligned}$$

с начальными условиями  $x_1^0 = x_2^0 = 0$ .

Насколько рационально принимаем решение в каждой фазе будем оценивать  $x_1^N$  и  $x_2^N$  суммарными затратами времени и средств, соответственно.

Желательно, чтобы  $x_1^N$  и  $x_2^N$  были по возможности меньшими. Другими словами, приходим к задаче векторной оптимизации

$$\begin{pmatrix} x_1^N \\ x_2^N \end{pmatrix} \rightarrow \min.$$

Введем показатель

$$J = x_1^N + \alpha x_2^N, \geq 0.$$

Функция Гамильтона будет следующей

$$H^n = \sum_{i=1}^{s-1} z_1^n (x_1^{n-1} + t(\omega_i^n)) + z_2^n (x_2^{n-1} + c(\omega_i^n)).$$

Сопряженные переменные  $z_1^N$  и  $z_2^N$  определяются отношением

$$z_1^{n-1} = \frac{\partial H^n}{\partial x_1^{n-1}} = z_1^n; \quad z_2^{n-1} = \frac{\partial H^n}{\partial x_2^{n-1}} = z_2^n,$$

при этом

$$z_1^N = \frac{\partial J}{\partial x_1^N} = 1; \quad z_2^N = \frac{\partial J}{\partial x_2^N} = \alpha,$$

тогда  $z_1^n = 1$ ,  $z_2^n = \alpha$ ,  $n = \overline{1, N}$ .

Функция Гамильтона в этом случае принимает вид

$$H^n = x_1^{n-1} + \alpha x_2^{n-1} + (t(\omega_i^n) + \alpha c(\omega_i^n)).$$

минимальное значение которой по решениям, которые принимаются, определяются следующим образом

$$t(\bar{\omega}_i^n) + \alpha c(\bar{\omega}_i^n) = \min_{\omega_i^n \in W^n} (t(\omega_i^n) + \alpha c(\omega_i^n)).$$

Очевидно, что  $\bar{\omega}_i^n$  будет существенно зависеть от  $\alpha$ , а в силу уравнений преобразований получаем  $x_1^N(\alpha)$ ,  $x_2^N(\alpha)$ , при  $\alpha \geq 0$ . Исключая  $\alpha$ , получаем  $x_2^N = f(x_1^N)$  и тем самым получаем решение задачи векторной оптимизации.

Рассмотрим пример функционирования системы доставки грузов фирмами  $F_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Пусть у фирм  $F_i$  есть склады  $Ci_j$ ,  $j = 1, \dots, m_i$ , на которых хранятся товары  $Ti_j$ ,  $j = 1, \dots, j_i$ . Товары доставляются потребителю в контейнерах  $Ki_k$ ,  $k = 1, \dots, k_i$  транспортными средствами (автомобилями, поездами, воздушными и водными судами). Процесс доставки товаров проходит несколько этапов.

Рассмотрим простой процесс, который состоит из четырех этапов:

- 1) выбор контейнеров и их загрузка товарами на складах,
- 2) выбор вида транспорта и отгрузка контейнеров со складов,
- 3) второй выбор вида транспорта и прохождение таможенного контроля,
- 4) третий выбор вида транспорта и перегрузка на выбранный транспорт для доставки товаров на склад потребителя или прямая доставка товаров на склад потребителя.

Каждый из этапов процесса доставки товаров связан с технологическими операциями обработки грузов, алгоритмами выбора и принятия решений. Анализ составных частей процесса показывает, что в этом процессе используются множества разных типов: списки (склады и операции), мультимножества (контейнеры, операции, транспорт), поэтому логистические модели функционирования системы доставки товаров фирмами  $F_i$  целесообразно представлять с помощью специализированной и интерпретированной множественной структуры (2).

Компонента  $G$  носителя (логистической) структуры (2) составленная из множеств: складов  $Ci$ , товаров  $Ti$ , контейнеров  $Ki$ , транспортных средств  $TP_i$ , используемых фирмами, операций  $W_i$  обработки грузов на определенных этапах технологического процесса,

алгоритмов  $\Xi_Y^X$  ( $X$  — входное множество,  $Y$  — множество решений) выбора, принятия решений и перехода на следующий технологический этап.

Поскольку фирмы могут иметь разные технологические процессы доставки товаров, то соответствующие им интерпретированные множественные объекты будут также разными. Пусть для фирмы  $F_1$  множественный объект —  $O_{F_1}^8$  отражает технологию обработки товаров и грузов при международных доставках, и его структура задается формой:

$$C(O_{F_1}^8) = \langle \langle [T1_j] \rangle, [ [ [ \mathcal{E}_{Y_1}^K [ \mathcal{E}_{Y_2}^T [ \mathcal{E}_{Y_3}^T [ \mathcal{E}_{Y_4}^T ] \bullet [W_4] ] \bullet [W_3] ] \bullet [W_2] ] \bullet [W_1] ] ]_{K1}, [ [ ] ]_{K1_2}, \dots, [ [ ] ]_{K1_{k1}} \rangle, \langle C1_2 \rangle, \dots, \langle C1_{m1} \rangle \rangle, \quad (13)$$

в которой обозначение  $[\cdot]_1$  определяет список складов,  $\langle \cdot \rangle_2$  — мультимножество их содержаний: неоднородные множества товаров  $\square\square_3$  и списки контейнеров  $[\cdot]_4$ . При этом контейнер  $\square\square_{K1_j}$  подвергается выбору (вид контейнера или транспортного средства), по определенным спискам алгоритмов  $([\cdot]_5, [\cdot]_7, [\cdot]_9, [\cdot]_{11})$  и упорядоченной операционной обработке на каждом технологическом этапе  $([\cdot]_6, [\cdot]_8, [\cdot]_{10}, [\cdot]_{12})$ . Связь списков алгоритмов  $\Xi_Y^X$  и соответствующих операций  $W$ , представлена через операцию последовательного выполнения  $[\mathcal{E}_Y^T] \bullet [W]$ .

Содержанием объекта  $D(O_{F_1}^8)$  являются товары, алгоритмы выбора и принятие решений, а также операции на четырех этапах технологических процессов.

Рассмотрим численный пример доставки груза от поставщика А к потребителю В. Принимаем число фаз  $N=4$ . Количество операций в каждой фазе определяется вектором  $M = (4 \ 5 \ 7 \ 3)$ . Затраты времени (количество суток) для выполнения каждого из технологических циклов заданы с помощью матрицы  $T$ . Затраты средств (тыс. у. д. е.) на выполнение соответствующих операций заданы в матрице  $C$  :

$$C = \begin{pmatrix} 10 & 25 & 15 & 13 & 0 & 0 & 0 \\ 40 & 55 & 36 & 29 & 44 & 0 & 0 \\ 26 & 38 & 19 & 28 & 35 & 47 & 30 \\ 20 & 24 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 8 & 7 & 5 & 0 & 0 \\ 25 & 15 & 3 & 2 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 3 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Реализация метода фаз осуществлена в среде Maple-7.

Полученные селекторы  $\gamma_i$  доставки груза от А до В, а также значения параметра  $\alpha$ , затраты средств на доставку  $C_i$  и время доставки  $T_i$  для каждого из селекторов приведены в табл. 1.

*Таблица 1.*

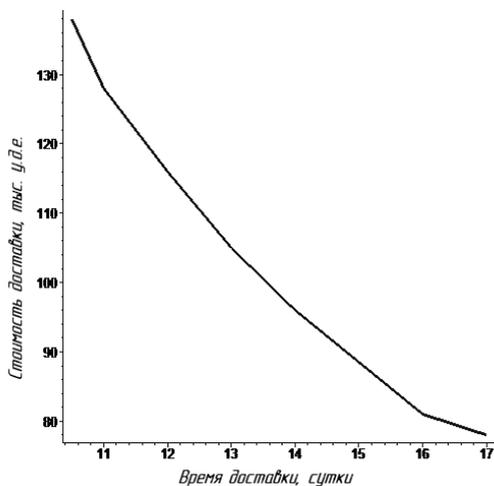
**Варианты доставки груза от поставщика А к потребителю В**

Селектор	Набор технологических операций по фазам				Значения параметра $\alpha$	Затраты средств на доставку $C_i$ , тыс. у.д.е.	Время доставки $T_i$ , сут.
	I	II	III	IV			
$\gamma_1$	$W_{1,1}$	$W_{2,4}$	$W_{3,3}$	$W_{4,1}$	0,01	78	17
$\gamma_2$	$W_{1,4}$	$W_{2,4}$	$W_{3,3}$	$W_{4,1}$	3,01	81	16
$\gamma_3$	$W_{1,4}$	$W_{2,5}$	$W_{3,3}$	$W_{4,1}$	7,51	96	14
$\gamma_4$	$W_{1,4}$	$W_{2,5}$	$W_{3,4}$	$W_{4,1}$	9,01	105	13
$\gamma_5$	$W_{1,4}$	$W_{2,2}$	$W_{3,4}$	$W_{4,1}$	11,01	116	12
$\gamma_6$	$W_{1,2}$	$W_{2,2}$	$W_{3,4}$	$W_{4,1}$	12,01	128	11
$\gamma_7$	$W_{1,2}$	$W_{2,2}$	$W_{3,2}$	$W_{4,1}$	20,01	138	10,5

В результате решения задачи векторной оптимизации имеем функционал (рис. 2), который отображает зависимость между временем выполнения операций и их стоимостью и является решением задачи векторной оптимизации. При выборе варианта из области эффективных решений видим, что увеличение времени доставки дает экономию средств, в то время как экономия времени ведет к росту затрат на доставку груза.

Выводы.

В статье логистическая система доставки грузов представлена в виде многоэтапного (фазового) процесса. На каждом этапе рассматривается множество дискретных наборов мероприятий, которое включает возможные технологические циклы операций при обработке груза. На каждом из этапов многофазного процесса доставки груза от поставщика к потребителю эти множества разные.



**Рисунок 2. Результат решения задачи векторной оптимизации**

В статье предложен теоретический подход на основе теории функций множеств и множественных объектов, подходов векторной оптимизации и дискретного принципа максимума для многоэтапных процессов (в методе фаз) к определению показателей эффективности логистических систем и обоснованию наиболее эффективных схем доставки грузов (товаров).

Модель логистической системы представлена множественным объектом  $\Gamma$ , который характеризуется гибридной суперпозицией

(структурой), составленной из множеств, мультимножеств, упорядоченных множеств (списков) и неоднородных множеств (последовательностей, кортежей), которые представляют на каждом из этапов наборы технологических операций обработки грузов, алгоритмы выбора и принятия решений.

Для определения эффективной схемы доставки грузов с целью рационального и (или) оптимального использования ресурсов во всей логистической системе применен дискретный принцип максимума с использованием векторного критерия при оптимизации.

Приведен пример применения метода фаз с использованием дискретного принципа максимума для анализа четырехэтапного процесса доставки грузов в международной логистической системе. Решена задача векторной оптимизации по критерию минимальной стоимости и времени доставки

### **Список литературы:**

1. Босов А.А. Структурная сложность систем / А.А. Босов, В.М. Ильман // Вестник ДНУЗТ. — 2012. — Вип. 40. — С. 173—179.
2. Босов А.А. Функции множеств и их применение: Монография. Днепродзержинск: Издательский дом «Андрей», 2007. — 182 с.
3. Линда Натхолл Системы измерения эффективности цепи поставок // Управление целями поставок: Справочник издательства Gover [Под ред. Дж. Гатторны (ред. Г. Огулин, М. Рейнольдс)]: Пер с 5-го англ. изд. 2008. М.: ИНФРА-М. XXXIV. — С. 316—339.
4. Наумов В.С. Методика формирования альтернативных транспортно-технологичних систем доставки грузов / В.С. Наумов, Н.С. Ветер // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Математика и кибернетика — фундаментальные и прикладные аспекты. — 2011. — № 5/4 (53). — С. 16—19.
5. Фан Лянь-Цзэнь, Дискретный принцип максимума. Оптимизация многоступенчатых процессов / Фан Лянь-Цзэнь, Ван Чу-Сен. перевод с англ., [Под ред. А.И. Пропопя]. М.: Мир, 1967. — 181 с.
6. Халипова Н.В. Моделирование логистических систем международных перевозок // Вестник Восточно-Украинского Национального университета имени Владимира Даля. — 2013. — № 5 (194). — Ч. 2. — С. 73—80.
7. Atkin R.H. Mathematical structure in human affairs / London: Heinemann. 1974. — 212 p.
8. Lee E.S. Optimum Design and Operation of Chemical Processes // Ind. Eng. Chem. — 1961. — Vol. 55, — № 8. — P. 37.
9. McShaine E.J. On multipliers for Lagrang problems // Amer. J. Math. — 1939. — Vol. 61. — P. 809—819.

## СЕКЦИЯ 5.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА КУРОРТНОЙ ГОСТИНИЦЫ

*Крамаренко Марина Александровна*

*аспирант кафедры архитектуры зданий и сооружений  
Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры,  
Украина, г. Одесса  
E-mail: [mango4ka.87@gmail.com](mailto:mango4ka.87@gmail.com)*

#### FUNCTIONAL PLANNING ORGANISATION OF RESORT HOTEL'S SITE

*Kramarenko Marina*

*post-graduate student of architecture of buildings and structures  
in Odessa State Academy of Building and Architecture,  
Ukraine, Odessa*

#### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена функционально-планировочной организации участка курортной гостиницы. Выявлена зависимость пропорций участка от их расположения относительно города, характеристика функциональных зон и проездов на участке курортной гостиницы. Сделан вывод о влиянии функционального зонирования и развитого открытого пространства на оптимизацию работы курортной гостиницы.

#### ABSTRACT

The article spotlights functional planning organization of resort hotel's site. Site proportions' dependence of their location in the city, the characteristic of functional areas and driveways on resort hotels' site are found. It is concluded about influence of functional zoning and developed opened space on resort hotels' work optimization.

**Ключевые слова:** курортная гостиница; генеральный план; функциональное зонирование.

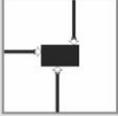
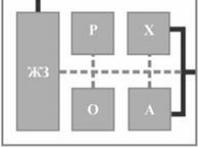
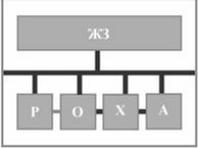
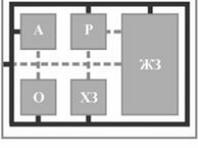
**Keywords:** resort hotel; site plan; functional zoning.

Современная курортная гостиница выделяется из своей типологической группы улучшенной комфортностью и длительным пребыванием постояльцев на открытом воздухе, что делает организацию ее территории важным для исследования и анализа аспектом. Выявлено, что при проектировании генерального плана курортной гостиницы следует придавать значение легкости ориентации на территории отдыхающих, преследуя цель ясного представления посетителями назначения всех зон и сооружений. Это достигается четкой функциональной организацией территории. Одним из важных современных требований к проектированию генеральных планов курортных гостиниц является разделение потоков постояльцев, посетителей общественной зоны и обслуживающего персонала [8, с. 137]. При расположении зданий и сооружений следует предусматривать систему достаточно широких проходов, а также проездов, если они предусмотрены (не менее 3 м) для свободной циркуляции отдыхающих и противопожарной безопасности.

Разрабатывая генеральный план необходимо определить: — главный и второстепенные входы; — временные, гостевые и служебные автостоянки; — жилую зону; — открытую рекреационную зону для тихого отдыха; — зону оздоровления, лечения, развлечения и хозяйственную зону.

Важна в планировочном отношении также организация транспортной и пешеходной сети непосредственно на территории курортной гостиницы. Достаточно распространенная практика тупикового подъезда к функциональным зонам: жилой, хозяйственной и автостоянке, а на территории доступны лишь пешеходные дорожки. (Рис. 1) Такая организация характерна для компактных курортных гостиниц с небольшой площадью участка, при этом необходимо предусмотреть возможность маневрирования транспорта.

Для курортных гостиниц с большой территорией и вместимости наилучшим образом подходит организация сквозных проездов с доступом к каждой необходимой зоне. Эффективная, как свидетельствует опыт, кольцевая автодорога вокруг территории с сетью пешеходных дорожек внутри. Последнее решение делает доступным для подъезда любую необходимую зону, но не нарушает внутреннюю целостность территории. Условия, когда въезжающий и покидающий территорию транспорт не пересекаются, наиболее оптимальные.

Принципиальная схема	Функциональные схемы с организацией движения	Примеры решения
<b>с тупиковым подъездом</b>		
		 <p data-bbox="695 464 938 491">Курортная гостиница Андре Киело Отель и Спа, Аргентина.</p>
<b>со сквозным проездом</b>		
		 <p data-bbox="695 767 938 794">Курортная гостиница Фасано Лас Пьедрас, Уругвай.</p>
<b>с кольцевым проездом</b>		
		 <p data-bbox="695 1054 938 1082">Курортная гостиница Дак Си Резорт и Опера Хаус, Норвегия.</p>

- |                        |   |                              |
|------------------------|---|------------------------------|
| ЖЗ - жилая зона        | О - зона оздоровления/лечения/развлечения | А - автостоянка              |
| Р - рекреационная зона | Х - хозяйственная зона                    | — - проезды                  |
|                        |   | - - - - - пешеходные дорожки |

**Рисунок 1. Принципиальные схемы организации проездов на территории курортной гостиницы**

Как показали исследования и опрос, чаще всего люди едут на курорты на общественном транспорте (самолеты, поезда, автобусы). Поэтому для доставки постояльцев от аэропортов и вокзалов и обратно используются служебные машины, реже автобусы-челноки, а курортные

гостиницы оборудуются соответствующими площадками для погрузки-разгрузки. Доставка пассажиров может производиться с помощью городского воздушного транспорта, для чего необходимо устройство вертолетных площадок. Из пригорода и соседних областей посетители могут приехать на собственных автомобилях из расчета 3 человека в одной машине. Потребность в парковочных площадях на территории гостиниц определяется из расчета количества номеров и ее категории. Для курортных гостиниц это 20 % от количества номеров для категории 3\* и 25 % — для 4\* и 5\*. Если некоторые предприятия курортной гостиницы открыты для посетителей, не являющихся постояльцами, то количество парковочных мест увеличивается с учетом мощностей этих предприятий [2]. Для расчета площади парковок принимаются такие нормы: 20 м<sup>2</sup> на парковку одного автобуса и 12 м<sup>2</sup> одной легкой автомашины. Гостиница, размещенная в условиях плотной застройки, ограничена в площади, выделяемой для парковочных мест, поэтому наилучшим решением в этом случае будет подземная автостоянка или аренда недостающих машиномест поблизости гостиницы [5, с. 78].

Так как пребывание в курортной гостинице не ограничивается лишь стенами здания — это поочередный комплекс услуг в самом здании и процедуры, отдых на открытом воздухе — при решении участка следует уделять внимание природно-ландшафтной ситуации: грамотное использование природных особенностей позволяет также органично связать внутреннее и внешнее пространство [4, 5]. Зеленые насаждения на участке выполняют как эстетическое, декоративное, так и функциональное благотворное влияние: значительно уменьшая наличие пыли и дыма в воздухе, позитивно влияют на самочувствие отдыхающих, создают затененность и используются в виде ширм, например, для изолирования маршрутов служебного транспорта от пешеходных путей [1, с. 23].

Территория, оборудованная сооружениями общественного пользования различного назначения положительно сказывается на качестве отдыха. Анализ практики показывает, что соотношение закрытой и открытой площадей курортной гостиницы составляет 1:1,5 в городе, 1:2,0 в пригороде и 1:10 за городом. Под открытым небом размещаются сооружения рекреационного назначения (пляжи, набережные, парки, сады); спортивно-оздоровительного назначения (спортивные и детские площадки с навесами, открытые бассейны, площадки для спортивных игр, павильоны для спа процедур и массажей); лечебного назначения (питьевые бюветы и галереи, грязе- и бальнеолечебницы, аэросолярии) и досугового назначения (амфитеатры, танцевальные площадки, летние кинотеатры, торговые

павильоны) в рекреационной зоне и зонах оздоровления, лечения и/или развлечения. Также в зависимости от климатических факторов требуется предусматривать защиту от чрезмерного солнца, холода и осадков с помощью крытых переходов и навесов [8, с. 66].

Жилая зона наиболее часто планировочно отделена от других зон для благоприятного и тихого отдыха постояльцев, как это видно в Энтре Киело Отель и Спа (Аргентина), Фасано Лас Пьедрас (Уругвай) и Дед Си Резорт и Опера Хаус (Сингапур) (Рис. 1) [7]. При ней часто предусматривают места для временной парковки. Для курортных гостиниц особенно важно удачное место расположение этой зоны с хорошей ориентацией номеров, инсоляцией, проветриванием корпусов и живописным окружением [8, с. 135].

Часть участка занимает хозяйственная зона. Она размещается на его границе, со стороны входа в производственные помещения пищеблока, изолируется от остальной территории, имеет самостоятельный въезд с улицы и по периметру выделяется зелеными насаждениями. На территории хозяйственной зоны размещаются подсобно-хозяйственные постройки (погрузочно-разгрузочная площадка, склады, котельные и других подсобные помещения) [3]. Для подвоза различных материалов необходимо предусмотреть удобный въезд и выезд для грузовых машин с тупиковыми площадками, петлевыми разворотами или сквозным проездом [6]. Следует отметить, что в современных курортных гостиницах, размещенных в курортной застройке, хозяйственную зону часто делают в цокольном или подвальном этаже самого здания гостиницы.

Как свидетельствует проведенный выше анализ, генеральный план курортной гостиницы с комфортным функциональным зонированием и развитым открытым пространством влияет на оптимизацию ее работы.

### **Список литературы:**

1. Волков Ю.Ф. Интерьер и оборудование гостиниц и ресторанов. Серия «Учебники, учебные пособия». Ростов н/Д.: Феникс, 2003. — 352 с.
2. ДБН В.2.2-20-2008. Государственные строительные нормы Украины. Здания и сооружения. Гостиницы. Киев. Минрегионстрой Украины, 2009.
3. Иванов С.А. Основы проектирования гражданских и промышленных зданий. М., 1967 г. — 216 с.
4. Исаченко Т.В. Особенности объемно-планировочн. решений зданий отдыха и туризма в условиях муссонного климата. Вып.5. М. 1981.
5. Ковальская О.Е. Архитектурно-планировочная организация гостиниц (на примере крупнейших городов Украины): Дис. канд. архитектуры: 18.00.02: Киев 2012.

6. Тосунова М.И. Архитектурное проектирование. Издание 3. М.: Высшая школа, 1988. — 288 с.: ил.
7. ArchDaily, published daily by Plataforma Networks Broadcasting Architecture Worldwide © ArchDaily LLC, 2008—2014 [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.archdaily.com/185088/entre-cielos-hotel-spa-a4-estudio/> <http://www.archdaily.com/205947/fasano-las-piedras-hotel-isay-weinfeld/> <http://www.archdaily.com/198362/dead-sea-resort-opera-house-accent-design-group/> (дата обращения 09.10.2014).
8. Lawson F.R. Hotels and Resorts. Planning, Design and Refurbishment. An imprint of Butterworth-Heinemann Ltd Linacre House. Oxford 1995.6.

### **ТРИ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НА ПОНЯТИЕ «ИНТЕГРИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»**

*Новикова Анна Николаевна*

*аспирант кафедры Архитектурного проектирования, Казанский  
государственный архитектурно-строительный университет,*

*РФ, г. Казань*

*E-mail: [annanovikova1984@gmail.com](mailto:annanovikova1984@gmail.com)*

### **TREE POINTS OF VIEW ON “INTEGRATED DESIGN”**

*Anna Novikova*

*postgraduate student,*

*Kazan State University of Architecture and Engineering,*

*Russia, Kazan*

### **АННОТАЦИЯ**

В статье выявлена проблематика вопросов применения и использования интегрированного проектирования в архитектурной деятельности; уточнены понятия «интегрированное проектирование» и «интегрированный метод реализации инвестиционно-строительного проекта» применительно к российской практике; описана практика использования термина «интегрированное проектирование» в трех областях — зеленом проектировании, информационном моделировании здания, менеджменте строительства.

## ABSTRACT

The article identifies the problems of implementation and use of integrated design in architectural practice; refines the concept of “integrated design” and “integrated project delivery” in relation to the Russian architectural practice; describes the practice of using the term “integrated design” in the areas of green and sustainable design, building information modeling and construction management.

**Ключевые слова:** интегрированное проектирование; коллаборация; IPD; BIM; PLM; архитектурная практика; проектный процесс.

**Keywords:** integrated design; collaboration; IPD; BIM; PLM; architectural practice; design process.

Сегодня все чаще при обсуждении современных подходов к проектированию говорится о необходимости взаимодействия различных специалистов при создании проектных решений для достижения высокого качества строительного объекта. Специалисты призывают к коллаборации и интегрированному процессу проектирования на самых ранних этапах разработки проектной документации. В периодических изданиях при обсуждении данных вопросов появляются заимствованные из зарубежной архитектурной практики и практики строительства термины — PLM, BIM, IPD, определение которых на русском языке требует уточнения. В теории архитектуры данные вопросы остаются малоизученными, что определяет актуальность данной темы исследования. Необходимо уточнить терминологическую базу, выявить особенности интегрированного проектирования, сформулировать методы взаимодействия специалистов в процессе проектировании.

Изучая статьи и публикации о современных процессах проектирования, об автоматизации и новых подходах автору удалось определить несколько групп интересов, которые говорят о необходимости применения «интегрированного проектирования» (Integrated Design) в архитектурной практике и строительстве:

1. Интегрированное проектирование в концепции «Зеленой» архитектуры. В книге «Основы интегрированного проектирования для устойчивой архитектуры» говорится, что «интегрированное проектирование зданий — это путь к созданию устойчивой архитектуры. Зеленое проектирование и интегрированное проектирование должны рассматриваться как идентичные термины» [7]. При проектировании устойчивой архитектуры важным принципом становится использование

экологичных и долговечных материалов и систем, использование которых снижает эксплуатационные расходы. Обоснованием применения таких продуктов становится расчет затрат на эксплуатацию здания в течение 50 лет. Международные стандарты зеленого строительства (LEED, BREAM, DGNB и др.) рекомендуют взаимодействие различных специалистов, в том числе и специалистов эксплуатирующих организации, проектных отделов фабрик-производителей и консультантов с целью оптимизации строительных и эксплуатационных затрат на всем жизненном цикле объекта (PLM), который включает как стадии проектирования, строительства, так и стадии эксплуатации и демонтажа (реконструкции).

2. Интегрированное проектирование в направлении автоматизации проектного процесса (CAD). Основой современных программных продуктов для проектирования становится BIM (Building Information Model) — информационная модель здания. Цифровая модель призвана объединить работу множества специалистов и стать единым языком общения и коммуникации. Разработчики программного обеспечения заинтересованы, чтобы их программный продукт стал языком для максимального количества специалистов — участников инвестиционно-строительного проекта. Сейчас все больше говорят об использовании информационной модели строительными и эксплуатирующими организациями с целью управления жизненным циклом объекта (PML). Для создания такой модели необходимо участие строительных и эксплуатирующих организаций на стадии проектирования в составлении концепции информационной модели — интегрированное проектирование.

3. Интегрированное проектирование в сфере управления проектом. В периодических изданиях сейчас наравне с термином BIM, часто встречается термин IPD (Integrated Project Delivery), пришедший к нам из сферы управления реализацией инвестиционно-строительного проекта в США [8]. Дословный перевод IPD звучит как «интегрированная поставка проекта». В «Руководстве по ресурсам проекта» [8] (далее «книга»), выпущенной Институтом строительных спецификаций, США в 2004 году дано определение, *«Поставка проекта» (Project Delivery) — это договорные взаимоотношения между собственником (Заказчиком), Архитектором/Инженером (в России — генпроектировщиком), генподрядчиком и др. участниками инвестиционно-строительного проекта (далее ИСП).* «Поставка проекта» определяет схему реализации строительства объекта от концепции до ввода объекта в эксплуатацию. *Поэтому термин «Project Delivery» следует переводить как «Метод реализации*

*инвестиционного строительного проекта», а «Integrated Project Delivery» как «Интегрированный метод реализации инвестиционного строительного проекта».* Предлагаем следующее определение IPD — это метод организации инвестиционно-строительного проекта, который определяет вид договорных отношений между участниками проекта и схему реализации строительства объекта с участием всех заинтересованных сторон на ранних стадиях ИСП с целью повышения экономической эффективности (снижения рисков, понижения эксплуатационных затрат и др.) и качества реализуемого объекта (экологичности, безопасности и др.). Метод «IPD» не может быть применен без интегрированного проектирования — взаимодействия проектировщиков со специалистами службы заказчика и строительных организаций.

В американской практике метод IPD сравнительно новый метод реализации ИСП. Среди традиционных методов (Project delivery methods) можно выделить проектирование-тендер-строительство (Design-bid-build), проектирование-строительство (design-build) и др. Отличиями данных методов являются принципиальные схемы управления проектом (или реализации строительства объекта) и виды договоров между основными участниками. В первом случае — сначала выполняется проектирование, затем заказчик проводит тендер и определяет подрядчиков на строительство. Во втором случае проектирование и строительство выполняет одна организация «под ключ», обычно — это строительные компании, в структуре которых есть проектные отделы. Метод IPD предполагает определение генподрядчика на начальном этапе инициализации проекта и заключении трехстороннего договора между ним, заказчиком и проектировщиком на основе принципов разделения рисков и ответственности, общей заинтересованности в успехе проекта.

Проведя анализ литературы в области зеленого проектирования, BIM технологий и управления строительством, считаем, что термин «интегрированный» обозначает «включенность» различных участников процесса ИСП в процесс проектирования. Предлагаем следующее определение: *«Интегрированное проектирование» (Integrated Design) — это взаимодействие проектировщиков с различными участниками реализации инвестиционно-строительного проекта: собственником (инвестором), Заказчиком (управляющая компания), генподрядчиком (строительными организациями), будущими эксплуатирующими инстанциями и пользователями с целью оптимизации принятых проектных решений по цене, сроку службы,*

*экологичности и другим параметрам на ранних стадиях проектирования.*

В российской практике по-прежнему наиболее распространенной схемой реализации ИСП остается выполнение проектной документации, оценка стоимости строительства (сметная документация), а затем проведение поиска генподрядчика для реализации строительства. Данная схема существует с начала 20-х годов прошлого века, когда сформировалась система проектных институтов и процесс проектирования был отделен от процесса строительства. При такой схеме применение «интегрированного проектирования» и использование BIM продуктов с целью передачи информационной модели объекта строительным или эксплуатирующим организациям в российской практике встречает ряд трудностей: у строительных и эксплуатирующих организаций нет опыта взаимодействия с проектными организациями в вопросах совместного проектирования; у архитекторов и проектировщиков нет опыта интегрированного проектирования с проектными отделами фабрик-производителей; отсутствует практика применения трехстороннего договора между заказчиком, проектировщиком, строителем; принципы разделения рисков и ответственности между участниками ИСП трудно применимы, учитывая особенности строительного процесса, складывавшиеся на протяжении долгого времени.

Однако, распространение идеологии «интегрированного проектирования», обозначенное в статье интересами трех групп, все более затрагивает повседневную практику архитекторов и проектировщиков. В периодических изданиях все больше внимания уделяется вопросам внедрения IPD и BIM в российскую практику [4]. На государственном уровне также поддерживается применение интегрированного проектирования и информационного моделирования [5, 6]. С другой стороны, на практике существуют сложности применения новой методологии и нового программного обеспечения. Важными вопросами для архитекторов остаются, как встраивается архитектурное проектирование в эту методологию, какое место занимает архитектор в системе интегрированного проектирования; как новые методы отражаются на процессе мышления архитектора.

Начало изучения этих вопросов раскрыто в работах, выполненных на кафедре архитектурного проектирования Казанского государственного архитектурно-строительного университета, которые анализируют современный проектный процесс и успешные примеры взаимодействия с проектными отделами фабрик производителей [1], а также вопросы творческого взаимодействия в таких формах

кооперации как проектный воркшоп или парное проектирование [2, 3]. Интересом для наших будущих исследований становятся методы со-творчества и коллаборации в архитектурном проектировании, сетевая форма организации проектирования, сетевые практики в процессе проектирования. Изучение данных вопросов поможет архитекторам и проектировщикам применять новые методы и связанные с ними программные продукты успешно.

### Список литературы:

1. Новикова А.Н. Опыт оптимизации проектного процесса на примере реального объекта в г. Казань / А.Н. Новикова // Известия КГАСУ. — 2011. — № 4 (18). — С. 100—107.
2. Новикова А.Н. Современные информационные инструменты в структуре архитектурного воркшопа / А.О. Акатьева, А.Н. Новикова // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: материалы XVIII межд. науч. техн. конф. Пенза: РИО ПГСХА, 2014.
3. Новикова А.Н. Творческие союзы в архитектурной практике. Метод «парного проектирования». / А.Н. Новикова // Известия КГАСУ. — 2013. — № 4 (26). — С. 68—75.
4. Огромная BIM-победа. Но настоящая работа только сейчас и начинается/ Марина Король // Isicad.ru. — 2014. — 17 мар. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16852](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16852).
5. Поручения Минстрою России по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства от 4.03.2014. // Government.ru. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://government.ru/dep\\_news/11020](http://government.ru/dep_news/11020).
6. Распоряжение Кабинета министров Республики Татарстан от 31 мая 2013 года № 930-Р «О «зеленых» стандартах и добровольной экологической сертификации на объектах недвижимости Республики Татарстан».
7. Keeler M. Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building// Marian Keeler, Bill Burke. US Green Building Council; 2 edition, 2009. — 360 p.
8. The project resource manual: CSI manual of practice / The constructional Specification Institute. McGraw-Hill Professional 5 ed., 2004. — 1200 p.

## **СЕКЦИЯ 6.**

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ**

### **ИСТОЧНИКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД**

***Злыднев Николай Николаевич***

*студент 4-ого курса кафедры Инженерных систем зданий  
и сооружений, Дальневосточный федеральный университет,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [nickolink@mail.ru](mailto:nickolink@mail.ru)*

***Еськин Антон Андреевич***

*старший преподаватель кафедры Инженерных систем зданий  
и сооружений, Дальневосточный федеральный университет,*

*РФ, г. Владивосток*

*E-mail: [eskin.aa@dvfu.ru](mailto:eskin.aa@dvfu.ru)*

***Ткач Надежда Сергеевна***

*ассистент кафедры Инженерных систем зданий и сооружений,  
Дальневосточный федеральный университет,*

*РФ, г. Владивосток*

***Кириллов Владислав Владимирович***

*студент 4-ого курса кафедры Инженерных систем зданий  
и сооружений, Дальневосточный федеральный университет,*

*РФ, г. Владивосток*

## **OILY WATER SOURCES**

**Zlydnev Nikolay**

*student of department Engineering systems  
of buildings and constructions, FEFU,  
Russia, Vladivostok*

**Eskin Anton**

*lecturer of department Engineering systems  
of buildings and constructions, FEFU,  
Russia, Vladivostok*

**Tkach Nadezhda**

*assistant lecturer of department Engineering systems  
of buildings and constructions, FEFU,  
Russia, Vladivostok*

**Kirillov Vladislav**

*student of department Engineering systems  
of buildings and constructions, FEFU,  
Russia, Vladivostok*

*Исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд» ДВФУ, грант № 12-08-13023-м-18/13.*

### **АННОТАЦИЯ**

В работе рассмотрены различные технологические процессы, при которых образуются сточные нефтесодержащие воды. Представлены данные по концентрации нефтепродуктов в сточных водах отечественных и зарубежных промышленных предприятий. Данное исследование может быть полезно при проектировании схем очистки сточных нефтесодержащих вод.

### **ABSTRACT**

Various processes, which produce waste oily water, are considered in this research. There is a data on the concentration of oil in the wastewater of domestic and foreign enterprises. This research can be useful at design of schemes of purification of oily wastewater.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие сточные воды; концентрация нефтепродуктов; промышленные источники; загрязнение окружающей среды.

**Keywords:** oily wastewater; the concentration of oil; industrial source; pollution of the environment.

### *Введение*

С каждым годом проблема загрязнения окружающей среды становится более актуальной, прежде всего это связано с бурным ростом промышленного производства. Одновременно с этим все большее внимание уделяется охране окружающей среды, так согласно Указу Президента [9], рациональное природопользование, включающее в себя технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения, является одним из приоритетных направлений развития РФ.

Одним из наиболее распространенных антропогенных загрязняющих факторов являются нефтесодержащие сточные воды. Нефтепродукты в воде влияют на органолептические показатели воды. Результаты исследований показывают, что в воде, загрязненной нефтепродуктами, мясо рыб приобретает привкус нефти при концентрации нефтепродуктов 0,5 мг/л через сутки, 0,2 мг/л — 3 суток, 0,1 мг/л через 10 суток. В связи с этим для водоёмов и водотоков рыбохозяйственного назначения ПДК нефтепродуктов не должно превышать 0,05 мг/л. ПДК нефтепродуктов содержащихся в стоках, сбрасываемых в городскую канализацию, зависит от способов очистки применяемых на очистных сооружениях и, к примеру, для Владивостока составляет не более 0,2 мг/л.

На сегодняшний день существует большое количество способов извлечения нефтепродуктов из сточных вод, однако каждый из них эффективен только в определенном диапазоне концентрации нефтепродуктов (см. табл. 1).

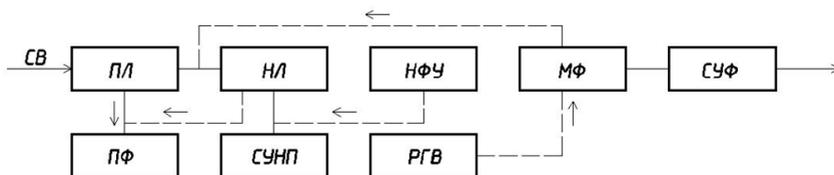
**Таблица 1.**

**Рекомендации по выбору способа очистки нефтесодержащих вод [3]**

Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/л	Оптимальный процесс очистки	Дополнительные условия
Нефтепродукты	Более 1000	Отстаивание в нефтеловушках	Скорость всплывания более 0,5 мм/с не менее 60 % нефтепродуктов
		Центробежное разделение в гидроциклоне	Скорость всплывания более 0,3 мм/с не менее 60 % нефтепродуктов
	300—1000	Отстаивание в нефтеловушках с предварительной дестабилизацией	Эффект очистки зависит от продолжительности отстаивания
		Флотация с коагуляцией и предварительной дестабилизацией	Эффект очистки до 70 %
	20—300	Флотация с коагуляцией и предварительной дестабилизацией	Эффект очистки до 60 %
		Электрокоагуляция-флотация с предварительной дестабилизацией	Эффект очистки до 70 %
	менее 20	Фильтрование через зернистые загрузки с коагуляцией и предварительной дестабилизацией	Концентрация нефтепродуктов в очищенной воде менее 10 мг/л
Растворенные нефтепродукты и масла		Адсорбция	Эффект очистки зависит от режима процесса
		Обратный осмос	—
		Окисление	—

Ряд промышленных предприятий ограничивается только одним способом очистки, как правило, это отстаивание в нефтеловушках. Данный способ позволяет достичь конечной концентрации нефтепродуктов не менее 50 мг/л, что существенно превышает существующие нормы по ПДК нефтепродуктов в сточных водах сбрасываемых как в рыбохозяйственные водоемы, так и в городскую канализацию. В связи с этим необходимо внедрять ступенчатые технологические схемы очистки. На рис. 1. представлена наиболее

распространенная схема, применяемая для глубокой очистки сточных вод от нефтепродуктов.



**Рисунок 1. Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод от нефтепродуктов [8]: СВ — сточная вода; ПЛ — песколовка, НЛ — нефтеловушка; ПФ — площадка для осадка; СУНП — сборник уловленных нефтепродуктов; МФ — механический фильтр; РГВ — резервуар горячей воды; НФУ — напорная флотационная установка; СУФ — сорбционный угольный фильтр**

При начальной концентрации нефтепродуктов менее 300 мг/л возможно не применять песколовку и нефтеловушку, а очищать сточные воды только на установке напорной флотации и сорбционном фильтре. Таким образом, для проектирования схем очистки необходимо знать способы получения сточных нефтесодержащих вод и начальную концентрацию нефтепродуктов.

#### *Классификация нефтесодержащих сточных вод.*

Нефтесодержащие сточные воды могут быть классифицированы по способу их получения:

- Бытовые сточные воды в жилых, административных и коммунальных зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Это сточные воды, которые поступают в водоотводящую сеть от санитарных приборов.
- Атмосферные сточные воды образуются в процессе выпадения дождей и таяния снега, как на жилой территории населенных пунктов, так и территории промышленных предприятий, АЗС и др.
- Производственные сточные воды образуются при производстве различных товаров, изделий, продуктов и материалов, и в свою очередь могут быть классифицированы по месту их образования в технологическом процессе:
  1. Реакционные воды — характерны для реакций, идущих с образованием воды.
  2. Воды, содержащиеся в сырье и исходных продуктах (свободная или связанная вода).

3. Промывные воды — образуются в результате промывки сырья, продуктов или полупродуктов.

4. Маточные водные растворы — образуются при проведении технологических процессов получения или переработки продуктов в водных растворах.

5. Водные экстракты и абсорбционные жидкости — образуются в случаях использования воды в качестве экстрагента или абсорбента. Эти сточные воды могут содержать большое количество различных химических веществ.

6. Охлаждающие воды — образуются в процессах охлаждения продуктов и ряда оборудования.

#### ***Основные источники нефтесодержащих сточных вод.***

Далее рассмотрены технологические схемы получения нефтесодержащих сточных вод от основных антропогенных источников, а так же представлены средние концентрации нефтепродуктов по данным отечественных и зарубежных исследователей (см. табл. 2.).

Некоторые предприятия, могут иметь одновременно бытовые, производственные и атмосферные сточные воды загрязненные нефтепродуктами. При этом концентрация нефтепродуктов указана именно для производственных стоков, если это не оговорено отдельно, т.к. именно в производственных сточных водах концентрация нефтепродуктов максимальна.

**Таблица 2.**

#### **Основные источники нефтесодержащих вод**

<b>Наименование источника нефтесодержащих вод</b>	<b>Концентрация нефтепродуктов в неочищенных сточных водах, мг/л</b>	
	<b>Данные по отечественным источникам</b>	<b>Данные по зарубежным источникам</b>
Предприятия хранения и транспортировки нефтепродуктов	20—10000	1—300
Автомобильные дороги и автотранспортные предприятия	50—500	50—400
Машиностроительные предприятия	1000—5000	—
Металлургические предприятия	200—800	100—5000;
Балластная вода в судах	до 120000	3080

Городская ливневая канализация	—	800
Пищевая промышленность	1700—2000	1000 и более
Нефтеперерабатывающие заводы	—	10—1000
Лёгкая промышленность	2000—8000	—
ТЭЦ, ТЭС, котельные	100; 120—290; до 2500	—
Строительные предприятия	25—352	—
Деревообрабатывающие предприятия	50—260	—

#### *Нефтеперерабатывающие заводы*

Сточные воды нефтеперерабатывающих заводов подразделяются на два вида:

- Дождевые сточные воды, загрязненные нефтепродуктами, к ним так же относятся и талые воды;
- Эмульсионные и химически загрязненные сточные воды — стоки после электрообессоливающих установок, технологические конденсаты и др. Данные сточные воды наряду с нефтепродуктами содержат различные реагенты, соли и другие загрязняющие вещества.

Количество нефтепродуктов в сточных водах НПЗ лежит в пределах в пределах от 20 до 10000 мг/л [8, 11] и зависит от качества перерабатываемой нефти, глубины переработки, вида реагентов.

#### *Предприятия хранения и транспорта нефтепродуктов*

На предприятиях хранения и транспорта нефтепродуктов (нефтебазах) образуются как производственные, так и дождевые нефтесодержащие сточные воды [8].

Производственные воды включают в себя следующие разновидности:

- отстойные (подтоварные) — из продуктовых резервуаров, где они образуются в результате отстаивания обводненных нефтепродуктов;
- обмывочные — после мытья бочек из-под нефтепродуктов, производственных площадей, сливно-наливных эстакад;
- загрязненный конденсат от пароподогревательных устройств для темных нефтепродуктов;
- вода от уплотнения сальников и охлаждения подшипников нефтяных насосов.

### *Балластные и льяльные воды*

Балластные воды представляют собой закачиваемую в танки судна забортную морскую или речную воду, с помощью которой сохраняют мореходные качества танкера в период обратного рейса после сдачи нефтегруза. Перед очередной загрузкой балластные воды, загрязненные остатками нефтепродуктов, подлежат удалению из танков судна и должны быть очищены либо с помощью бортовых очистных сооружений, либо направлены на береговые очистные сооружения нефтебазы. Льяльные воды образуются в льялах (осадочной части судна), куда поступают утечки воды, топлива и масел из трубопроводов и механизмов судна [5].

### *Теплоэлектростанции и теплоэлектроцентрали*

Производственные нефтесодержащие сточные воды ТЭЦ могут быть получены в результате:

- эксплуатации мазутохозяйств — вода для охлаждения насосов, конденсат мазутных хозяйств, загрязненная мазутом вода, вытекающая при возникновении аварийных случаев и ремонтных работах.
- эксплуатации маслосистемы турбин и подшипников вращающихся механизмов.
- при эксплуатации оборудования КТЦ. Вода, используемая для подшипников насосов котельного и турбинного отделения, а также вода с полов турбинного отделения КТЦ, имеющая в своем составе включения масла, собирается в сборном приемке и периодически перекачивается насосами на очистные сооружения [1, 4].

### *Машиностроительные предприятия*

Нефтесодержащие сточные воды машиностроительных предприятий образуются в результате использования воды при охлаждении деталей подвергающихся воздействию токов высокой частоты, в цехах металлопокрытий для приготовления водных растворов, а также для грануляции шлака и охлаждения оборудования. Так же сточные воды поступают от системы охлаждения компрессоров и механической мойки автомобилей. Концентрация нефтепродуктов в стоках в среднем составляет 3—800 мг/л [7].

### *Автотранспортные и авторемонтные предприятия*

На автотранспортных предприятиях нефтесодержащие сточные воды образуются в результате наружной мойки автомобилей, мытья деталей, промывки аккумуляторов, охлаждение компрессоров и другого оборудования. Средняя концентрация нефтепродуктов в стоках составляет 30—100 мг/л [10, 13].

### *Предприятия металлургической отрасли*

Сточные воды получаются в результате охлаждения металлургических агрегатов, доменных печей, очистки доменного газа, подготовки металла к последующей обработке, обработки металла методом холодной и горячей деформации, промывки изделий. Средняя концентрация нефтепродуктов в стоках составляет 200—800 мг/л [6, 12].

### *Предприятия производства железобетонных изделий*

В производстве ЖБИ нефтесодержащие сточные воды получаются после использования воды на затворение бетона, промывку закладных деталей, пропарку и полив изделий, а также на хозяйственно-бытовые нужды и полив территорий. Концентрация нефтепродуктов в стоках составляет 210 мг/л [2].

### *Кожевенные заводы*

На кожевенном производстве вода расходуется на промывку, золение, пикелевание, дубление, окраску и приготовление химических растворов. Производственные сточные воды кожевенных заводов подвергаются предварительной очистке — отстаиванию, улавливанию шерсти, жира и ПАВ. Затем все производственные стоки вместе с бытовыми отправляются на биологическую очистку. Средняя концентрация жиров и масел составляет 1500 мг/л [5].

### *Деревообрабатывающие предприятия*

При производстве древесноволокнистых изделий вода расходуется на разведение древесной массы, охлаждение и промывку оборудования. Концентрация нефтепродуктов в стоках составляет 260 мг/л [2].

### **Вывод.**

Рассмотрены основные источники нефтесодержащих вод. Из полученных результатов можно сделать вывод, что для достижения требуемых значений ПДК нефтепродуктов в сбрасываемых сточных водах практически на всех предприятиях необходимо внедрять многоступенчатые схемы очистки.

### **Список литературы:**

1. Алексеева Т.В. Разработка технологии очистки замазученных сточных вод ТЭЦ с использованием метода безнапорной флотации: Дис. канд. техн. наук Пенза, 2003. — С. 126.
2. Азаров В.Н. О составе сточных вод и причинах возникновения взрывопожароопасных ситуаций на канализационных очистных сооружениях предприятий стройиндустрии // Азаров В.Н., Воробьев А.В. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2011.
3. Анапольский В.Н. Очистка нефтесодержащих сточных вод// Анапольский В.Н., Олиферчук С.В., Романенко А.П. // СОК — № 1, — 2011. — № 1. — С. 28—31.

4. Вольхин И.В. Разработка новых установок для приготовления и сжигания водомазутных эмульсий в котельных предприятиях дальневосточной железной дороги // Вольхин И.В., Катин В.Д. //Безопасность жизнедеятельности на транспорте — № 4, — 2009 год. — С. 93—96.
5. Мащев А.И. Очистка сточных вод флотацией // Будивельник, 1976 — С. 65—67.
6. Попов А.М. Природоохранные сооружения // Попов А.М., Румянцев И.С. Природоохранные сооружения. М.: Колос, 2005. — С. 73—74.
7. Соболева И.В. Крупнённые нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности // Издание 2, 1982. — С. 408—435.
8. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. М. Недра, 1983. — 263 с.
9. Указа Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».
10. Федеральное дорожное агентство министерства транспорта РФ// Федеральное государственное унитарное предприятие // Информационный центр по автомобильным дорогам // Автомобильные дороги и мосты // ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ Обзорная информация, Выпуск 3-2004.
11. Bruno Santos Prediction of polar oil and grease contamination levels in refinery wastewater through multivariate statistical modeling// Bruno Santos, Claudia F. Galinha, Svetlozar Velizarov // Separation and Purification Technology, Volume 119, 19 November 2013, Pages 51—57.
12. Satoshi Soda Constructed wetlands for advanced treatment of wastewater with a complex matrix from a metal-processing plant: Bioconcentration and translocation factors of various metals in *Acorus gramineus* and *Cyperus alternifolius* // Satoshi Soda, Takeshi Hamada, Yuriko Yamaoka // Ecological Engineering Volume 39, February 2012, Pages 63—70.
13. Zulfiqar Ahmad Bhatti Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution // Zulfiqar Ahmad Bhatti, Qaisar Mahmood, Muhammad Suleman Khan // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 36, Issues 9–11, 2011, Pages 465—469.

# **АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКТИВНОГО РИСКА ЛЮДСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЕХНОСФЕРЫ**

*Козлитин Анатолий Мефодьевич*

*д-р техн. наук, проф. Саратовского государственного  
технического университета имени Гагарина Ю.А.,*

*РФ, г. Саратов*

*E-mail: [kammov@gmail.com](mailto:kammov@gmail.com)*

## **ANALYTICAL METHODS OF QUANTITATIVE ESTIMATION OF COLLECTIVE RISK OF HUMAN LOSSES AT FAILURES ON CHEMICALLY DANGEROUS OBJECTS OF TECHNOSPHERE**

*Anatoliy Kozlitiin*

*doctor of technical Sciences,*

*Professor Saratov state technical University of Yuri Gagarin,*

*Russia, Saratov*

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрен метод картирования потенциального и коллективного риска токсического поражения в результате возможной аварии на реальном предприятии химической промышленности. Основная цель получить объективную информацию о степени опасности объекта, выявить зоны и территории неприемлемого риска. Разработанная методика матричного представления и анализа потенциального и коллективного риска позволяет повысить оперативность управления промышленной безопасностью и обеспечить необходимый контроль и принятие мер по снижению риска.

### **ABSTRACT**

The article describes the method of mapping potential and collective risk of toxic defeat in result of possible failure at the real enterprise of the chemical industry. The main objective to receive the objective information on degree of danger of object, to reveal zones and territories of unacceptable risk. The developed technique of matrix representation and the analysis of potential and collective risk allows to raise efficiency of management of industrial safety and to provide necessary control and acceptance of measures on risk decrease.

**Ключевые слова:** риск; чрезвычайная ситуация; безопасность; потенциальный риск, коллективный риск; картированный риск.

**Keywords:** risk; emergency; security; the potential risk; collective risk; mapped risk.

Сооружение и функционирование энегронасыщенных, радиационно и химически опасных промышленных объектов всегда сопряжены с риском разрушительного высвобождения собственного энергозапаса или неконтролируемого выброса радиоактивных и химически опасных веществ, что может привести к потерям материальных ценностей, гибели людей и окружающей природной среды. В этих условиях одной из ключевых проблем экологической и промышленной безопасности становится анализ и количественная оценка риска на опасных производственных объектах техносерферы и принятие на этой основе научно обоснованных решений по уменьшению и предупреждению возможных аварий.

Для лица, принимающего решения, необходимо иметь не только информацию о масштабах катастрофичности последствий возможных аварий на опасном производственном объекте (ОПО), но и картину распределения ожидаемого количества пораженных в виде поля коллективного риска на прилегающей к объекту территории [1, 2]. Характер поля коллективного риска позволяет исследователю видеть наиболее опасные участки территории и на этой основе принимать соответствующие организационные, управленческие и инженерные решения.

В основу модели коллективного риска  $R_K$  положена формула

$$R_K = \sum_{i,j} R(x_i, y_j) \cdot P(N, x_i, y_j) \cdot N(x_i, y_j),$$

функционально связывающая вероятность реализации поражающего фактора за интервал времени  $\Delta t$ , как правило, за год, в рассматриваемых элементарных площадках территории и социальный ущерб, нанесенный данным поражающим фактором группе людей  $N(x_i, y_j)$ , находящихся в  $ij$ -м квадрате с вероятностью  $P(N, x_i, y_j)$ .

Потенциальный риск  $R(x_i, y_j)$ , входящий в качестве множителя в уравнения коллективного риска  $R_K$  характеризует пространственное распределение по территории вероятности реализации поражающего воздействия в пределах круга вероятного поражения — поле потенциального риска. Круг вероятного поражения (КВП) интерпретируется нами [1, 2] как площадь внутри окружности с центром

в точке реализации опасности, за пределами которой вероятность поражения реципиента риска исчезающе мала.

**Модель потенциального риска.** Чтобы измерить потенциал максимально возможной опасности токсического поражения человека  $R(x,y)$  в рассматриваемых квадратах территории, необходимо знать функцию  $g(D,x,y)$  выражающую плотность вероятности формирования в пределах каждого из рассматриваемых квадратов определенного уровня дозы  $D(x,y)$  ядовитого вещества. Последовательность определения функции  $g(D,x,y)$  подробно изложено автором в монографии [1]. Кроме того, необходимо знать вероятность токсического поражения человека  $P(D,x,y)$  при условии, что в рассматриваемом квадрате территории уровень дозы превысит пороговый критерий воздействия  $PCt$ .

Основываясь на сказанном, потенциальный риск токсического поражения человека  $R(x,y)$  на прилегающей к химически опасному объекту территории предлагается [3] представить интегральной формулой полной вероятности

$$R(x,y) = P(\varphi_k) \cdot \int_{PCt}^{LCt} g(D,x,y) \cdot P(D,x,y) dD, \quad (1)$$

где:  $P(\varphi_k)$  — вероятность реализации ветра  $k$ -го направления;  
 $PCt, LCt$  — пороговая и смертельная токсодозы.

Принятая к рассмотрению функция распределения вероятности токсического поражения человека  $P(D,x,y)$  описывается соответствующим параметрическим законом [3].

Как известно, поражение человека при получении им определенной токсодозы, величина, которой зависит от массы аварийного выброса, расстояния до места аварии, метеорологических и топографических особенностей местности, времени экспозиции, носит случайный характер и описывается параметрической зависимостью «доза-эффект». В основу параметрической зависимости «доза-эффект» автором положено трехпараметрическое распределение Вейбулла [2, 3]. Распределение случайной величины токсодозы  $D$ , определяющей вероятность токсического поражения человека в рассматриваемой точке пространства, имеет вид:

$$P(D) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{D - PCt}{\sigma} \right)^\gamma \right]; \quad D \in (LCt_{100\%}; PCt), \quad (2)$$

где:  $P(D)$  — вероятность токсического поражения человека соответствующей степени тяжести;

$D$  — текущее значение поглощенной токсодозы в рассматриваемой точке пространства;

$\sigma, \gamma, P_{Ct}$  — параметры трехпараметрического распределения Вейбулла для рассматриваемого ядовитого вещества и соответствующей степени тяжести поражения;

$L_{Ct_{100\%}}$  — абсолютно-смертельная токсодоза;

$P_{Ct}$  — пороговая токсодоза.



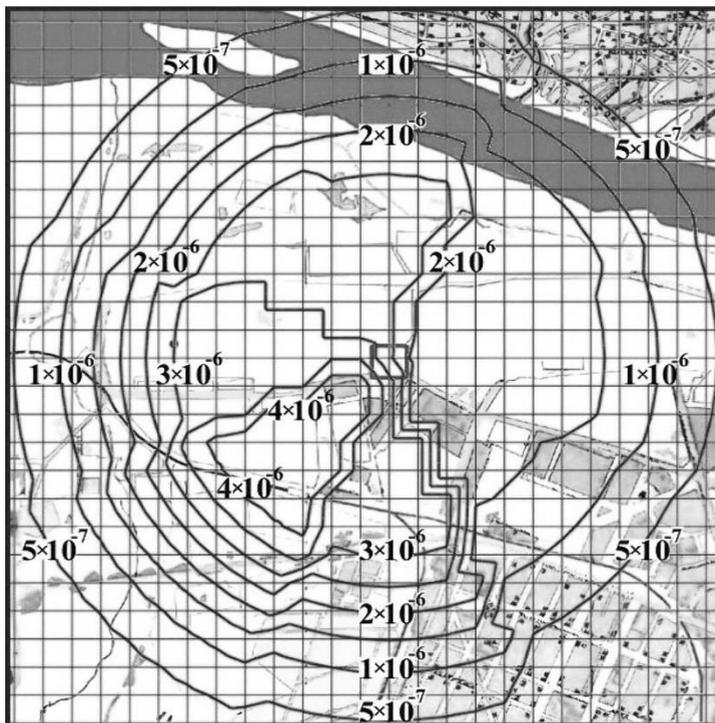
*Рисунок 1. Карта территории с нанесенной сеткой условных координат*

**Построение поля коллективного риска для рассматриваемой территории.** Последовательность построения поля коллективного риска на прилегающей к химически опасному объекту территории состоит из следующих основных этапов [1, 2].

Карта прилегающей к объекту территории разбивается на элементарные площадки —  $ij$ -е квадраты. Точка, расположенная в центре каждого квадрата, имеет условные координаты  $(x_i, y_j)$ , рис. 1.

Масштаб карты и шаг координатной сетки выбираются в зависимости от требуемой точности расчета и размеров круга вероятного поражения.

На основе полученной зависимости (1) определяется значение функции  $R(x,y)$  для ранжированных аргументов  $x_i$  и  $y_j$  и формируется  $(n \times n)$ -матрица  $\|R_{ij}\|$  потенциального риска с учетом вероятности  $P(\varphi)$  распределения среднегодового направления ветра по румбам розы ветров. Каждый  $i,j$ -й элемент матрицы определяет потенциальный риск  $R(x_i,y_j)$  в рассматриваемом  $ij$ -м квадрате территории.



**Рисунок 2. Картированный потенциальный риск**

Изолинии, выстроенные на карте в пределах КВП, определяют поле потенциального риска  $R(x_i,y_j)$  на прилегающей к объекту территории. Картированный потенциальный риск для реального химического предприятия показан на рис. 2.

Для групп людей  $N(x_i,y_j)$ , находящихся в  $ij$ -м квадрате, определяется математическое ожидание  $N_{ij}^{P(N,x,y)}$  числа людей,

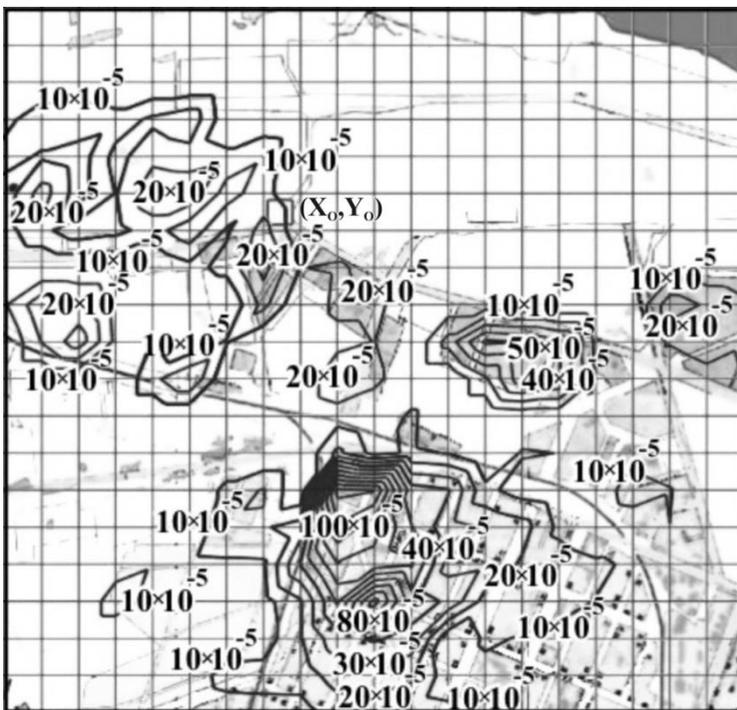
подверженных риску поражающего воздействия, и формируется  $(n \times n)$ -матрица  $\|N_{ij}^{P(N,x,y)}\|$ , взвешенная по вероятностям  $P(N,x_i,y_j)$  нахождения людей в данных квадратах.

Селитебная территория представляет собой совокупность мест массового скопления людей — жилые массивы, предприятия, организации, учреждения, учебные заведения, лечебные, спортивные и другие комплексы, время пребывания в которых меняется в течение суток. Данный фактор пространственно-временной неоднородности жизнедеятельности человека на прилегающей к объекту территории достаточно сложно формализовать математически. Один из возможных путей решения этой проблемы — построение матрицы  $\|N_{ij}^{P(N,x,y)}\|$  математического ожидания числа людей, подверженных риску поражающего воздействия в рассматриваемых квадратах территории, подробно описан в монографиях [1, 2].

Зная матрицу распределения потенциального риска на прилегающей к объекту территории  $\|R_{ij}\|$  и матрицу математического ожидания числа людей, подверженных риску поражающего воздействия в рассматриваемых квадратах территории  $\|N_{ij}^{P(N,x,y)}\|$ , определяем  $(n \times n)$ -матрицу распределения коллективного риска по одноименным  $ij$ -м квадратам координатной сетки карты

$$\|R_{K,ij}\| = \|R_{ij}\| \times \|N_{ij}^{P(N,x,y)}\|, \quad (3)$$

Поэлементное умножение матрицы потенциального риска на матрицу распределения людей выполнено с использованием процедуры векторизации вычислений в системе Mathcad.



**Рисунок 3. Картированный коллективный риск:  $10 \times 10^{-5}$  — обозначение изолинии риска, ограничивающей область, внутри которой с вероятностью  $10^{-5}$  ожидаемое число смертей в год составит не менее 10 человек**

Используя описанный выше метод картирования риска, получаем серию изолиний равного коллективного риска (рис. 3).

Изолинии, выстроенные на карте, ограничивают области, внутри которых с вероятностью  $R(x,y)$  ожидаемое число смертей в год в случае аварийного выброса на химически опасном объекте составит не менее  $N(x,y)$  человек.

Характер поля коллективного риска отражает реальную картину ожидаемых последствий возможных аварий на химически опасном объекте. Изолинии позволяют выделить на карте те  $ij$ -е квадраты территории, где наиболее неблагоприятным образом сочетаются составляющие коллективного риска — вероятность летального исхода в год  $R(x_i, y_j)$  и численность групп людей  $N(x_i, y_j)$ , объединенных

одинаковыми условиями поражения и временем пребывания с соответствующими вероятностями  $P(N, x_i, y_j)$  нахождения данных групп людей в рассматриваемых квадратах.

**Выводы.** Описанные методы количественного анализа риска позволяют получить объективную информацию о степени опасности объекта, ранжировать прилегающую территорию по уровню потенциального и коллективного риска, выявить, при наличии законодательно установленных критериев, зоны и территории, где уровни риска достигают или превышают значения, при которых необходимо ужесточение контроля или принятие определенных мер по снижению риска и обеспечению нормативной безопасности производственного персонала и населения.

### **Список литературы:**

1. Козлитин А.М. Интегрированный риск техногенных систем. Теоретические основы, методы анализа и количественной оценки: монография. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. — 260 с.
2. Козлитин А.М. Теория и методы анализа риска сложных технических систем: монография. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. — 200 с.
3. Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы. Саратов: СГТУ, 2002. — 180 с.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ПОЧВЕ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ  
РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН АВТОТРАНСПОРТОМ**

***Сорокин Александр Валерьевич***

*аспирант, кафедры экологической безопасности  
автомобильного транспорта Московского государственного  
машиностроительного университета (МАМИ),  
РФ, г. Москва  
E-mail: [alex\\_sorokin@list.ru](mailto:alex_sorokin@list.ru)*

***Сотникова Елена Васильевна***

*канд. хим. наук, доцент, кафедры экологической безопасности  
автомобильного транспорта Московского государственного  
машиностроительного университета (МАМИ),  
РФ, г. Москва  
E-mail: [ev.sotnikova@yandex.ru](mailto:ev.sotnikova@yandex.ru)*

**CORRELATION BETWEEN HEAVY METALS  
CONCENTRATION IN SOIL AND SEDIMENTS  
AT EVALUATION TRAFFIC POLLUTION  
OF RECREATIONAL AREAS**

***Sorokin Alexander***

*graduate student, department of environmental safety of road transport  
Moscow State Technical University "MAMI",  
Russia, Moscow*

***Sotnikova Elena***

*candidate of Chemical Sciences, assistant professor  
of Moscow State Technical University "MAMI",  
Russia, Moscow*

**АННОТАЦИЯ**

Проведен количественный анализ загрязнения почв и донных отложений прудов, находящихся в зоне с повышенной автотранспортной нагрузкой, тяжелыми металлами. Рассчитаны коэффициенты вариации, средние квадратичные отклонения, Кларки концентраций, критерий

Фишера, приведены уравнение линейной регрессии. Выявлены компоненты с концентрациями, превышающими фоновые. Установлено влияние автотранспортных потоков на изменение фоновых концентраций тяжелых металлов в почве и донных отложениях водоемов рекреационных зон.

### ABSTRACT

A quantitative analysis of the heavy metals pollution in soil and sediments of several lakes located in high traffic area was performed in this work. The coefficient's of variations, standard deviation, Clarke of concentration, Fisher criteria, equation of linear regression calculated and describes in this work. Elements, which have high concentrations and components which exceeded background concentrations values were identified. The influence of road traffic flows on the background concentrations for heavy metals in soils and sediments of water bodies' recreational areas was determined.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; почва; донные отложения; коэффициент вариации; критерий Фишера.

**Keywords:** heavy metals; soil; sediments; coefficients of variations; Fisher criteria.

Автотранспорт является причиной загрязнения придорожных территорий медью, цинком, свинцом и другими химическими элементами, которые, благодаря выветриванию, эрозии почв и другим процессам массопереноса, оказывают серьезное негативное влияние на окружающую среду. Особенно данное воздействие ощутимо в рекреационных зонах мегаполисов. Тяжелые металлы — группа химических элементов, с атомной массой более 40-50, обладают высокой токсичностью для живых организмов в относительно низких концентрациях, способны к биоаккумуляции и биомагнификации. По степени опасности химические элементы разделены на три класса (ГОСТ 17.4.1.02-83):

As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F. (вещества высоко опасные)

B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr. (вещества умеренно опасные)

Ba, V, W, Mn, Sr. (вещества малоопасные)

Наиболее высокие отношения Кларков к их реальным концентрациям (КК), в загрязненных почвах городов России имеют: кадмий, свинец, цинк и медь, а наиболее контрастные локальные техногенные аномалии — никель, кадмий, цинк, медь и ртуть. За длительное время использования этилированного бензина, в биосферу мегаполисов было выброшено колоссальное количество продуктов его распада, а с учетом длительного времени полураспада последних,

актуальность проблемы их накопления в биосфере не подлежит сомнению. Особенно интересны проблемы геохимической миграции и депонирования загрязнителей в природных телах рекреационных зон мегаполиса.

Целями данной работы являлись оценка загрязненности рекреационных зон и выявление зависимости между концентрациями тяжелых металлов в донных отложениях и почве Герценского и Большого Тропаревского прудов, расположенных в г. Москве.

Герценский пруд на 570 м вытянут в западном и юго-западном направлениях, повторяя поворот р. Журавенки, на которой он создан. Ширина пруда около 50 м, площадь 3 га, длина береговой линии 1260 погонных метров. Берега естественные, местами крутые. Осуществлен сток в колодец, глубиной около 4 м и далее в подземный коллектор р. Журавенки. На востоке в пруд впадают Попов ручей и бывший сток с пруда Дунай, выходящие из подземных коллекторов близ самого берега [1].

Большой Тропаревский пруд привлек к себе внимание не только из-за своего положения относительно оживленных автомагистралей, но и из-за мутности воды, т. к. считается, что в водных потоках многие химические элементы мигрируют преимущественно во взвешенной форме. Площадь зеркала Пруда — 2,7 га; длина линии регулирования — около 1200 погонных метров; ширина — 65 м; длина — 420 м. Уровень водной поверхности пруда находится на абсолютной отметке 200,7 м. Максимальная глубина пруда составляет 8,2 м — в районе русла речки Очаковка; средняя глубина пруда — 3,13 м.

При проведении исследования, на территориях рекреационных зон, были отобраны образцы почвы и донных отложений по ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 17.1.5.01-80. Береговую линию водоёмов, равномерно разделяли на пробные площадки по 0,5—1 га, каждая, в зависимости от территориальных особенностей. За объединенную пробу почвы принимали две точечные, отобранные с каждой площадки, которые, в свою очередь состояли из проб с глубиной отбора 0—5 см и 5—20 см. Отобранные пробы были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Была произведена математическая обработка результатов, включившая в себя расчет коэффициентов вариации (не более 33 %), среднее квадратичное отклонение, доверительный интервал, критерий Фишера, значения Кларков концентраций (КК). Для описания зависимости концентраций тяжелых металлов было решено использовать линейную регрессию, т.к. имело место предположение о линейной зависимости данных.

Кларки концентрации рассчитывались как отношения логарифмов концентраций металлов в исследуемой среде к фоновому значению для почв, установленному усреднением данных для дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почв [4], Ведеполку (1967), Виноградову (1962, 1957) [2], [3], [5]. Полученные значения концентраций были расположены в порядке возрастания, что позволило судить о преобладании в рассматриваемых средах таких элементов как: *Ba, Zn, Mn, Fe*.

**Таблица 1.**

**Значения КК и CV для почвы и донных отложений  
Герценского пруда**

Элемент	CV [%] д.о./ CV [%] п.		Кларк, мг/кг	КК д.о./ КК п.	
	*Г.П.	*Б.Т.П.		Г.П.	Б.Т.П.
B	26,20/10,26	32,53/29,48	10,3	0,91/0,91	0,89/0,82
V	20,19/8,14	25,35/14,14	95	0,87/0,87	0,88/0,85
Cr	21,65/5,79	24,33/15,69	117,67	0,86/0,86	0,84/0,82
Mn	21,23/20,55	31,34/26,42	850	0,97/0,93	0,93/0,99
Co	22,62/5,05	20,35/23,13	10	0,93/0,96	0,96/0,96
Ni	22,74/0,93	23,69/18,32	30	0,93/0,93	0,94/0,92
Cu	31,93/27,02	27,12/17,33	15	1,16/1,16	1,01/0,95
Zn	19,34/19,98	28,94/30,80	45	1,02/1,03	1,04/0,98
As	29,64/8,24	28,28/19,12	2,2	1,05/1,13	1,04/1,03
Se	16,21/3,43	25,73/17,50	0,05	1,70/1,73	1,63/1,60
Sr	32,93/7,75	14,20/21,99	310	0,78/0,81	0,76/0,71
Mo	29,62/24,08	32,50/32,81	1,37	0,77/0,84	0,72/0,73
Cd	16,20/11,27	22,40/26,85	0,12	1,20/1,20	1,19/1,03
Sb	32,77/31,86	30,94/28,11	0,75	0,67/0,62	0,51/0,47
Ba	13,83/11,09	30,90/23,37	580	0,84/0,82	0,83/0,82
W	29,63/19,58	21,09/31,53	1,3	0,53/0,52	0,49/0,52
Hg	7,15/13,18	18,67/24,85	0,1	0,81/0,81	0,81/0,78
Pb	31,09/32,82	30,69/18,51	15	1,32/1,23	0,97/0,96
Fe	21,80/5,55	32,47/17,37	39967	0,92/0,91	0,92/0,91
Tl	8,35/4,77	16,20/18,32	—	—	—

*Г.П.* — Герценский пруд;

*Б.Т.П.* — Большой торопаревский пруд

В результате проведенных исследований удалось рассчитать математические модели зависимости концентраций тяжелых металлов в донных отложениях от их концентраций в почве. Данные зависимости могут быть выражены следующими уравнениями линейной регрессии: (1, 2).

Таблица 2.

**Расположение элементов по возрастанию их концентрации**

Объект	Исследуемые элементы																		
	→																		
БПП*п	Sb	Hg	W	Mo	Cd	Se	As	B	Co	Cu	Sr	Pb	Ni	Cr	V	Zn	Ba	Mn	Fe
ГП*п	Hg	W	Sb	Mo	Cd	Se	As	B	Co	Ni	Sr	V	Cr	Cu	Zn	Mn	Ba	Pb	Fe
БПП*д	Sb	Hg	W	Mo	Cd	Se	As	B	Co	Pb	Cu	Ni	Sr	Cr	V	Ba	Zn	Mn	Fe
ГП*д	W	Hg	Sb	Cd	Mo	Se	B	As	Co	Ni	V	Sr	Cr	Cu	Ba	Zn	Pb	Mn	Fe

\*п — почва,

\*д — донные отложения.

БПП — Большой Тропаревский пруд,

ГП — Герценский пруд

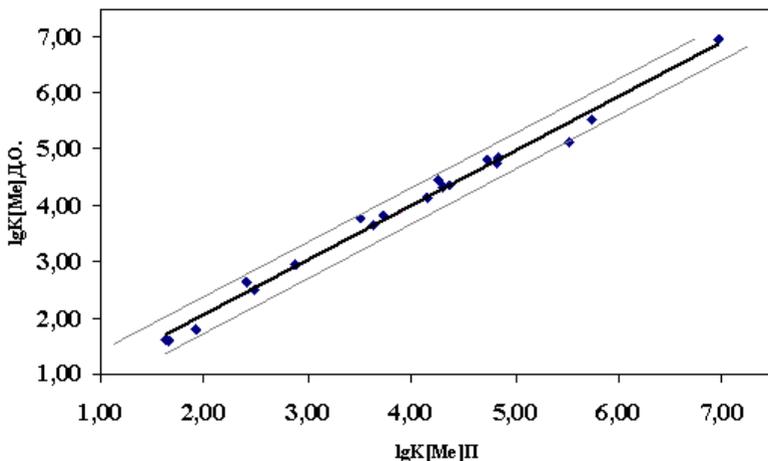
$$Y = 0,9687 * X + 0,1234 \quad (1)$$

$$Y = 0,9764 * X + 0,1699 \quad (2)$$

где:  $Y$  — Искомая концентрация металла в донных отложениях;

$X$  — Фактическая концентрация того же металла в почве.

Полученные уравнения линейной регрессии для Герценского и Большого Тропаревского прудов прошли проверку надежности статистическими методами. Согласно шкале Чеддока связь между рассматриваемыми признаками весьма высокая, т.к. выборочный линейный коэффициент корреляции ( $r_{xy}$ ) равен 0,99 для обеих систем. При этом коэффициент детерминации ( $R^2$ ), показывающий долю вариации резульативного признака, объясненную вариацией факторного признака, равен 0,989 и 0,987, соответственно, что означает высокую точность подбора уравнений линейной регрессии. Проверка значимости моделей регрессии с использованием F-критерия Фишера, показала, что найденные оценки уравнений регрессии статистически надежны, поскольку  $F > F_{\text{Табл}}$ ; кроме того  $F_p > 4F_T$ , а их отношения равны 92,44 и 75,07, соответственно, поэтому данные уравнения линейной регрессии могут быть использованы для прогнозирования.



**Рисунок 1. Зависимость содержания тяжелых металлов в донных отложениях Герценовского пруда от их концентраций в почве с доверительными интервалами. Где  $\lg K[\text{Me}]_{\text{П}}$  — логарифм концентрации тяжелых металлов в почве;  $\lg K[\text{Me}]_{\text{Д.О.}}$  — в донных отложениях**

Поскольку значения концентраций Т1 в почве не использовались для построения моделей, данными значениями можно проверить работоспособность последних. Так, подставив в уравнение 1, значение  $\lg K[\text{T1}]_{\text{П}}$ , равное 1,912, получили значение концентрации  $\lg K[\text{T1}]_{\text{Д.О.}}$ , равное 1,975 (94,58 мкг/кг), входящее в рассчитанные доверительные интервалы от 1,92—2,16. при этом фактическое содержание Т1 в донных отложениях Герценовского пруда составляет 89,97 мкг/кг. В случае с уравнением 2 полученное значение равно 91,85 мкг/кг, при фактическом содержании 85,77 мкг/кг.

В результате проведенной работы установлены превышения фоновых концентраций исследуемых элементов: *Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb* (Герценовский пруд), как в почве, так и в донных отложениях. Поэтому, при проведении мониторинговых работ в данных рекреационных зонах следует уделить особое внимание данным элементам. Полученные уравнения линейной регрессии можно использовать для предварительной оценки концентраций тяжелых металлов в донных отложениях, когда проводить дополнительные исследования не представляется возможным. В результате проведенной работы, можно говорить о несомненном влиянии транспортных потоков

на изменение фоновых значения тяжелых металлов и БП, в виде их повышения, на территориях рекреационных зон мегаполиса.

### **Список литературы:**

1. Агеева Р.А., Александров Ю.Н., Бондарук Г.П., и др. Улицы Москвы. Старые и новые названия: М. издательский центр «Наука, техника, образование», 2003. — 336 с.
2. Виноградов А.П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре: Геохимия. — 1956, — № 1. — С. 6—52.
3. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры: Геохимия. — 1962, — № 7. — С. 555—571.
4. СП 11-102-97 Свод правил «Инженерно-экологические изыскания для строительства». М., 2008.
5. Wedepohl K.H. Geochemie.: 1967 Sammlung Göschen. — 220 p.

Научное издание

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам  
XXXVI международной научно-практической конференции

№ 7 (32)  
Июль 2014 г.

Подписано в печать 30.07.14. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 9,5. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 15  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3